

L'interaction gravitationnelle

Après avoir défini avec Dédé et Stevie, dans le précédent magazine, la notion de force et plus particulièrement le poids d'un objet et comment il agissait pour le faire chuter dans le vide, nous allons explorer la nature de cette force exercée par la Terre, qui est l'interaction gravitationnelle.

Cela nous ouvrira la voie vers la notion de champ de pesanteur ou champ gravitationnel et un outil mathématique pour le représenter, le vecteur.

Le champ de pesanteur créé par la Terre sera étudié en premier en négligeant l'influence de son satellite, la Lune. Puis nous verrons ce qu'est une véritable apesanteur, c'est-à-dire absence de pesanteur, et pas celle d'un journaliste mal renseigné.

Alors, prêts ! Le temps que Dédé finisse une mousse (en langage Dédé, mousse = bière) et que Stevie réajuste une de ses innombrables mèches de cheveux traitées avec un shampoing spécialement fait pour lui aux acides de fruit et qui coûte un bras, un bras de Dédé, cela s'entend !

CHAPITRE I : L'interaction gravitationnelle

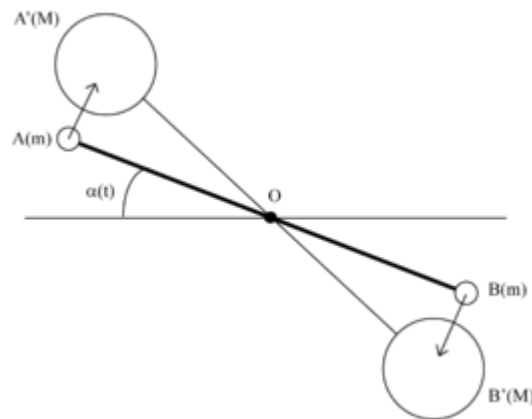
Si la Terre, qui est elle-même une grosse masse de matière, attire les objets matériels, c'est peut être que deux objets matériels s'attirent entre eux.

Ainsi Dédé devrait il être attiré par Stevie mais à la manière dont il le rabroue souvent de sa grosse main et parfois le repousse même un tantinet brutalement, on pourrait en douter. Mais vous avez bien compris qu'il ne s'agit pas de la même attirance, on s'intéresse en effet en Mécanique à la masse de Dédé, pas aux bizarreries de son esprit, et comme masse il y a, on aimerait le voir flotter comme Georges dans « Gravity » à côté de Stevie pour voir si un rapprochement s'opérerait..

N'ayant pas les moyens de cette expérience, car balancer Dédé dans l'espace, c'est du lourd, je me rabattraï sur l'expérience faite par Henri Cavendish pour mesurer ce phénomène. N'ayant aucune volonté de plagier

de remarquables sites à ce sujet dont l'incontournable Wikipédia, je me contenterai d'en rappeler les éléments.

Un fléau de bois avec une sphère métallique de masse m à chaque extrémité, est suspendu à un fil d'argent (voir schéma ci dessous). Deux autres sphères de masse M sont disposées de part et d'autre des deux premières produisant une infime rotation du fléau décelable par le reflet d'une lumière sur un miroir. A partir de cette expérience Cavendish mesure pour la première fois la force qui s'exercerait entre deux masses de 1kg séparées de 1m et qu'on appelle la **constante de gravitation universelle**.



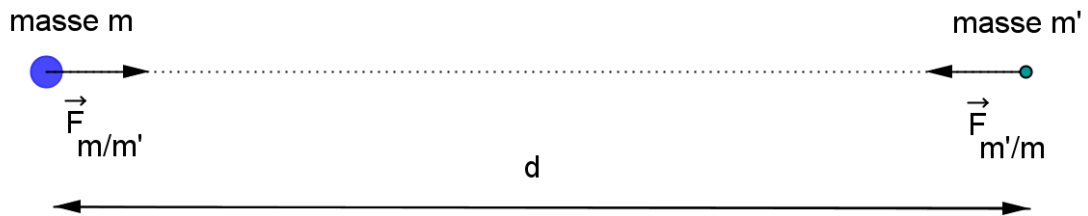
La valeur la plus précise à trois chiffres communément admise aujourd'hui est :

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

Mais au préalable, Newton avait pressenti l'allure de la force exercée par une boule de matière de masse m sur une autre boule de matière de masse m' .

Tout d'abord si les deux boules sont identiques, on ne voit pas pourquoi seule l'une attirerait l'autre. Autrement dit, elles doivent s'attirer mutuellement. On parle de force d'interaction. Les actions qu'elles ont l'une sur l'autre devraient donc avoir même direction, même intensité mais des sens contraires et il est commode de représenter ces actions par des petites flèches appelées **vecteurs**. On parle alors de **force d'interaction gravitationnelle**.

La figure ci-dessous décrit ainsi l'action de la masse m sur la masse m' à l'aide d'un vecteur noté $\vec{F}_{m/m'}$, tandis que celle de la masse m' sur la masse m est notée $\vec{F}_{m'/m}$.



Pour traduire que les deux actions ont même intensité, même direction et des sens contraires, on écrit :

$$\vec{F}_{m/m'} = -\vec{F}_{m'/m}$$

Cette formule exprime **le principe de l'action et de la réaction** :

Si un système A exerce une force sur un système B alors le système B exerce sur le système A une force de même intensité, de même direction mais de sens contraire.

Mais alors, si la Terre exerce bien une force d'attraction d'environ 1000 N sur mon Dédé qui a une masse de 100 kg, ce dernier exerce la même force d'attraction sur la Terre. Vous verriez les yeux de Dédé quand je dis ça.

