

GRAVITATION

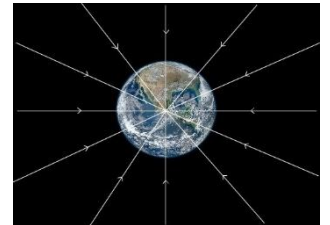
1- Le champ de gravitation

Il s'agit d'un champ traduisant l'influence gravitationnelle d'un corps doté d'une masse M sur l'espace qui l'entoure.

Le champ de gravitation que produit en un point de l'espace B une masse ponctuelle M située un point A possède les caractéristiques suivantes:

- Ce champ a même direction et même sens que la force gravitationnelle F qu'exercerait cette masse sur une masse ponctuelle m située en B .
- Ce champ a pour valeur $G_{\text{champ}} = \frac{F}{m}$

Les lignes de champ sont orientées vers le centre de gravité du corps produisant le champ. Dans le cas d'un corps à symétrie sphérique (comme par exemple une planète), les lignes de champ passent par le centre de la sphère.



2- Champ de pesanteur

Le champ de pesanteur est un cas particulier de champ de gravitation, ces champs sont assimilables l'un à l'autre lorsque la force de gravitation est assimilable au poids c'est à dire:

- Pour un espace proche de la surface d'un astre.
- Lorsque cet espace à une étendue limitée (de faibles dimensions par rapport à la circonférence de l'astre).
- Lorsque cet espace à une hauteur négligeable devant le rayon de l'astre (quelques centaines de mètres voire quelques kilomètres pour la Terre).
- Lorsque la force de gravitation (assimilable au poids) s'exprime par la relation $P = m \cdot g$.

C'est un champ qui peut être considéré comme uniforme et qui possède les caractéristiques suivantes:

- Sa direction est la verticale du lieu.
- Son sens est vers le bas.
- Sa valeur est égale à l'intensité de la pesanteur g ($g=9,81 \text{ N/kg}$ à la surface de la Terre).

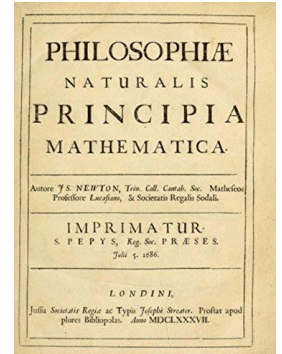
Ce champ est défini comme le rapport du poids P d'un système par la masse m de ce système soit:

$$\vec{g} = \frac{\vec{P}}{m}$$

3- Interaction gravitationnelle

La loi de la gravitation universelle correspond à l'expression de la valeur de la force de gravitation s'exerçant entre deux corps.

Elle est formulée par Isaac Newton qui la présente dans son ouvrage "Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica" publié en 1686, elle est le résultat de plusieurs années de travail exploitant, entre autres, de nombreuses données astronomiques. Newton n'a pas découvert la gravitation mais il est le premier à faire l'hypothèse que la gravitation terrestre n'est pas limitée à sa surface mais qu'elle peut s'étendre plus loin, il suppose qu'elle est universelle, peut se manifester jusqu'aux astres et provoquer leurs mouvements.



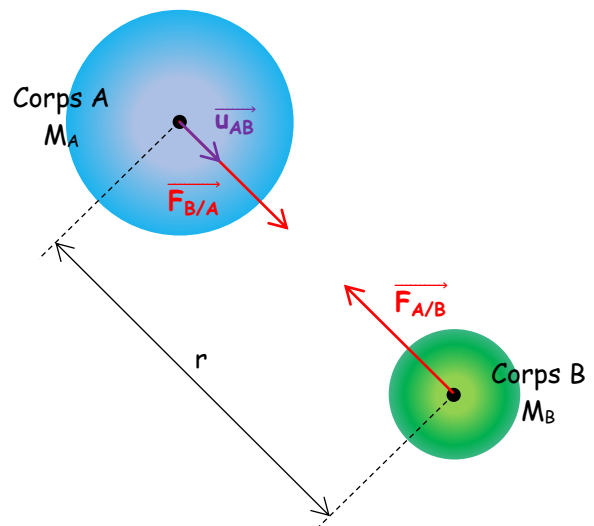
La force de gravitation est une force répartie en volume, c'est à dire que chaque particule du système subit cette force mais on peut considérer que la résultante s'applique en point particulier appelé centre de gravité G , ce point est en général confondu avec un autre point appelé centre d'inertie qui correspond au barycentre des masses du système, soit le point "le plus central de la répartition de masse". Pour un système homogène ou pour un système à symétrie centrale alors il correspond simplement au centre géométrique.

Deux objets ponctuels A et B de masse M_A et M_B , exercent l'un sur l'autre une force attractive, dirigée suivant la droite qui les joint.

