

Sciences & Rigolade

→ La revue qui décoiffe !



Forces



chute des corps 1



Sommaire

Avant propos

Chapitre 1 : Approche « naturelle » du concept

Chapitre 2 : Le poids des corps

Chapitre 3 : La chute des corps dans le vide

Chapitre 4 : L'accélération de la pesanteur "g"

Chapitre 5 : La seconde loi de Newton

Chapitre 6 : Construire un dynamomètre

Chapitre 7 : Le principe de l'action et de la réaction

Chapitre 8 : L'apesanteur

Annexe : La notion de vitesse

Mot de la fin et contact

Avant propos

Au cours de ma vie d'artiste, enfin je veux dire d'enseignant privé, mais enseigner est devenu tout un art aujourd'hui, j'en ai vu des vertes et des pas mûres. Je me suis rendu compte que des choses qui me paraissaient claires alors que j'étais en classes primaires ne l'étaient toujours pas à de nombreux étudiants ayant même dépassé le collège, et choisi une section soi-disant scientifique.

J'avais l'impression de plus en plus nette que le savoir de ces élèves était comme un édifice auquel on rajoutait des étages d'années en années, mais en ayant négligé d'y mettre des fondations solides.

C'est pourquoi pris d'un soudain élan de grande compassion pour la misère de l'humanité en matière de culture scientifique, j'ai décidé de prendre un jour Dédé et Stevie comme assistants dans ma quête des vérités tangibles de ce monde et mon désir de la partager.

Oh ! Ce ne fut pas facile ! Cela m'a d'abord coûté un bras en volumes de liquide blond et pétillant qu'affectionne Dédé et plus qu'un bras, je dirais donc une jambe, en fringues griffées comme il faut pour mettre Stevie dans mon épuisette. Mais bon j'avais un petit pécule et je fus fier de l'utiliser pour la bonne cause.

Dédé est en effet un camionneur porté sur la bière et de ce fait porté sur l'avant par une bedaine impressionnante contribuant pour une grande part à sa centaine de kilos. Fâché depuis très longtemps avec l'algèbre à cause de maîtres et de maîtresses ayant manqué avec lui de subtilité, il m'est néanmoins très utile pour certaines parties expérimentales où le muscle collabore étroitement avec le neurone et je surprends parfois chez lui un début de questionnement qui m'émeut.

Stevie, quant à lui, suit un régime minceur depuis trois mois car il a peur de prendre un gramme. Mannequin de un mètre quatre-vingt, il pense avoir, avec ses soixante-cinq kilos les proportions idéales pour son métier. Sa soif de perfection le conduit à développer une curiosité croissante pour

les matières que je développe et je sens naître peu à peu de nouvelles dimensions dans son être.

J'ai donc pour ambition sous le nom de Maître Gryda, avec mes deux assistants Dédé et Stevie, de vous accompagner dans la fabuleuse découverte des phénomènes scientifiques de notre merveilleuse création et de vous montrer la manière de les appréhender avec un langage à la puissance inégalée, un langage tout simplement divin, puisque tout semble pouvoir s'exprimer avec : les Mathématiques.

Et voilà l'affaire est lancée. Son avenir est maintenant entre vos mains, chers lecteurs (lectrices).

Le concept de Force et la chute des corps

Regardez autour de vous, tout n'est que mouvement. Même les choses qui vous paraissent immobiles sont secouées par une agitation permanente invisible, à l'échelle de leurs atomes et molécules et responsable de leur température.

Or pour qu'un objet soit mis en mouvement, il faut qu'il y ait une action qui s'exerce sur lui. C'est ce concept appelé force que je me propose de vous définir précisément.

Pour cela, je vous ferai observer dans un premier temps les caractéristiques du mouvement d'un objet qui chute et plus particulièrement dans le vide, sous l'action de son propre poids. Vous serez surpris.

La loi de la chute des corps sera alors le prélude à la compréhension des premières et deuxièmes lois de Newton, bases d'une science appelée Mécanique classique, permettant entre autres de placer des satellites en orbite géostationnaire et donc de se laisser guider par une voix suave jusqu'à la maison de Germaine grâce au système qui en découle, le fameux GPS.

Vous saurez enfin ce qu'est le fameux « g » au sujet duquel circulent des idées fausses et je vous montrerai comment bricoler un dynamomètre,, instrument de mesure d'une force.

