Newton et la chute de la Lune

Auteurs	:	Travail collectif(plus d'infos)
Résumé	:	Newton et la chute de la Lune
Publication	:	7 Avril 2014

.

Galilée a eu le mérite d'identifier les notions de masse et d'accélération et de formuler la loi de la chute des corps. Mais c'est Newton (1642-1727) qui a compris que cette loi était un cas particulier de l'attraction qui s'exerce entre deux corps massifs, que ce soit entre une boule en chute libre et la Terre ou entre deux corps célestes. On appelle « gravitation » cette forme d'attraction.
Le poids d'un corps est donc la force gravitationnelle exercée par la Terre sur ce corps. Il est mesuré, comme toute force, en… newtons (abréviation : N).
Repartons alors de l'observation de Galilée : tous les corps tombent avec la même accélération. L'accélération augmente avec le poids mais diminue avec la masse, puisque celle-ci mesure une résistance aux changements de mouvement. En fait, une masse deux fois plus grande aura un poids deux fois plus grand mais la même accélération, soit :

$$\frac{\text{poids}}{\text{masse}} = \text{accélération}$$

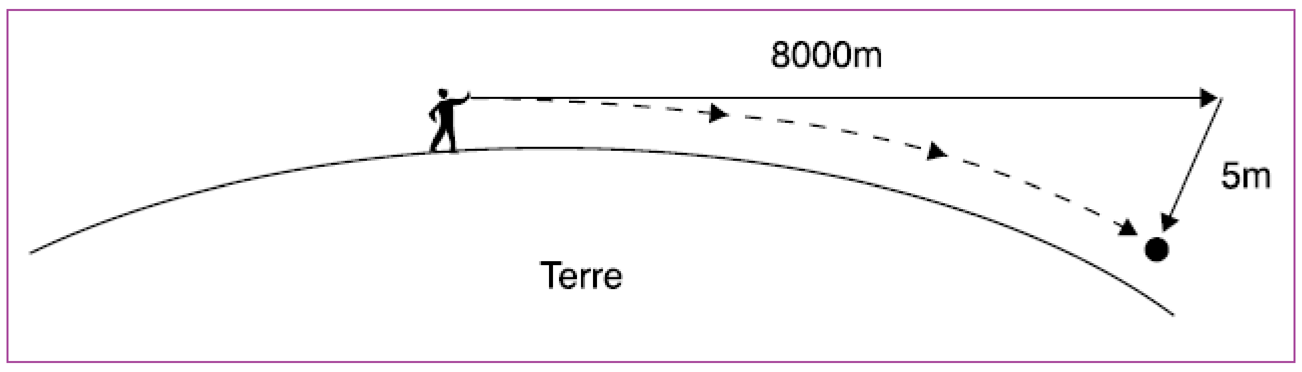
Le poids est une force. Cette relation n'est en fait qu'un cas particulier de ce qu'on appelle « seconde loi de Newton » :

$$\text{force} = \text{masse} \times \text{accélération}$$

L'accélération de la pesanteur est notée *g* et vaut environ 10 m/s^2 ou N/kg. Si nous notons *P* le poids et *m* la masse, alors on peut écrire l'équation sous la forme :