Alors pourquoi, quand Dédé fait de la chute libre, ce qui lui arrive rarement car il faut deux parachutes pour le freiner, ne voit on pas la Terre remonter vers lui mais lui descendre vers elle. D'abord, on serait bien en peine de voir quoi que ce soit avec nos yeux car on serait emporté avec la Terre, mais avec des satellites ce serait possible et je vous rassure : Quand Dédé s'envoie en l'air, en chute libre cela s'entend, il ne change pas, ou de manière tellement insoupçonnable, la trajectoire de la Terre autour du soleil (oui, je précise que la Terre tourne autour du soleil, pour ceux qui n'auraient pas encore dépassé l'Inquisition).

Donc l'effet de la force d'attraction de Dédé sur la Terre est insignifiant, alors que l'effet de la Terre sur Dédé est très notable. Cela

provient de la deuxième loi de Newton. L'accélération produite par une force est en effet le quotient de la force par la masse (voir magazine numéro 1). Ainsi, la masse de la Terre étant incommensurablement grande par rapport à celle de Dédé, la force exercée par ce dernier a un impact indécélable sur la Terre.

Notons encore, avec une notion d'addition de vecteurs que nous verrons en Mathématiques et qui prend tout son sens ici, que la formule précédente peut également s'écrire sous la forme :

$$\vec{F}_{m/m'} + \vec{F}_{m'/m} = \vec{0}$$

Le truc bizarre avec un zéro surmonté d'une flèche s'appelle **vecteur nul**.

Voyons alors comment peut varier la force d'interaction si on fait varier les masses.

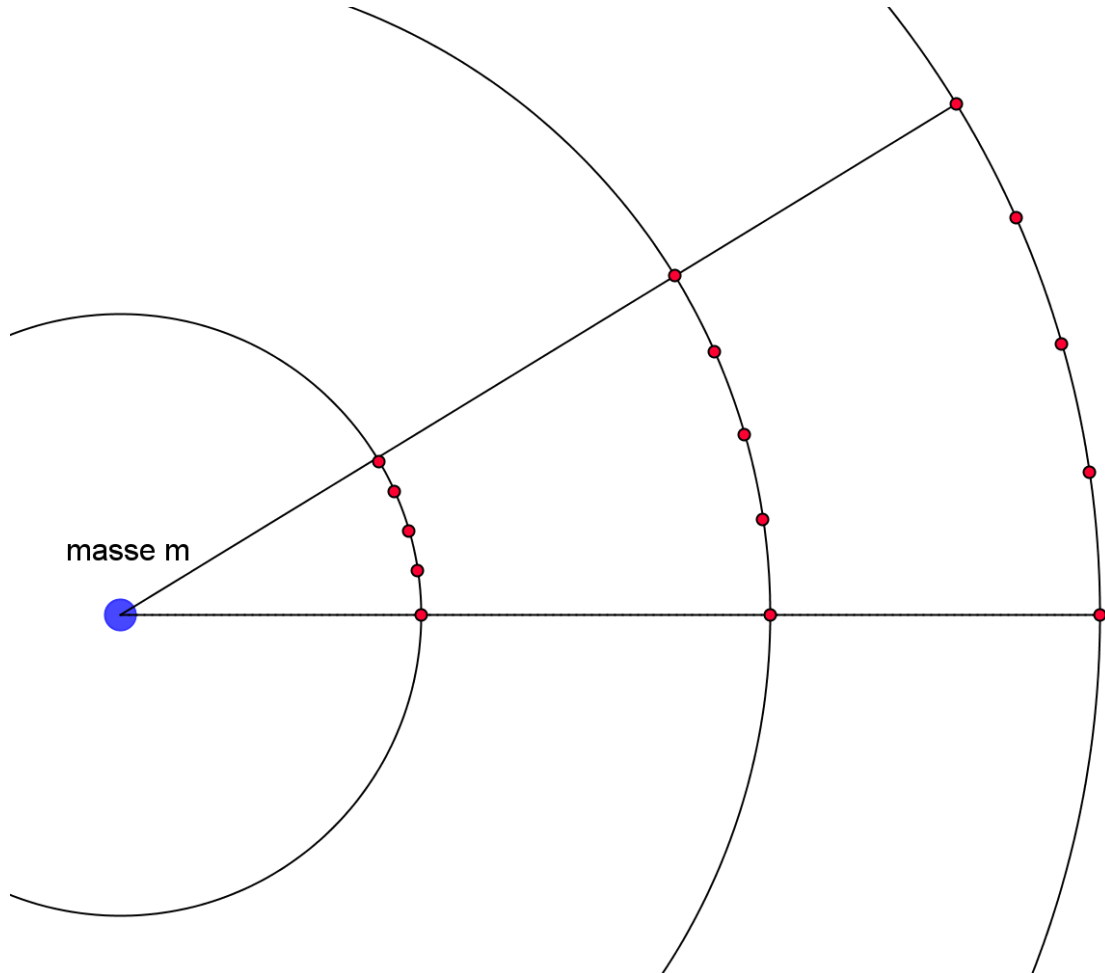
Si la première boule (en bleu dans le schéma précédent) est par exemple la Terre et la seconde, une bille d'acier, si on double la masse de la bille d'acier, la force double. On peut en faire facilement l'expérience en suspendant une bille de 0,1 kg à un ressort. Pour une bille de 0,2 kg, l'allongement de ce dernier double et l'allongement mesure l'intensité de la force exercée par la Terre sur la masse (voir magazine numéro 1 à ce sujet).

Comme on ne peut faire l'expérience de doubler la masse de la Terre, on se contentera de l'imaginer sans la changer de volume par exemple et on formulera l'idée que la force double encore. Autrement dit cette force doit être proportionnelle au produit des masses m et m' .

