

GRAVITATION



L'histoire des théories de la gravitation a subi de grands changements au travers du temps. D'un effet apparemment banal et proche de nous, la théorisation de ce phénomène a complètement bouleversé notre façon de penser le monde. Le mot *grave* veut dire *lourd*, *pesant*, en grec.

Les hommes et la gravité :

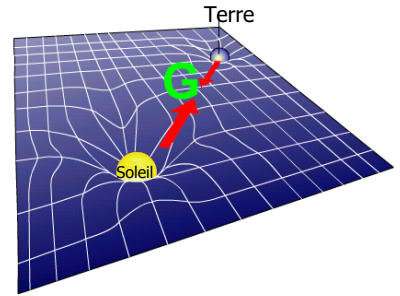
Aristote : Un corps lourd rejoint son « lieu naturel » qui est le centre de la terre.

Brahmagupta : Toutes les choses lourdes sont attirées vers le centre de la terre. La terre reste la même sur tous ses côtés. Tous les peuples de la terre s'y tiennent dressés et tous corps lourds retombent à la terre par une loi naturelle car c'est la nature de la terre que d'attirer et de garder sur elle les choses comme c'est la nature de l'eau de couler, du feu de brûler et du vent de souffler. Ainsi, pour Brahmagupta, contrairement à Aristote, il n'appartient pas aux corps de tomber, c'est plutôt à la terre qu'incombe la tâche de faire tomber les corps.

Galilée : Premières expériences sur la gravitation. La chute des corps ne dépend ni de leur masse ni de leur nature.

Kepler : Lors de l'établissement de ses lois, il affirmait que c'était comme si une force émanait du Soleil.

Newton : Il réussit le premier à formuler la gravitation universelle : Tout objet dans l'univers attire tout autre objet avec une force directement proportionnelle à la multiplication de leurs masses et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare. Soit : $F [N] = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ Le défaut de cette théorie c'est le caractère instantané de la force de gravitation.



Einstein : Ayant postulé que la vitesse de la lumière reste constante dans tous les référentiels, Einstein comprend que le temps et l'espace deviennent relatifs. Il développe sa théorie de la relativité générale qui précise que la gravitation déforme l'espace-temps. Cette théorie repose sur le *principe d'équivalence* qui dit qu'un champ de gravitation est équivalent à l'accélération d'un référentiel non inertiel par rapport à un référentiel inertiel.

Énergie potentielle gravitationnel. Lorsque Newton a reçu sa pomme sur la tête, il n'a pas seulement découvert la gravitation mais il a également fait connaissance avec l'énergie potentielle gravitationnelle. Nous pouvons donc calculer cette énergie au moment du choc ainsi que la vitesse de la pomme.

Poids de la pomme : $m = 150 \text{ g}$

Distance entre la pomme sur l'arbre et la tête de Newton : $d = 3 \text{ m}$

Constante de gravitation à 0 m d'altitude : $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$

$$W_p = mgh = 0,15 \cdot 9,81 \cdot 3 = 4,41 \text{ W} \cdot \text{s}$$

$$t = \sqrt{\frac{2d}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6}{9,81}} = 1,11 \text{ s}$$

$$v = g \cdot t = 9,81 \cdot 1,11 = 10,85 \text{ ms}^{-1}$$

La compréhension de la gravitation au temps de Newton fit accélérer les connaissances de la physique :

- ✓ Compréhension des orbites des planètes et des satellites et explication des lois de Kepler.
- ✓ Le principe d'inertie : Tout objet en état de mouvement rectiligne uniforme et soumis à aucune force extérieure, conserve son mouvement, dans un repère galiléen.
- ✓ Avance fulgurante de la mécanique classique avec l'équation $f = ma$, le calcul intégral et différentiel
- ✓ Calcul de la masse de la Terre et de la valeur de son aplatissement.
- ✓ Découverte de la Planète Neptune dont l'orbite avait été calculée par deux astronomes : Adams et Le Verrier

Citation de Newton : *Si j'ai pu voir loin, c'est que je me tenais sur les épaules de géants.*

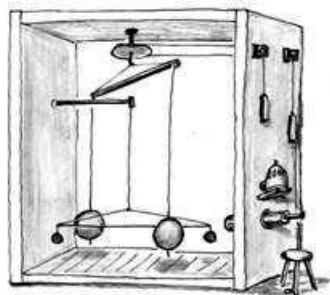
La *Relativité Générale d'Einstein* est une théorie extraordinaire qui n'a pu être mise en défaut depuis plus d'un siècle. Cependant l'utilisation du calcul tensoriel reste complexe. Ainsi en mécanique céleste et en astronautique, nous utilisons toujours les équations de Newton. Elles sont suffisamment précises parce que les vitesses en jeux sont beaucoup plus petites que la vitesse de la lumière.

L'adjudant explique la gravitation : si vous jetez une pierre en l'air, elle va retomber sur Terre. C'est cela la gravitation.

- ✗ Et si elle tombe dans l'eau ? demande un soldat.
- ✗ Dans ce cas ce n'est plus de notre compétence, il faut s'adresser à la Marine.

Le cœur de la gravitation : La constante de gravitation universelle.

La constante de gravitation γ correspond à la force entre deux masses d'un kilogramme chacune, séparées par une distance d'un mètre. En utilisant les unités du Système International, cela correspond à la valeur suivante : $\gamma = 6,67191 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$



Cavendish avec sa balance de torsion mesura cette constante : $\gamma = 6,71 \pm 0,06$

Newton estima cette constante en partant d'une évaluation de la masse de la Terre : $\gamma = 6,7 \pm 0,6$

Les physiciens ont imaginé d'autres moyens de mesure, mais la balance de torsion reste la méthode de prédilection. Cependant la dispersion des mesures reste importante, soit 0,0015% et elle est mal expliquée. En 2021 l'Université de Vienne refit l'expérience avec des masses beaucoup plus petites (en or) dans une chambre à vide.

Avec l'accélération de la pesanteur terrestre $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ nous pouvons calculer la masse de la Terre :

$$M_T = \frac{g \cdot R_T^2}{\gamma} = 6,10^{24} \text{ kg}$$

$$R_T = 6'400'000 \text{ m}$$