$$P = mg$$

J'ai dit plus haut que le mérite de Newton est d'avoir compris que la force gravitationnelle s'exerce aussi bien entre les corps célestes comme les planètes et les étoiles. Nous allons maintenant faire quelques expériences avec une simple balle de tennis (à la Galilée), à laquelle nous allons bientôt faire jouer un rôle « cosmique » (à la Newton). Si nous lançons la balle devant nous vers le haut, sa trajectoire est une courbe mathématique bien connue : la parabole (une remarque de Galilée, toujours lui). Ceci indique encore que, derrière le simple acte de lancer une balle, se profile une loi fondamentale, celle de la chute des corps (toujours Galilée).
Montons maintenant au deuxième étage : nous sommes à 5 m du sol. Si nous lâchons la balle (sans vitesse initiale), elle arrivera au sol une seconde plus tard. Si maintenant nous envoyons la balle avec une vitesse horizontale de 1 m/s, le mouvement selon la verticale restera inchangé et la balle atteindra le sol au bout d'une seconde ; la différence est qu'à cause de sa vitesse horizontale, elle aura franchi 1 m selon l'horizontale et tombera donc à 1 m de nous. Si nous lançons la balle avec une vitesse horizontale de 10 m/s, elle tombera sur le sol une seconde plus tard à 10 m de nous. Si nous prenons un peu de potion magique et lançons la balle avec une vitesse de 8 000 m/s, elle franchira 8 000 m pendant la seconde où elle tombera de 5 m.
J'ai choisi la valeur de 8 000 m à dessein. Parce que la Terre est ronde, si nous traçons à partir d'un point de la surface terrestre un segment de ligne droite de 8 000 m, son extrémité opposée se trouve 5 m au-dessus du sol. Redescendons donc au rez-de-chaussée et lançons la balle horizontalement à 8 000 m/s : elle se retrouvera une seconde plus tard 8 000 mètres plus loin, toujours à la même hauteur par rapport au sol et, si sa vitesse n'a pas diminué, continuera son mouvement autour de la Terre : nous aurons mis la balle en orbite !



Évidemment, il y a un problème : les frottements de la balle sur l'air. Ceux-ci seraient énormes sur une balle animée d'une telle vitesse et la réduiraient même en cendres. Pour éviter ces frottements, nous pouvons nous extraire de l'atmosphère et répéter l'expérience à quelques centaines de kilomètres d'altitude. C'est exactement sur ce principe que fonctionne la mise en orbite des satellites. Un satellite en orbite n'arrête pas de tomber sur la Terre. En particulier le plus gros de tous : la Lune, satellite naturel !
C'est précisément à ces considérations qu'est associée la légendaire pomme de Newton. C'est en regardant une pomme tomber d'un arbre que Newton se serait posé la question de savoir si la pomme tomberait de la même façon si l'arbre avait 100 m de haut, 1000 m de haut… ou allait jusqu'à la Lune. Et si la Lune tombait ? La Lune tombe, comme la pomme, dans le champ de pesanteur de la Terre, mais sa vitesse horizontale est suffisante pour qu'elle orbite autour de la Terre. Ainsi, le mouvement circulaire uniforme n'est pas le mouvement parfait des sphères célestes, comme le pensait Aristote. Ce n'est qu'une des formes des mouvements possibles dans le champ d'attraction de la Terre, décrite par la même loi que la balle que je lance.
À l'époque, Kepler (1571-1630) avait établi avec précision les lois sur le mouvement des planètes, mais en avait déduit faussement que la force s'exerçait dans la direction du mouvement : nous venons de voir qu'il n'en est rien pour la Lune, par exemple, où la force s'exerce selon l'axe Terre-Lune. Précisons un point à ce propos. Nous avons parlé plus haut d'attraction gravitationnelle : la Lune attire autant la Terre que la Terre attire la Lune ; c'est la Lune qui bouge parce que sa masse, donc son inertie, est plus faible. Cette attraction réciproque est un cas particulier de la loi dite de l'action et de la réaction.
Newton généralise l'exemple Terre-Lune. Ainsi, la force d'attraction exercée dans le système solaire peut être considérée comme issue du Soleil même. Et la Terre exerce sur le Soleil une force d'attraction en retour qui est égale en grandeur. Cette fois-ci, c'est la Terre qui bouge parce qu'elle a moins d'inertie (de masse) !
Si nous assimilons le Soleil à une sphère, des arguments de symétrie peuvent nous convaincre que l'attraction gravitationnelle à grande distance serait identique si toute sa masse était concentrée en son centre. On en déduit (voir l'expérience page suivante) que la force gravitationnelle varie en raison inverse du carré de la distance au centre. Ceci est caractéristique d'un effet causé par une source localisée qui émet dans toutes les directions. Cela est dû au fait qu'à une distance r de la source, l'effet doit se répartir uniformément sur une sphère de rayon r, et donc de surface qui varie en r^2.