Plus futé est d'imaginer l'effet de la distance entre les centres des boules. Que se passe-t-il si on double cette distance ? Il est facile de se dire qu'elle va diminuer. Il n'y a qu'à penser encore une fois à Dédé flottant dans une station spatiale dans « Gravity », la Terre ne l'attirant pas beaucoup. En fait c'est surtout la bière qui l'attire ce qui constitue une source de gravité pour son état de santé mais n'a rien à voir avec le phénomène de gravité.

Imaginons alors que notre boule de masse m exerce son influence sur une boule de masse m' située à une distance d par l'intermédiaire d'innombrables messagers, disons en nombre égal à N qui partent de la

boule m supposée très concentrée en un point, pour transmettre l'information. Sur chaque sphère fictive dont le centre est celui de la boule de masse m , parviennent le même nombre de messagers (en rouge dans la figure ci-dessous).



Or l'aire d'une sphère de rayon d est :

$$4 \pi d^2$$

Le nombre de messagers reçus dans une unité d'aire de la sphère est alors :

$$n = \frac{N}{4 \pi d^2}$$

Si la distance d double, on voit alors que le nombre n est divisé par 4, si elle triple, il est divisé par 9 (si, si, remplacez d par $2d$, puis par $3d$ dans la formule ci-dessus et vous verrez ! Allez, faites le ! La Science, ça descend pas tout seul, ce n'est pas comme la bière !).

Le nombre de messagers (pour les curieux, il s'agirait de gravitons) est donc inversement proportionnel au carré de la distance

On peut alors raisonnablement se dire, même si ça paraît alambiqué pour certains, que la force s'exerçant entre deux masses m et m' est, pour une valeur fixée de ces masses, également inversement proportionnelle au carré de la distance entre les centres de ces deux masses.

Autrement dit, la force F est de la forme :

$$F = G \frac{m m'}{d^2}$$

Où G est une constante de proportionnalité non établie au temps de Newton. C'est H. Cavendish qui sera le premier à en donner une estimation. Il lui fallait connaître la forme de l'interaction gravitationnelle entre deux masses pour cela.

Devant vos yeux médusés, je vais alors vous montrer que cela permet de déterminer la masse de la Terre. Là Dédé a mis son doigt sur la tempe en le tapotant comme Obélix face à un phénomène le laissant perplexe. Mais là, le phénomène n'est pas romain, en fait, il n'a pas de frontière. Car cette mesure indirecte de la masse de la Terre peut aussi bien se faire à Bora Bora qu'à Rome ou dans un village d'irréductibles gaulois. Laissez-moi vous montrer.

Partons de l'idée que la Terre de masse m attire une bille d'acier de masse m' selon la formule précitée. Sachant que le rayon de la Terre, remarquablement mesuré par Eratosthène dans l'antiquité, est évalué de nos jours à environ 6370 Kms (valeur moyenne, car la Terre n'est pas complètement ronde mais légèrement aplatie aux pôles, force centrifuge oblige) et que le poids de la bille au niveau du sol est :

$$F = m' g, \quad \text{avec : } g = 9,81 \text{ m s}^{-1}$$

Nous en déduisons que, en écrivant une égalité entre les deux expressions de F et en simplifiant par m' :

$$G \frac{m}{d^2} = g$$

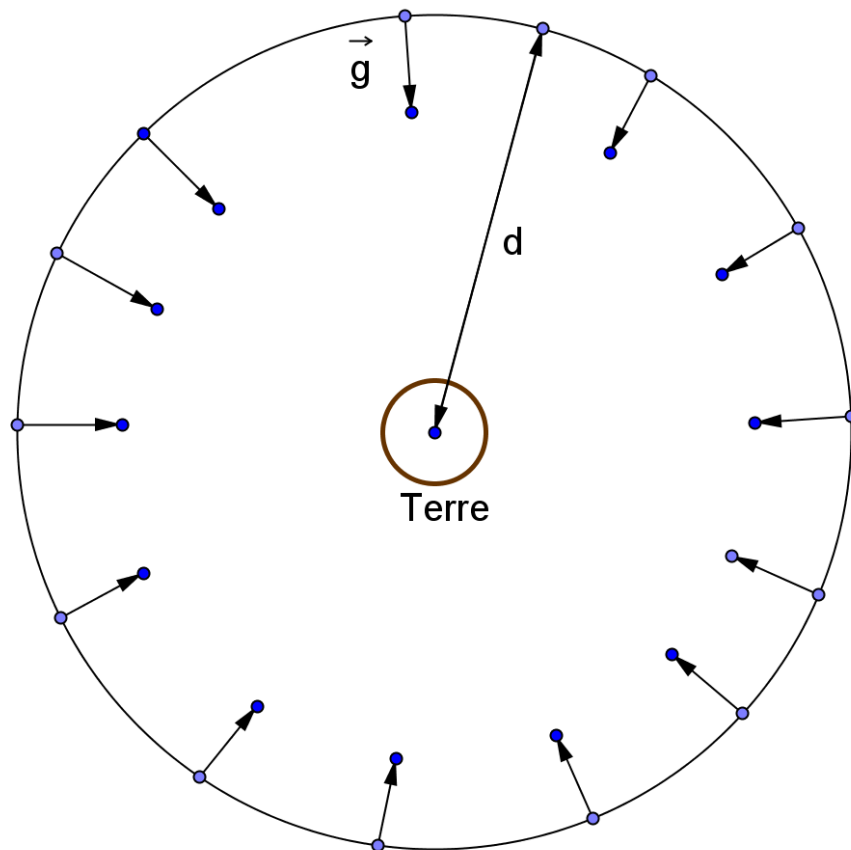
Dans ce cas, la distance d entre le centre de la Terre et le centre de la bille n'est autre que le rayon R de la Terre. Ainsi vient-il la masse de la Terre :

$$m = g \frac{R^2}{G} = 9,81 \times \frac{(6,37 \times 10^6)^2}{6,67 \times 10^{-11}} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$$

Alors là vous en conviendrez, battu le Dédé !

