

LA GRAVITATION UNIVERSELLE

Introduction.

C'est en 1687 que Newton décrit dans l'un de ses principaux ouvrages *Les principes mathématiques de la philosophie naturelle*, la loi de gravitation (ou loi de l'attraction universelle) qui lui permet d'expliquer la chute des corps et le mouvement des corps célestes dans l'Univers. Cette œuvre marque un tournant dans l'histoire de la Physique.

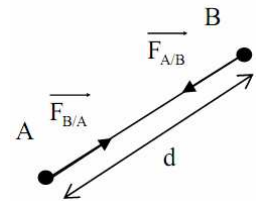
Newton démontra que deux corps, du simple fait de leur masse, exercent l'un sur l'autre une force attractive.

I. La gravitation universelle.

I- entre deux corps ponctuels

* Enoncé de la loi

L'interaction gravitationnelle entre deux corps ponctuels (c'est-à-dire deux corps dont les dimensions sont très petites par rapport à la distance qui les sépare), A et B de masses respectives m_A et m_B , séparés d'une distance d , est modélisée par des forces d'attraction gravitationnelles $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ dont les caractéristiques sont les suivantes :



$\vec{F}_{A/B}$ = La force exercée par le corps A sur le corps B.

$\vec{F}_{B/A}$ = La force exercée par le corps B sur le corps A.

Les caractéristiques de la force d'interaction gravitationnelle sont les suivantes :

- direction : la droite joignant les centres de A et B.
- sens : orienté vers le corps qui exerce la force

- valeur : $F_{A/B} = F_{B/A} = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$

m_A et m_B sont des masses exprimées en kilogramme (kg);

d est la distance entre les deux corps en mètre (m);

G = constante de gravitation universelle dont la valeur est : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \text{m}^2$

$F_{A/B} = F_{B/A}$: sont des forces exprimées en Newton (N).

2. entre deux corps à répartition sphérique de masse

a. Définition

La loi de l'attraction gravitationnelle peut être généralisée à tous les corps à répartition sphérique de masse. Qu'est-ce que cela signifie ?

Un corps à répartition sphérique de masse est un corps dont la matière est répartie uniformément autour de lui ou en couches sphériques homogènes autour de son centre. On peut considérer que tous les astres étudiés (Lune, Terre, Soleil, planètes) sont des astres à répartition sphérique de masse.

b. Application

On peut déterminer la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur la Lune, en les considérant comme deux astres à répartition sphérique de masse.

Données :

Masse de la Terre : $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

Masse de la Lune : $M_L = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$;

Distance les séparant : $d = 3,83 \cdot 10^8 \text{ m}$

La force d'attraction gravitationnelle est :

$$F_{T/L} = F_{L/T} = G \cdot \frac{M_T \cdot M_L}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{6 \cdot 10^{24} \times 7,35 \cdot 10^{22}}{(3,83 \cdot 10^8)^2} = 2 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

II-Poids et gravitation universelle.

I-Définition :

Le poids d'un objet placé au **voisinage immédiat** d'une planète est la force d'attraction gravitationnelle exercée par cette planète sur cet objet.

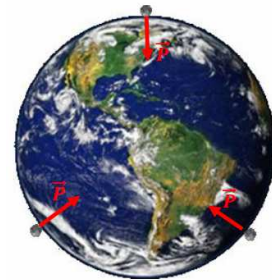
ATTENTION ! Ne pas confondre masse et poids !!!!

La masse donne une image de la matière dont est composé un objet. Le poids correspond à la force d'attraction qui subit cet objet de masse m lorsqu'il est à la surface d'une planète.

On peut avoir une masse et pas de poids... on ne peut pas avoir de poids si on n'a pas de masse

*caractéristique du poids :

- Direction : verticale à la surface de la Terre ;
- Sens : dirigé vers le centre de la Terre ;
- Norme : $P = m \times g$ avec (g : valeur de la pesanteur) ;
- point d'application : Centre de gravité de l'objet.



*Quel lien existe-t-il entre G et g à la surface de la Terre ?