> ***Le tag cosmique***
> *Pour vous en convaincre, vous pouvez vous représenter projetant de la peinture sur un mur à partir d'une bouteille sous pression. Si vous projetez la peinture pendant une durée déterminée (disons une minute), et que vous vous placez successivement à 1 m, 2 m puis 3 m du mur, l'épaisseur de la couche sur le mur sera respectivement dans un rapport de 1, 1/4 et 1/9. La surface couverte sera au contraire d'autant plus grande que vous serez éloigné.*
> *De la même façon, l'intensité lumineuse reçue par votre oeil quand vous êtes à une distance de 5 m, 10 m ou 15 m d'une bougie est aussi dans un rapport de 1, 1/4 et 1/9.*

Nous pouvons maintenant récapituler. Nous avons introduit une force unique qui décrit aussi bien l'interaction entre les planètes que celle entre la Terre et un objet en chute libre : la force gravitationnelle ou gravité. Deux corps de masse *m* et *M* situés à une distance *d* l'un de l'autre (pensez à la Terre et à la Lune) exercent l'un sur l'autre une force d'attraction *F* égale à :

$$F = G\frac{mM}{d^2}$$

où *G* est une constante universelle, appelée constante de Newton et qui est extrêmement petite (nous allons la calculer). J'ai écrit la formule ci-dessus parce qu'elle est fondamentale, et parce qu'elle résume en quelques signes toutes les considérations précédentes. Elle est appelée loi de la gravitation universelle de Newton.
Jouons un peu avec cette formule, au moins pour ceux qui ne sont pas totalement réfractaires aux formules mathématiques. Par exemple, nous avons dit que le poids d'un corps est la force gravitationnelle exercée par la Terre sur ce corps. Si nous considérons un corps de masse *m* situé à la surface de la Terre, nous pouvons appliquer la formule avec $M = M_T$, la masse de la Terre, et $d = R_T$, la distance entre le centre de la Terre et le corps, soit ici le rayon de la Terre (6000 km) :

$$poids = G\frac{mM_T}{R_T^2} = m \times \frac{GM_T}{R_T^2}$$

On reconnaît que le poids peut se mettre sous la forme *mg* et on peut relier l'accélération de la pesanteur *g* à la constante universelle *G*. (Ceux que n'effraient pas les puissances de 10 peuvent aisément calculer *G* à partir de *g*, R_T et de la masse de la Terre $M_T = 6 \times 10^{24}$ kg. Ils devraient trouver une valeur pour *G* de l'ordre de 6×10^{-11} Nm^2/kg^2.)

Vous en savez maintenant bien assez pour comprendre (presque) toutes les subtilités des phénomènes des marées, par exemple. Elles résultent des interactions couplées entre la Terre, la Lune et le Soleil.
Quant à nous, sautons un peu dans le temps pour retrouver Albert Einstein (1879-1955) au début du xxe siècle. Einstein a effectivement révolutionné nos conceptions sur la gravitation avec sa théorie de la relativité générale. Comme nous allons le voir, il a montré que la masse « courbait l'espace ».
Mais avant d'expliciter ces termes, nous devons d'abord suivre Einstein dans sa réflexion sur l'espace et le temps, résumée dans sa théorie de la relativité restreinte, qui date de 1905.

Voir Aussi
Aucun résultat

Du même auteur
Découvertes en pays d'islam
02/06/16
L'Océan, ma planète... et moi !
02/06/16
L'Océan, ma planète... et moi ! - L'Océan et le Cl...
15/10/15

29 notions-clefs : les séismes
08/04/14

29 notions-clefs : la gravitation
07/04/14

Commentaires
Aucun commentaire