Cette force varie proportionnellement au produit de leurs masses et à l'inverse du carré de la distance qui les sépare.

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} = -G \cdot \frac{M_A \cdot M_B}{r^2} \cdot \vec{u}_{AB}$$

$$F_{A/B} = F_{B/A} = G \cdot \frac{M_A \cdot M_B}{r^2}$$



- $\vec{F}_{A/B}$: Force exercée par A sur B (N)
- $\vec{F}_{B/A}$: Force exercée par B sur A (N)
- G : Constante de gravitation ($G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{N.m}^2.\text{kg}^{-2}$)
- M_A : Masse du corps A (kg)
- M_B : Masse du corps B (kg)
- r : Distance entre A et B
- \vec{u}_{AB} : Vecteur unitaire dirigé de A vers B

Cette relation est vraie pour deux objets à répartition sphérique de masse. La distance r est alors égale à la distance séparant le centre des deux sphères.

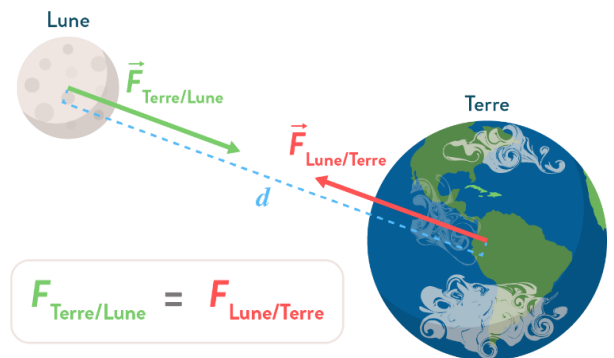
Attention: Les premières applications de cette relation peuvent être laborieuses, voici donc une checklist qui permettant d'éviter les erreurs les plus courantes:

- Vérifier que les masses sont exprimées en kilogramme.
- Vérifier que la distance est exprimée en mètre (et non pas en kilomètre).
- Vérifier que la distance utilisée est bien celle qui sépare les centres de gravité et non pas celle séparant la surface des corps.
- Penser à indiquer le carré de la distance et à en tenir compte dans le calcul.
- Lorsque le calcul est effectué à la calculatrice penser à placer le numérateur et le dénominateur entre parenthèses.
- Penser à présenter le résultat en utilisant la notation scientifique.
- Vérifier l'ordre de grandeur obtenu afin de déceler une éventuelle incohérence révélatrice d'une erreur.

La Terre et la Lune exercent l'une sur l'autre des forces ayant la même direction mais de sens opposés et de même valeur:

$$\vec{F}_{\text{Terre/Lune}} = - \vec{F}_{\text{Lune/Terre}}$$

$$F = F_{\text{Terre/Lune}} = F_{\text{Lune/Terre}} = G \times \frac{M_T \times M_L}{d^2}$$



- F : Force d'interaction gravitationnelle (N)
- G : Constante gravitationnelle ($G=6,67 \cdot 10^{-11} \text{N.m}^2.\text{kg}^{-2}$)
- M_T : Masse de la Terre (kg)
- M_L : Masse de la Lune (kg)
- d : Distance Terre-Lune (m)

Influence de la masse: La force de gravitation est proportionnelle à chacune des deux masses, par conséquent:

- Une masse deux fois plus élevée (pour l'un des deux corps) correspond à une force de gravitation deux fois plus élevée.
- Une masse trois fois plus élevée (pour l'un des deux corps) correspond à une force de gravitation trois fois plus élevée.

Influence de la distance: La force de gravitation a une valeur inversement proportionnelle au carré de la distance qui sépare les centres des deux corps. Par conséquent:

- Plus cette distance est élevée et plus la force de gravitation est faible.
- Si la distance est doublée alors la valeur de la force de gravitation est divisée par 4.
- Si la distance est triplée alors la valeur de la force est divisée par 9.

Remarque: La force de gravitation diminue très rapidement avec la distance mais ne s'annule jamais totalement.

Cette relation a de multiples applications:

- Calculer la masse d'une planète.
- Calculer la distance séparant une planète de son étoile.

Cette force s'exerce entre tous les corps possédant une masse mais sa valeur est en général trop faible pour que ses effets soient remarquables lorsque les deux systèmes ont une masse insuffisante: particules subatomiques, atomes, molécules, objets à l'échelle humaine etc.

Lorsque la gravitation s'exerce entre un astre et un corps de masse réduite alors elle est assimilée à ce que l'on appelle le "poids" de ce corps. Elle le maintient à sa surface et provoque sa chute lorsqu'il s'en éloigne.

Lorsque la gravitation s'exerce entre deux astres elle peut, suivant les conditions, soit provoquer leur collision ou permettre à l'astre de plus petite masse d'adopter une orbite autour de l'astre le plus massif (ce dernier cas est possible si le "petit astre possède un mouvement adapté).