Par définition on a : $P = F_{T/O} \Rightarrow m_o \times g = G \cdot \frac{M_T \cdot m_o}{(R_T)^2}$

D'ou

$$g = G \cdot \frac{M_T}{(R_T)^2}$$

La valeur de g

On sait que $R_T = 6400 \text{ km} = 6,4 \cdot 10^6 \text{ (m)}$ et $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

A.N : $g = 6,67 \cdot 10^{-11} \times \frac{6 \cdot 10^{24}}{(6,4 \cdot 10^6)^2}$

$$g = 9,77 \text{ N / kg}$$

Remarque :

Etant donné que la terre n'est pas tout à fait sphérique (aplatissement aux pôles), la valeur de g change selon la latitude du point considéré :

A l'équateur : $g = 9,78 \text{ N / kg}$ Aux pôles : $g = 9,83 \text{ N / kg}$

2- Variation de l'intensité du pesanteur g

D'une façon générale : si h est l'altitude à laquelle se trouve l'objet et R_T le rayon de la terre alors on a :

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

3-Le poids d'un corps sur la lune

Ce poids est donc la force d'attraction gravitationnelle exercée par la lune sur l'objet. La grandeur qui va changer est donc le g :

Sur la lune on a $p = m_o \times g_L$ avec $g_L = G \frac{M_L}{(R_L)^2}$

AN : $R_L = 1740 \text{ km}$; on trouve $g_L = 1,62 \text{ N / kg}$

Le même objet pèse 6 fois plus lourdes sur la Terre que sur la Lune

III-L'utilisation des puissances de 10

Objectif : Les scientifiques étudient les objets de l'Univers, de l'infiniment petit à l'infiniment grand c'est la raison pour laquelle la description de ces objets peut faire intervenir des nombres très petits ou très grand écrits à l'aide de puissances de dix.

Comment utiliser ces puissances de dix ?

1- Les puissances de dix

Les nombres sont écrits en notation scientifique, c'est-à-dire sous la forme :

$a \cdot 10^n$ Ou $a \times 10^n$ (avec a est un nombre décimale tel que $1 \leq a \leq 10$ et n est un nombre entier positif ou négatif.

Exemples

Pour les nombres supérieurs à 1 (en valeur absolue), l'exposant n sera positif.	Pour les nombres inférieurs à 1 (en valeur absolue), l'exposant n sera négatif.
$9,5 = 9,5 \times 10^0$	$0,5 = 5 \times 10^{-1}$
$50,7 = 5,07 \times 10^1$	$0,02 = 2 \times 10^{-2}$
$1\ 000 = 1 \times 10^3$	$0,0123 = 1,23 \times 10^{-2}$
$1\ 234 = 1,234 \times 10^3$	$0,000\ 15 = 1,5 \times 10^{-4}$
$-25,1 = -2,51 \times 10^1$	$-0,7 = -7 \times 10^{-1}$
$\frac{5}{2} = 2,5 = 2,5 \times 10^0$	$\frac{1}{4} = 0,25 = 2,5 \times 10^{-1}$

2. Les opérations avec les puissances de dix

$$10^n \times 10^m = 10^{n+m} \quad \frac{10^n}{10^m} = 10^{n-m} \quad (10^n)^m = 10^{n \times m}$$

$$a \cdot 10^n + b \cdot 10^n = (a+b) \cdot 10^n$$

Exemples : $10^2 \times 10^3 = 10^5$, $\frac{10^5}{10^3} = 10^{(5-3)} = 10^2$, $(10^2)^3 = 10^{2 \times 3} = 10^6$, $2 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10^3 = 6 \cdot 10^3$

3. Les multiples et sous-multiples des unités

Il est possible de remplacer l'écriture d'un nombre avec un multiple d'une unité par un nombre avec des puissances de dix, suivi d'une unité. On utilise les correspondances suivantes :

Facteur multiplicatif	Préfixe	Symbole	Facteur multiplicatif	Préfixe	Symbole
10^{-12}	pico	p	10^3	kilo	k
10^{-9}	nano	n	10^6	méga	M
10^{-6}	micro	μ	10^9	giga	G
10^{-3}	milli	m	10^{12}	téra	T

Exemples :

- la taille d'un atome est de 100 pm soit $100 \cdot 10^{-12} \text{ m} = 10^{-10} \text{ m}$.
- Le rayon de la Terre est de 6400 km soit de $6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$.

My Chrif ELMIMOUNI
LE 04 /10 /2014
ERRACHIDIA