CHAPITRE II : Le champ gravitationnel

Revenons alors sur l'accélération de la pesanteur g , qui nous l'avons déjà évoqué dépend de l'altitude à laquelle on se trouve. En notant que g est également l'intensité de la force exercée par la Terre sur une masse de 1 kg, nous pouvons aisément introduire la direction et le sens de cette force, à savoir vers le centre de la Terre, et définir ainsi un vecteur appelé **vecteur champ gravitationnel** noté \vec{g} . Vu que les actions se font selon la direction des rayons de la Terre et qu'à une distance d de la terre ce champ a même intensité, on dit qu'il est radial, ce que résume la figure suivante :



Au passage, vous voyez sur le schéma l'interprétation concrète d'un vecteur. Il suffit de considérer un point bleu du cercle de rayon d comme étant une masse de 1kg retenue par un ressort. La flèche indique le parcours de la boule bleue et le sens de l'allongement du ressort, et l'allongement d'un ressort, rappelez-vous, ça mesure l'intensité d'une force.

Ah ! Mais me dit Grincheux, et l'influence de la Lune. Lui au moins il n'y est pas dans la Lune, car il a raison, le champ décrit ci-dessus n'est que le champ de gravité proche de la Terre, pour lequel on peut en première approximation négliger l'influence de la Lune, qui n'est pourtant pas si négligeable que cela puisqu'elle est ni plus ni moins responsable du phénomène des marées.

D'ailleurs entre la Terre et la Lune, il existe un point où il n'y a pas de gravité du tout parce que les actions des deux astres se compensent. Ça plairait à l'amateur de café spatonaute qui pourrait batifoler dans tous les sens. Nous y reviendrons plus loin.

Car vous aimeriez bien savoir d'où je l'ai sorti mon fameux 1% de gravité en moins à 32 Kms, étant donné que je ne suis jamais monté dans ce foutu ballon sonde, pas fou non ! Eh bien puisque vous avez eu le courage de me lire jusqu'ici, vous êtes bien partis pour décrocher la Lune alors je vais tout vous dire.

Notons g l'intensité du champ gravitationnel à une altitude z donnée, R le rayon de la Terre, M sa masse et g_0 le champ gravitationnel au niveau de la Terre (je rappelle une fois de plus, mais c'est la dernière fois, il serait temps de mémoriser B... ! que $g_0 = 9,81 \text{ m s}^{-2}$)

Alors nous avons vu d'une part que :

$$g = G \frac{M}{(R + z)^2}$$

D'autre part :

$$g_0 = G \frac{M}{R^2}$$

Une simple division des deux relations donne aisément, sauf pour Dédé, fâché avec l'algèbre depuis sa rencontre avec une professeure de Mathématiques à jamais traumatisante :

$$\frac{g}{g_0} = \frac{R^2}{(R + z)^2}$$

Si on cherche l'altitude z pour laquelle la gravité chute de 1%, on doit écrire :

$$\frac{g}{g_0} = 0,99$$

Et donc :

$$\frac{R^2}{(R + z)^2} = 0,99$$

Soit :

$$\frac{R}{R+z} = \sqrt{0,99}$$

En inversant :

$$\frac{R+z}{R} = \frac{1}{\sqrt{0,99}}$$

Donc :

$$1 + \frac{z}{R} = \frac{1}{\sqrt{0,99}}$$

Finalement :

$$z = R \left(\frac{1}{\sqrt{0,99}} - 1 \right)$$

Et numériquement :

$$z = 6\,370\,000 \times \left(\frac{1}{\sqrt{0,99}} - 1 \right) = 32\,090 \text{ m} = 32 \text{ Kms environ}$$

Alors là, Dédé est bouche bée ! Ça semble tellement simple sous la main du mathématicien. Stevie regarde pour une fois la formule avec plus d'admiration que son jean non dégriffé à 350 balles avec plein de griffes étudiés, pour une fois.

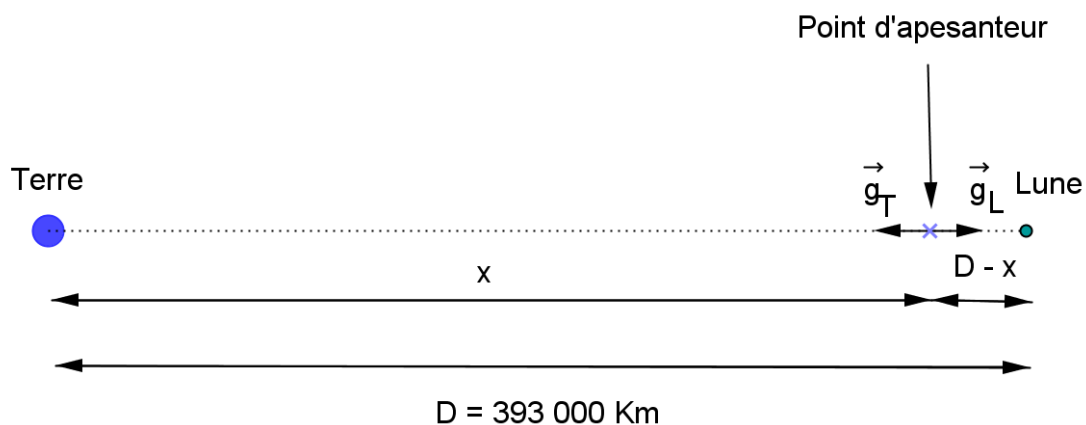
Oui je sais je l'ai déjà faite celle-là, mais l'évènement est de taille. Ça s'agite là haut au service du débogage. Même le grand patron est descendu voir. Une de ses créatures, plus habituée à avoir le nez dans les pâquerettes, vient pour une fois de poser son cerveau, car elle en a un, le patron avait tout prévu, s'il n'y avait pas eu ce P... de bug, sur les rouages de sa création.

