

 L'ASTRO...MAIS
C'EST TRÈS
SIMPLE

LA MASSE DU SOLEIL


L'ASTRO...MAIS C'EST
TRÈS SIMPLE

Par Jean-Pierre MARTIN

 jpm.astro@wanadoo.fr
E-MAIL

ASSOCIATION D'ASTRONOMIE
VÉGA PLAISIR 78370

© Jean-Pierre MARTIN 1

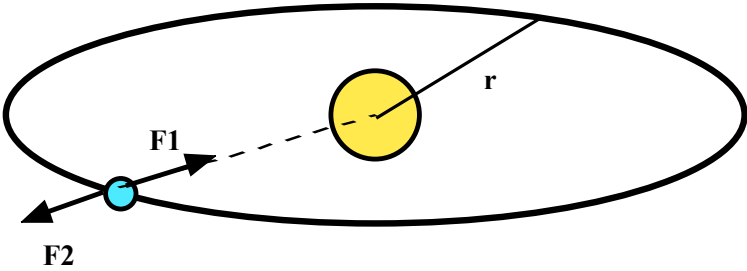
 L'ASTRO...MAIS
C'EST TRÈS
SIMPLE

QUELLE EST DONC LA MASSE DU SOLEIL??

- *Voilà une question intéressante, et plus généralement comment fait-on pour calculer les masses des planètes, étoiles et galaxies??
- *La réponse c'estNewton bien sur
- *En effet, la physique nous permet de calculer facilement la masse d'un objet à la condition expresse qu'un autre corps tourne autour, ce qui est souvent le cas en astronomie.
- *Pourquoi? Voyons voir avec l'exemple du Soleil.

© Jean-Pierre MARTIN 2

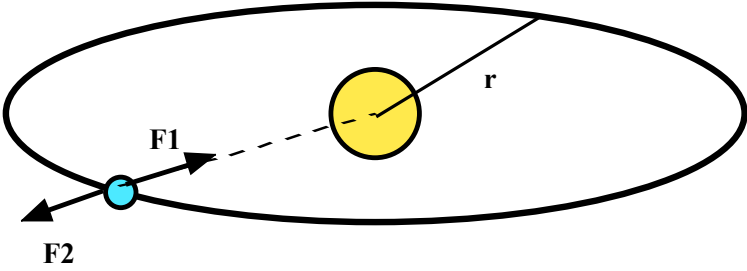
L'ASTRO...MAIS
C'EST TRÈS
SIMPLE



- *La Terre tourne autour du Soleil en équilibre sous l'action de deux forces :
- *F1 : Force de gravitation universelle (attraction)
- *F2 : Force centrifuge due à la rotation

© Jean-Pierre MARTIN 3

L'ASTRO...MAIS
C'EST TRÈS
SIMPLE


$$F 1 = \frac{G m M}{r^2} = F 2 = \frac{m V^2}{r}$$

CES 2 FORCES S'ÉQUILIBRENT

© Jean-Pierre MARTIN 4

* On en déduit la Masse M du Soleil et plus généralement la masse du corps principal (planète par exemple) autour duquel tourne un astre plus petit (satellite par exemple)

$$M = \frac{r V^2}{G}$$

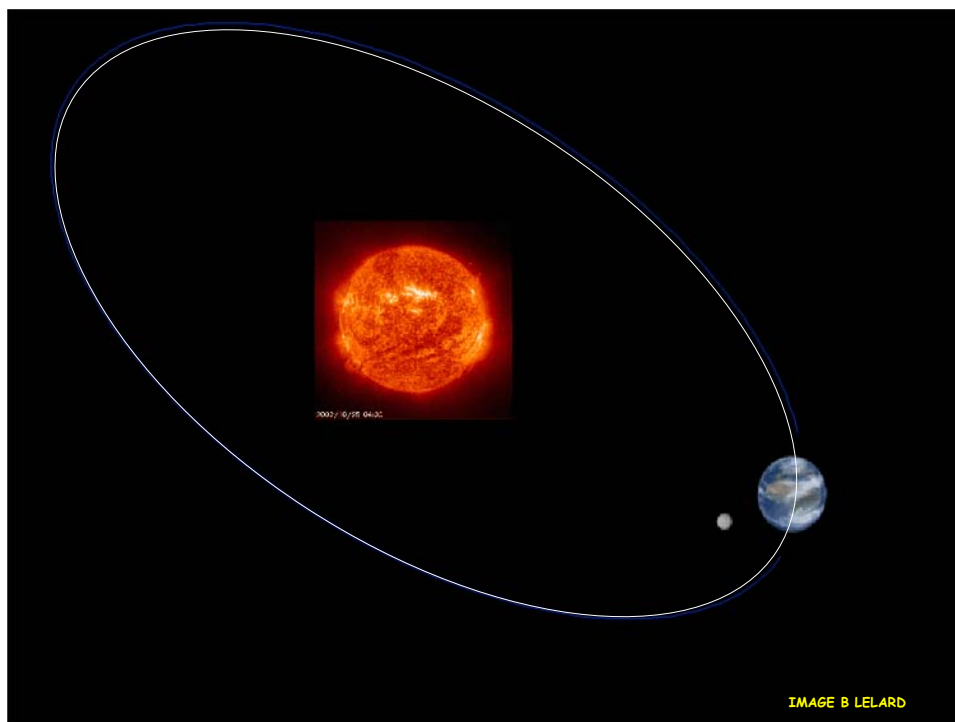
- * Les données concernant la Terre et le Soleil sont :
- * $r = 1 \text{ UA} = 150 \text{ Millions de km} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$
- * $V =$ Un cercle (approximativement) de 150 Mkm de rayon, parcouru en 365 jours, ce qui fait une distance de : $2 \times \pi \times 150 \text{ Mkm} = 9,42 \cdot 10^{11} \text{ m}$ parcourue
- * en 365 jours soit $365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ sec} = 3,15 \cdot 10^7 \text{ sec}$ ce qui nous donne la vitesse bien connue de la Terre sur son orbite :
- * $V = 3 \cdot 10^4 \text{ m/sec}$ ou 30 km/sec
- * Connaissant la constante de la gravitation universelle (déterminée par nos glorieux ancêtres, je vous raconterai l'histoire une prochaine fois).
- * $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
- * on en déduit la masse en Kg