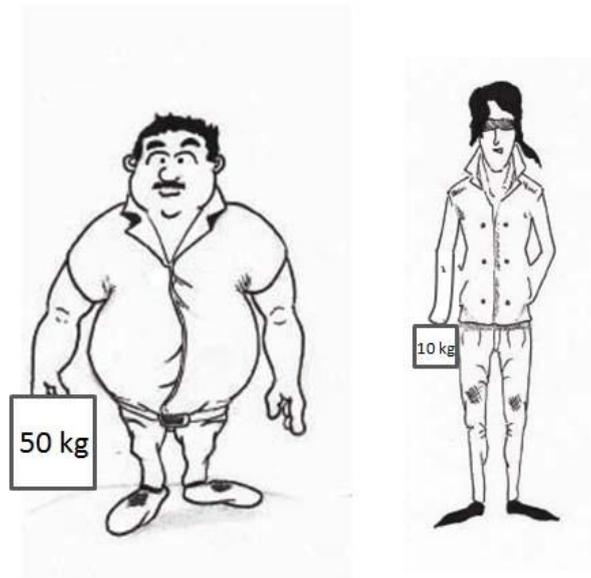
Je vous donnerai alors rendez-vous au prochain magazine intitulé « L'interaction gravitationnelle » pour vous faire découvrir ce qui se cache derrière la force exercée par la Terre sur les corps pesants (donc les corpulents comme Dédé) , responsable de leur chute.

CHAPITRE I

Approche « naturelle » du concept

Prenons donc mes deux assistants, Dédé et Stevie. Dédé peut soulever d'une grosse main poilue (n'y voyez là aucun préjugé de comptoir, car les camionneurs ont un rude métier et méritent mon admiration) 50 kg de ce que voulez, de plumes ou de plomb, ça pèse de toutes façons pareil, enfin je devrais dire, ça a la même masse. Pour ceux à qui ça pose problème, dites vous que Dédé peut soulever 50 L d'eau (1 L d'eau ayant une masse de 1 kg).

Stevie, en revanche, aime soulever le public pendant les défilés mais parvient avec peine à soulever 10 kg (soit 10 L d'eau).



Vous serez donc amenés à penser cher lecteur (lectrices) que Dédé est cinq fois plus fort que Stevie puisqu'il soulève une masse cinq fois plus grande. Et vous auriez raison. Vous avez donc l'esprit scientifique !

Alors allons plus loin : Si vous preniez Stevie comme référence, on dit **étalon** en sciences, et pour un mannequin c'est plutôt une bonne chose, vous définiriez la **mesure** de la force de Stevie (de son meilleur bras cela s'entend) comme étant égale à 1 et celle de Dédé comme étant égale à 5.

Vous voyez, c'est pas bien compliqué, la masse soulevée par Dédé est 50 en unité de kilogrammes et la force qu'il exerce est 5 en unité de Stevie.

Je vois tout de suite Stevie qui s'indigne et me lance d'un œil torve : « Non mais, ça va pas, est ce que j'ai la tête d'une unité moi, étalon à la rigueur ».

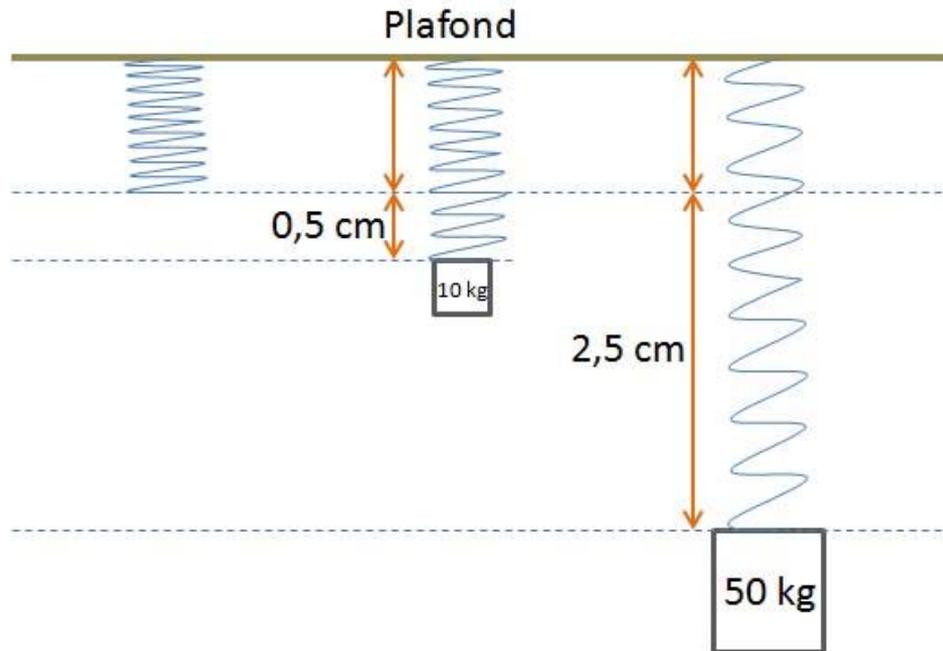
Vous comprenez donc bien qu'il va falloir trouver autre chose. « Grat, grat, grat » c'est le bruit de mes ongles sur le cuir chevelu. « Eurêka ». Non elle a déjà été protégée celle-ci, alors « Iluminatia » (je l'ai pas vue sur Google celle-là!).