Ouf ! Un sauvetage de l'Humanité par elle-même, sans intervention extérieure, sans déluge, sans Atlantide à engloutir, bref sans tout le tralala habituel, était enfin envisageable. Le patron aurait même dit : si ça tient une semaine comme cela, je le jure, mais en fait il n'avait pas besoin car il jurait sur la tête de lui-même, je me rase la barbe. Et là j'aimerais vraiment voir cela, parce qu'une barbe éternelle, ça doit se perdre dans les couloirs de l'infini et ça doit pas être facile à couper.

CHAPITRE III : L'influence de la Lune

C'est le moment Grincheux, de la ramener. Car oui la Lune n'influence pas que les loups-garous mais aussi le champ gravitationnel mais rassurez-vous ça ne va pas vous transformer en zombies.

Donc je disais, si nous nous plaçons entre la terre de masse M et de rayon R et la lune de masse M' et de rayon R' , à une distance x du centre de la Terre, la distance entre les centres des deux astres étant $D = (6370 + 384\,400 + 1737 = 392\,507 \text{ Km} = 393\,000 \text{ Km}$ environ, données Wikipédia (vous croyez quand même pas que je suis allé faire les mesures de tout ce que je vous enseigne, on est obligé de faire un peu confiance, tout de même !).



L'intensité du champ de pesanteur terrestre est alors :

$$g_T = G \frac{M}{x^2}$$

Et l'intensité du champ de pesanteur lunaire :

$$g_L = G \frac{M'}{(D - x)^2}$$

En écrivant l'égalité de l'intensité de ces deux champs nous avons :

$$\frac{M'}{(D - x)^2} = \frac{M}{x^2}$$

Soit (bouche toi les yeux Dédé !) :

$$\frac{(D - x)^2}{x^2} = \frac{M'}{M}$$

D'où :

$$\frac{D - x}{x} = \sqrt{\frac{M'}{M}}$$

Soit encore :

$$\frac{D}{x} - 1 = \sqrt{\frac{M'}{M}}$$

$$\frac{D}{x} = 1 + \sqrt{\frac{M'}{M}}$$

Et en inversant (là Dédé a la tête qui tourne) :

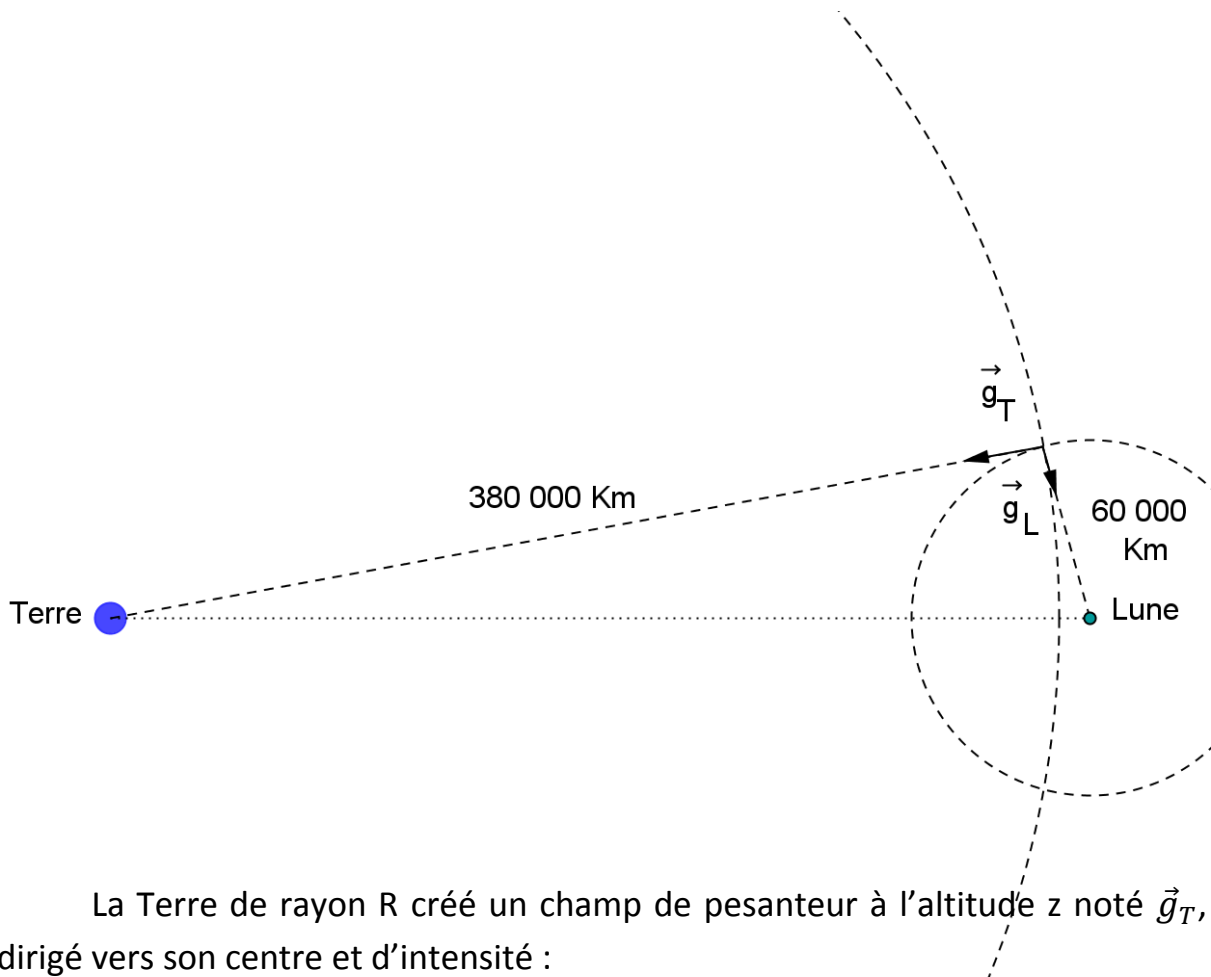
$$x = \frac{D}{1 + \sqrt{\frac{M'}{M}}}$$