* $M_{\text{soleil}} = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$

- * Ce qui n'est pas très parlant, exprimons-la autrement.
- * Ce serait bien de l'exprimer par rapport à la masse de la Terre, mais qui connaît la masse de la Terre par cœur ?
- * Et bien Newton va nous aider encore une fois, car il y a quelque chose qui tourne autour de la Terre, vous voyez quoi? Mais oui la Lune, notre bonne vieille Lune, elle tourne en un peu plus de 27 jours.

© Jean-Pierre MARTIN

7



L'ASTRO...MAIS
C'EST TRÈS
SIMPLE

- * $r = 380.000\text{km approx} = 3,8 \cdot 10^8\text{m}$
- * La lune parcourt $2 \times \pi \times 3,8 \cdot 10^8\text{m}$ en 27,3 jours soit en $2,36 \cdot 10^6 \text{ sec}$
- * Ce qui nous donne une vitesse de la Lune sur son orbite de $1000 \text{ m/sec} = 1\text{km/sec}$
- * On en déduit la masse de la Terre par la formule précédente :

$$* M_{\text{Terre}} = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

- * D'où la masse du Soleil en fonction de celle de la Terre :

$$* M_{\text{soleil}} = 333.000 M_{\text{Terre}}$$

- * Impressionnant.

© Jean-Pierre MARTIN

9

L'ASTRO...MAIS
C'EST TRÈS
SIMPLE

UN AMUSEMENT

- * Un petit amusement maintenant, on peut donc en déduire la densité de la Terre, je sais bien que tout le monde la connaît par cœur mais essayons.
- * Quelques idées simples : la densité c'est la masse volumique c'est à dire le rapport de la masse au volume d'un corps.
- * $\rho = M/V$



© Jean-Pierre MARTIN

*On vient de calculer la masse de la terre, on connaît son volume aussi car si vous vous rappelez bien ce qui a été dit dans une présentation précédente, le quart du méridien terrestre vaut dix millions de mètres (par définition), donc le rayon terrestre vaut 4 fois ce quart de méridien divisé par 2π soit à peu près la valeur connue de 6400km.

*Le volume d'une sphère est de (voir vos formulaires de maths) $(4/3)\times\pi\times R^3$

*Nous avons donc tous les éléments pour calculer la densité de la Terre, MAIS ATTENTION aux unités, la densité correspond à des g par cm^3 , donc nous devons exprimer la masse de la Terre en g, facile $1\text{kg} = 1000\text{g}$ et

*le volume en cm^3 alors qu'avec R en mètre nous obtenons des m^3 ,

*facile aussi $1\text{m} = 100\text{cm} = 10^2\text{cm}$ donc $1\text{m}^3 = 10^6\text{cm}^3$

*Donc $M = 6 \cdot 10^{27} \text{ g}$ et

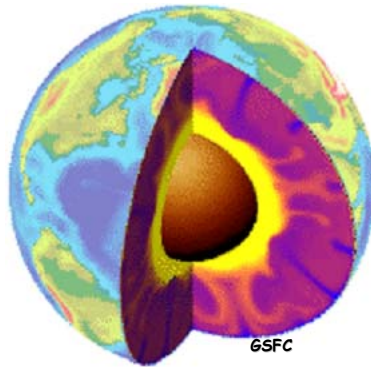
* $V = (4/3)\times 3,14\times(6,4 \cdot 10^8\text{cm})^3$ en cm^3
soit $= 1,1 \cdot 10^{27} \text{ cm}^3$

* D'où le chiffre bien connu de

L'ASTRO...MAIS
C'EST TRÈS
SIMPLE

densité Terre = 5,5

* c'est à dire à mi-chemin entre l'eau (1)
et le noyau de fer (7,8)



© Jean-Pierre MARTIN

CHANGEONS D'ÉCHELLE

L'ASTRO...MAIS
C'EST TRÈS
SIMPLE

- * Les opérations que nous venons d'effectuer sont élémentaires et à la portée de tout le monde
- * Elles peuvent s'étendre à tous les corps célestes, planètes ou galaxies qui ont des satellites dont on peut mesurer la période et la distance.
- * On peut donc étendre cela à tous les corps et en particulier ànotre Galaxie

© Jean-Pierre MARTIN

14

*** Exemple : Soleil et la Voie Lactée. Le soleil tourne autour dans la voie lactée à la vitesse de 220 km/sec et est situé à approx 28 000 AL du centre soit $2,6 \cdot 10^{20}m$ on en déduit la masse de la Galaxie**

L'ASTRO...MAIS C'EST TRÈS SIMPLE




General Observatory - GMOS Team

© Jean-Pierre MARTIN 15

*** M Voie Lactée = $2 \cdot 10^{41} \text{ kg}$
= 10^{11} Masse Soleil**

L'ASTRO...MAIS C'EST TRÈS SIMPLE



NOAO

© Jean-Pierre MARTIN 16

UN PAS VERS LA MASSE MANQUANTE



- * À partir de ce même raisonnement, on démontrera une prochaine fois que la partie extérieure de notre galaxie tourne trop vite par rapport à la masse que l'on voit
- * Donc il y aurait une masse sombre invisible

- * Je vous conterai cette aventure passionnante bientôt