

Interaction gravitationnelle

« La Nature et les lois de la Nature se dissimulaient dans la nuit.
Dieu a dit : « Que Newton soit ! » Et la lumière fut. ».

Alexander Pope, XVIII^e siècle

1. LOI DE L'INTERACTION GRAVITATIONNELLE

Deux corps pourvus d'une masse interagissent en s'attirant mutuellement en raison de l'existence de ces masses (Isaac Newton, 1686, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*).

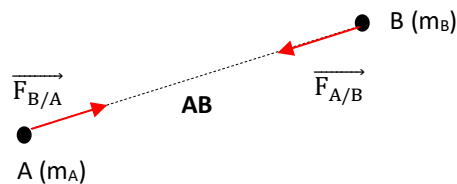


Soient deux corps ponctuels A et B de masses respectives m_A et m_B distants de AB. L'interaction gravitationnelle qui s'exerce entre ces deux corps est modélisée par les forces gravitationnelles d'intensités $F_{A/B}$ et $F_{B/A}$ ($= F_{A/B}$) telles que :

$$\overbrace{F_{A/B}}^{\text{en newtons (N)}} = \overbrace{F_{B/A}}^{\text{en kg}} = \frac{G \overbrace{m_A m_B}^{\text{en kg}}}{\underbrace{AB^2}_{\text{en m}}}$$

La constante gravitationnelle G vaut $6,67 \cdot 10^{-11}$ SI.

Ces deux forces gravitationnelles peuvent être modélisées par les vecteurs $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$:



$$\vec{F}_{A/B} \text{ et } \vec{F}_{B/A} \text{ directement opposées} \Rightarrow \begin{cases} \vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} \\ \text{même droite d'action} \end{cases}$$

Rq :

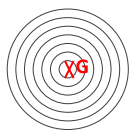
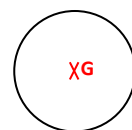
- $\vec{F}_{A/B}$ = force qu'exerce A sur B.
- La Lune attire la Terre autant que la Terre l'attire. C'est la différence de masse entre ces deux astres qui fait que c'est la Lune qui tourne autour de la Terre plutôt que le contraire.
- On appelle « **poids** » d'un objet, la force gravitationnelle qu'exerce la Terre sur cet objet quand cet objet se trouve au voisinage de la Terre.

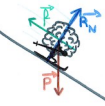
2. A PEINE PERCEPTIBLE, MAIS INTERACTION « DE L'ORDRE » DE L'UNIVERS

L'interaction gravitationnelle a une portée infinie mais du fait de la valeur très petite de G, son intensité est extrêmement faible. Ses effets se perçoivent donc seulement pour des objets très massifs comme les objets astronomiques (étoiles, planètes, galaxies...) et font de **l'interaction gravitationnelle, l'interaction responsable de la cohésion de l'Univers.**

3. MODELISATION DES CORPS DANS L'UNIVERS

Les étoiles et planètes peuvent être considérées comme des sphères dont la matière est uniformément répartie, ou répartie en couches sphériques homogènes autour de son centre. On dit qu'il s'agit de corps à **répartition sphérique de masse**. On peut alors les assimiler à des corps ponctuels, dont toute la masse est placée en ce point. En mécanique, on modélise souvent le corps étudié par son centre de gravité G possédant la masse totale du corps.





4. CHAMP GRAVITATIONNEL g D'UN ASTRE

Pour ne pas avoir à tenir compte de l'astre, on peut ne s'intéresser qu'à la contribution de cet astre à l'interaction gravitationnelle. La cartographie dans l'espace de cette contribution forme le champ de gravitation, ou **champ gravitationnel g** , de l'astre.

Soient l'astre A(m_A) et un objet B de masse m_B placé en M à une distance AM de A.

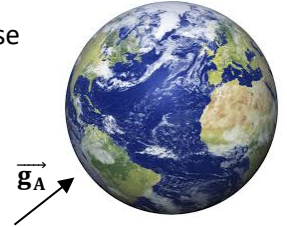
La force gravitationnelle de A sur B s'écrit $F_{A/B} = \frac{Gm_A m_B}{AM^2}$.

Au point M, le champ gravitationnel g_A de l'astre A reste le même quelle que soit la masse de l'objet B placé en ce point et vaut :

$$g_A(\mathbf{M}) = G \frac{m_A}{AM^2}$$

On le retrouve grâce à l'objet B en faisant :

$$g_A(\mathbf{M}) = \frac{F_{A/B}}{m_B}$$



Rq :

- La valeur du champ gravitationnel, mesurée en $N \cdot kg^{-1}$ ou en $m \cdot s^{-2}$, est indépendante du corps qui la subit.
- Au voisinage de la Terre, le champ gravitationnel g_T est appelé « **champ de pesanteur** ».

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

On retrouve la formule vue en collège $P = mg_T$ avec P le poids de l'objet de masse m

- A la surface de la Terre ($h = 0$), le champ de pesanteur a pour valeur moyenne $9,81 N \cdot kg^{-1}$, variant de $9,78 N \cdot kg^{-1}$ à l'équateur à $9,83 N \cdot kg^{-1}$ aux pôles. En effet, la Terre est légèrement aplatie aux pôles, et on s'y trouve alors plus proche du centre de la Terre.

$$R_{T_{pôles}} < R_{T_{équateur}} \Rightarrow g_{pôle} > g_{équateur}$$