Et avec les vrais nombres :

$$x = \frac{392\,507}{1 + \sqrt{\frac{7,35 \times 10^{22}}{5,98 \times 10^{24}}}} = 353\,000 \text{ Kms environ}$$

Autrement dit, c'est très proche de la Lune. Plus précisément, la distance Terre Lune étant de 384 000 Kms environ et le point d'apesanteur à une distance de 347 000 Kms de la surface de la Terre environ (353 000 – 6370), on voit que ce point se trouve à environ 90% de la distance Terre Lune, près de la Lune. C'est dire si elle est grosse notre Terre par rapport à son astre de la nuit.

Voyons alors ce que serait le champ de pesanteur en un autre point, pas nécessairement sur l'axe formé par le centre de la Terre et celui de la Lune (voir figure ci-dessous) et situé par exemple à une distance de 380 000 Kms de la Terre et 60 000 Kms de la Lune.



La Terre de rayon R crée un champ de pesanteur à l'altitude z noté \vec{g}_T , dirigé vers son centre et d'intensité :

$$g_T = \frac{g_0}{\left(1 + \frac{z}{R}\right)^2} = \frac{9,81}{\left(1 + \frac{380\,000}{6\,370}\right)^2} = 0,00267 \text{ m s}^{-2} = 2,67 \text{ mm s}^{-2}$$

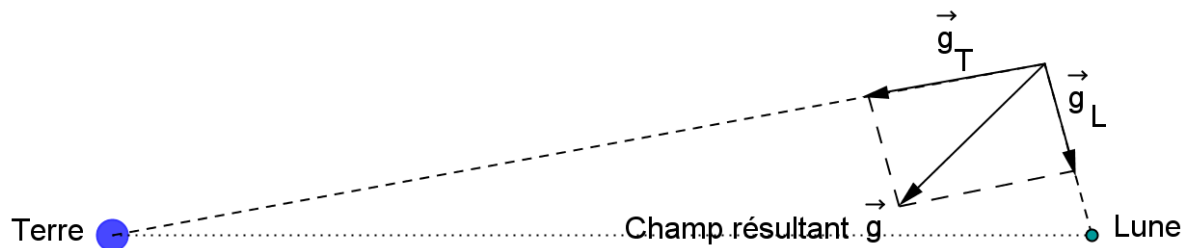
C'est très faible évidemment puisqu'on est très loin de la Terre et concrètement cela signifie que si on enlevait la Lune, un objet posé en ce point et initialement immobile foncerait vers la Terre avec une vitesse qui augmente de 2,67 millimètres par seconde chaque seconde. Représentez-vous le dans votre tête, si, si, ça fait voyager à peu de frais, je vous assure, vous verrez que c'est de l'ordre d'un mouvement d'escargot en train de piquer un sprint.

La Lune de rayon r crée un champ de pesanteur à l'altitude z' noté \vec{g}_L , dirigé vers son centre et d'intensité :

$$g_L = \frac{g'_0}{\left(1 + \frac{z'}{r}\right)^2} = \frac{1,62}{\left(1 + \frac{60\,000}{1\,737}\right)^2} = 0,00128 \text{ m s}^{-2} = 1,28 \text{ mm s}^{-2}$$

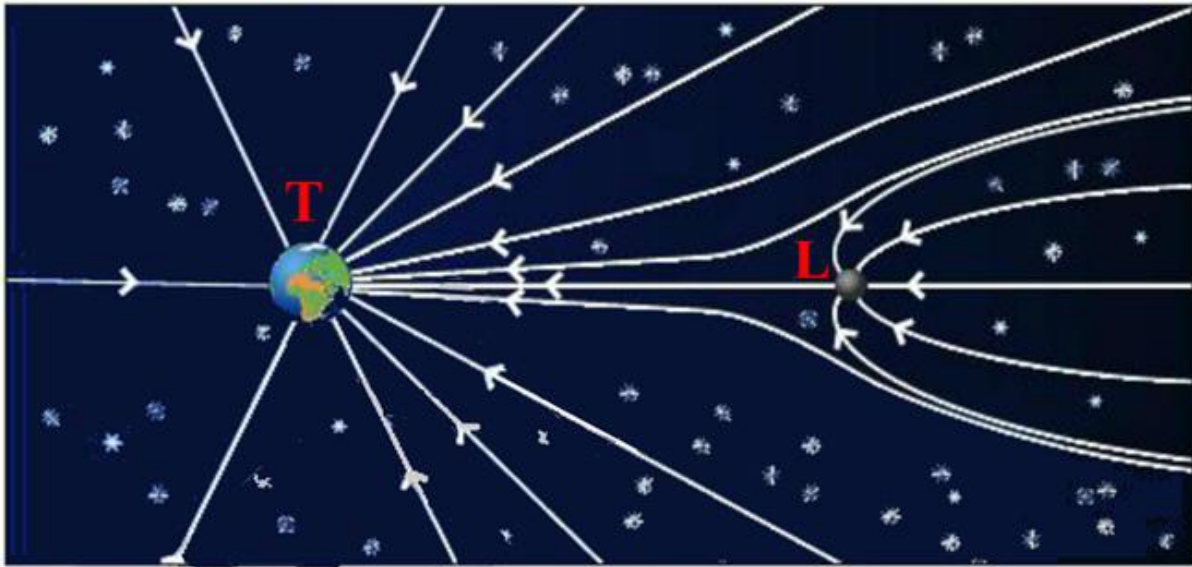
On voit que c'est une intensité du même ordre que celle du champ terrestre.

Pour obtenir la valeur du champ de gravité résultant des champs terrestre et lunaire, il va falloir additionner leurs effets. Le principe est simple, il consiste à tracer les deux vecteurs champs gravitationnels à l'échelle (par exemple, 1 cm pour représenter 1 mm s⁻²). Il faut alors compléter le parallélogramme formé sur ces vecteurs. Le champ résultant est alors le vecteur formé sur la diagonale du parallélogramme, comme indiqué sur la figure.



On peut ainsi établir, grâce aux mathématiques, une cartographie du vecteur champ gravitationnel dans l'espace situé entre la Terre et la Lune, l'influence des autres astres trop éloignés (dont le soleil) pouvant être négligée.

On représente pour cela des lignes appelées lignes de champ et telles qu'un tout point ces lignes le vecteur champ gravitationnel y est tangent et de sens, celui indiqué par la flèche. Vous avez ci-dessous un exemple de carte assez sommaire, mais c'est ce que j'ai trouvé de mieux sur le web. Notez que les lignes de champ ne livrent pas l'information sur l'intensité du champ gravitationnel, seulement sa direction et son sens.



CHAPITRE IV: Le principe de la satellisation

Bon, j'en vois un au fond qui est encore dans la Lune, va falloir pourtant se concentrer maintenant, car j'aimerais bien pouvoir coller quelque chose là haut qui ne bouge pas, enfin qui tournerait avec la Terre, on pourrait appeler ça un satellite géostationnaire, pas con ça Dédé hein !

Dédé tape à nouveau sur sa tempe pour me faire croire que je suis débile. C'est vrai qu'à première vue, si un oiseau s'arrêtait dans le ciel juste au dessus de ma tête, à condition qu'il puisse le faire, mais bon, on va l'imaginer, il devrait normalement me tomber dessus comme une pierre. C'est probablement pour cela qu'un oiseau ne le fait pas, il se contente de me lâcher une fiente pendant son vol, ce qui lui évite ainsi de tomber comme une merde.

Vous trouverez probablement mes propos un peu scatologiques mais ne perdez pas de vue que le lotus, fleur symbolique de la sagesse orientale, s'épanouit dans le ciel mais prend ses racines dans la vase, et la vase et la merde ce n'est pas bien loin. Combien de découvertes sont-elles issues d'expériences de merde ? J'en ai même vu une au sens propre, faite par un japonais ou quelque humain lui ressemblant, ayant produit du steak à partir d'excréments, humains si je me souviens bien, et songeant très sérieusement à en faire une nourriture d'avenir. Auquel cas, l'avenir du genre humain, ça serait vraiment la merde.

Bon je referme à temps cette parenthèse qui indispose vos délicates narines mais sachez à l'avenir, qu'un scientifique, rien ne l'indispose, tout est pour lui phénomène. Tenez par exemple, Dédé est un phénomène ! Heureusement qu'il ne m'indispose pas, à la rigueur, il pourrait m'inquiéter, non, plutôt m'émouvoir. Je le trouve attendrissant avec son gros bedon. Ça donne envie de le caresser comme la bosse d'un bossu en se disant que ça porte bonheur, mais je n'ai jamais osé m'y risquer.

Stevie est un phénomène lui aussi, mais d'un autre genre. Autant Dédé est un phénomène naturel, comme les ouragans, les tsunamis, les éruptions volcaniques, les femmes à deux têtes, autant Stevie est un phénomène artificiellement créé par l'Homme comme le marketing et ce qui va avec, le sentimentdefairepartieduneeliteing, ou bien le phénomène des impôts, qui contrairement au phénomène climatique, ne semble pas connaître une alternance de périodes de réchauffement et de glaciation, mais un réchauffement continu qui glace de plus en plus le contribuable.

Mais revenons à un sujet moins grave puisqu'il s'agit de gravité et tant que le parachute s'ouvre il n'y a pas lieu de s'en inquiéter.

Je disais donc, avant que vous m'interrompiez, mais j'aime bien aussi, car la Science est aride et pas trop sujet à rigolade, et pour une espèce descendant du singe et se grattant encore sous l'aisselle, voire ailleurs, il n'y a pas si longtemps de cela, c'est une prouesse de s'y être intéressé, je disais donc, et stop, ne m'interrompez plus s'il vous plaît, que j'aimerais bien pouvoir disposer de quelque chose de fixe là haut qui pourrait par exemple me renvoyer des ondes qu'il me faudrait d'abord découvrir et qui me permettrait de trouver la maison de Germaine grâce à un système de localisation global qu'on appellerait par exemple SPG, système de positionnement global mais que les anglais s'empresseraient de renommer GPS (Global Positioning System) rien que pour nous faire chier.

Mince, je l'ai vu l'autre jour à la télé, ça a déjà été inventé. Bon, donc c'est que ça tient. Le satellite géostationnaire, comme il l'appelle, il ne nous tombe pas sur la G... Alors, comment il tient le bougre. Ils l'ont peut être collé sur la voûte céleste. J'ai parlé avec des anciens, ils pensaient ça, mais faut dire qu'ils avaient plusieurs milliers d'années. Forcé comme Saint Thomas de croire

ce que je vois, enfin faut de bonnes jumelles pour ça, parce qu'il est paraît il à 36 000 Kms le bougre. Je te dis pas l'échafaudage pour le monter là haut !

Dédé me regarde très bizarrement en levant les yeux au ciel de temps à autre. « Mais non, je blague » finis-je par lui avouer avant qu'il ne pète le peu de neurones qui lui permettent d'actionner efficacement son bras pour porter une bouteille de bière à ses lèvres.

« Regarde mon Dédé, je lance un caillou. Qu'est ce qu'il fait, il tombe en suivant une jolie trajectoire courbe » Je vous conseille d'essayer avec une pièce, pas le sucrier en porcelaine de votre grand-mère, dont vous rêvez de vous débarrasser.

« Si je lance plus fort, en fait je veux dire avec une vitesse initiale plus grande, le caillou tombe aussi mais plus loin. Si je monte en haut d'une tour, la tour Eiffel par exemple, et que je lance mon caillou comme avant, bien devant moi, alors il tombe encore mais plus loin devant. Et je me retrouve bien vite entouré par une brigade d'intervention casquée et armée jusqu'aux dents, puis envoyé au poste pour m'expliquer.

Alors, lassé d'être entravé dans mes expériences, je décide de m'offrir un voyage en Himalaya et de gravir le plus haut sommet du monde, l'Everest. Là je peux lancer mon caillou sans crainte, encore que, il faut se méfier du sherpa qui fait sa sieste dans un coin discret. Donc, dis-je, Doudou dis-donc, je lance mon caillou et je regarde l'immensité devant moi qui me fait prendre conscience de ma petite taille mais je me ressaisis avec mon grand cerveau car soudain j'illumine à nouveau.

Et si je pouvais lancer la pierre encore plus fort et encore plus fort. La Terre est ronde, donc il y aurait bien un moment où le caillou ne pourrait plus retomber sur Terre. Il irait où alors ? Et bien dans l'espace, comme Clooney mais sans faire le clown lui. Oui, mais alors, la Terre ne le laisserait pas partir comme ça, comme une maman voyant son jeune fils se carapater derrière elle pendant qu'elle discute tranquillement du nouveau soin qu'elle s'est fait faire pour le visage avec sa voisine.

Heureusement que la Terre n'est pas si chochette, elle voit tout la Terre, tout. Tu veux prendre la tangente, paf ! Elle te rappelle à l'ordre. Tu veux

t'envoler comme un oiseau en te lançant au dessus du bac à sable, paf sur le pif ! Avouez, on l'a tous fait. Non ? Pas vous Madame ? Donc la Terre reprend le caillou avec ses petits bras. Mais non ! Mon Dédé, c'est une blague, il faut une grande foi en l'Homme avec Dédé, mais bon je suis patient.

Donc je reprends, la Terre retient le caillou, non pas avec ses petits bras, mais avec sa force d'attraction gravitationnelle, on l'a vu. Là vous me décevez les amis ! Ca sert à quoi que je m'évertue à vous disséquer la Science. Le poids du caillou, c'est ça qui le retient et l'empêche d'aller flinguer la station spatiale de Georges Clooney, car soit dit en passant, l'histoire des débris qui passent et qui repassent et qui cassent tout, c'est un tissu d'âneries, mais faudrait consulter des scientifiques avant de faire un film.

C'est comme les bruits de vaisseaux qui se déplacent dans le vide dans Stars War ou les combats dantesques sans scaphandre spécial dans l'espace. Mais bon, depuis qu'on peut remonter le temps comme dans « Les visiteurs », excellent par ailleurs si on s'en tient au premier, voire au second, on ne s'étonne plus de rien.

Je disais donc, le caillou se voit dans l'obligation de corriger sa trajectoire pour ne pas trop s'éloigner de maman, sauf s'il s'est carapaté tellement vite qu'elle n'a pas eu la force de le retenir et là bye bye ! Sinon, il se met à lui tourner autour sans lui retomber dessus, si en fait, car s'il sort de l'atmosphère terrestre, épaisse d'une cinquantaine de kilomètres, il finit par y rentrer à nouveau et cela le freine et finit par le faire retomber.

L'astuce c'est alors de lui remettre une pichenette aux fesses quand il est à son point le plus éloigné, appelé **périgée**, car à ce moment il est tout époumoné, il a lutté contre maman et il n'a presque plus de vitesse. En lui en redonnant, il peut tourner en rond autour de maman en la narguant, elle n'a aucun moyen de le ramener. Il est satellisé. Mais nous verrons ça plus tard dans le détail, avec les grosses équations, tout le tralala, mais comprenez que je ne peux pas sortir tout ça devant Dédé, il m'en ferait une syncope.

D'autant qu'il faudra que je vous explique pourquoi les américains envoient leurs fusées de Cap Canaveral et les français de Kourou en Guyane car un satellite ne peut être géostationnaire que dans un plan passant par

l'équateur de la Terre et sur une trajectoire circulaire située à 36 000 Kms de la surface de la Terre.

Mais pour cela, il va falloir sortir la grosse artillerie, les Mathématiques et tout le tralala, j'en vois qui capitulent déjà, n'oubliez pas de refermer la porte derrière vous, les autres sachez le une fois pour toutes, pas de Sciences, sans Mathématiques. Alors faites comme Dédé, tapez vous le doigt sur la tempe de temps en temps mais, je vous en conjure, n'abandonnez pas. Les Mathématiques, c'est un animal sauvage que vous pouvez apprivoisez. J'y suis parvenu avec des étudiants hautement réfractaires mais motivés, donc, il n'y a pas de raison, sauf si vous voulez tout savoir dans un mois et gagner des millions avant vingt ans. Là, il vaut mieux vous aiguiller vers la télé réalité.

Pour ceux qui sont encore là donc, Il va falloir maintenant trouver un moyen de décrire le mouvement d'un caillou à l'aide de belles mathématiques et cela s'appelle définir une **cinématique**, comme le cinéma, dont le nom traduit l'idée d'images en mouvement. Alors rendez vous illico au prochain magazine sur ce thème.