Je viens de me souvenir que j'avais trouvé à la déchetterie un ressort à boudin. Alors je décide de remplacer Dédé par le ressort et je sens soudain mes jambes flageoler car Dédé me fixe d'un œil menaçant, mécontent d'être comparé à une espèce de boudin.



Tant pis, je prends sur moi et accroche la masse de 50 kg, avec beaucoup de peine et avec mes deux mains, car Dédé refuse de m'aider, au ressort préalablement solidement fixé au plafond, mais pour ça je suis très bricoleur. Le ressort s'allonge alors de 2,5 cm.

Je recommence avec les 10 kg de Stevie et le ressort s'allonge de 0,5 cm. Tiens c'est marrant ! Le ressort s'est allongé 5 fois plus pour Dédé que pour Stevie. Eh oui, jeune oiseau : $5 \times 0,5 = 2,5$. Va falloir me les apprendre un jour ces P... de tables.



Bon je veux en avoir le cœur net. J'essaie avec 20 kg, j'obtiens un allongement double de celui de Stevie. Alors je décide en bon professeur Nimbus de faire un petit tableau de mes résultats après des essais avec 30 kg, 60 kg, 80 kg, 90 kg, 100 kg, 200kg.

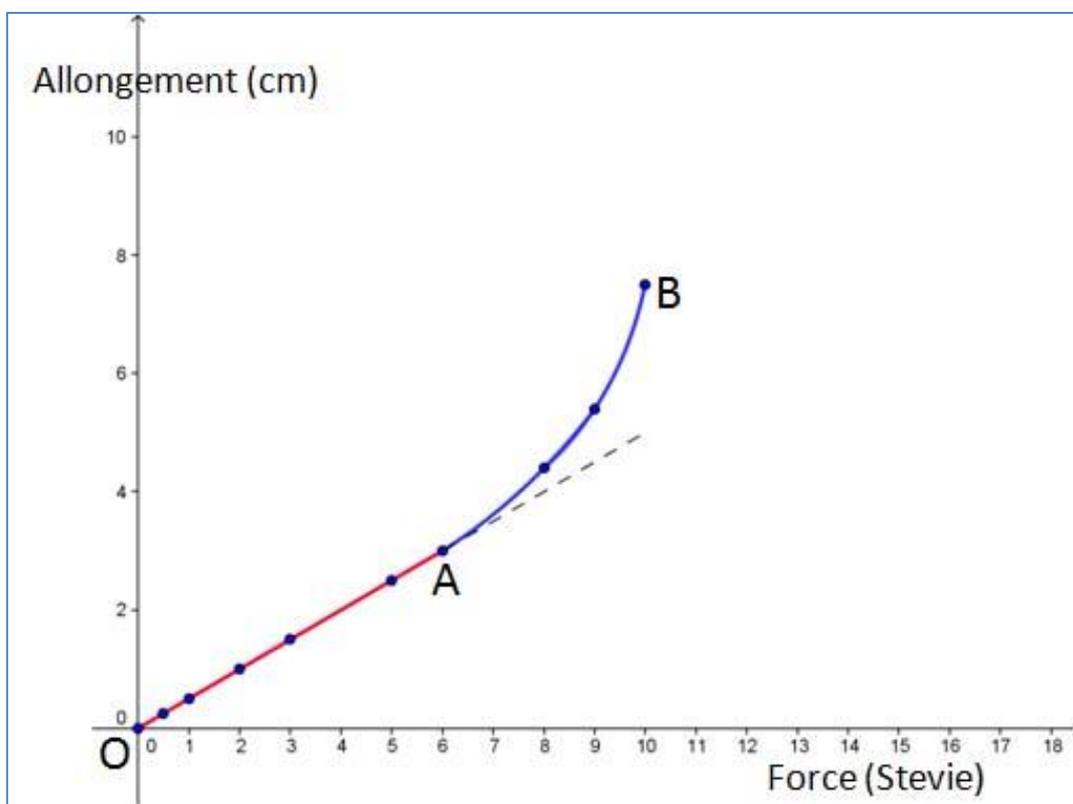
A partir de 80 kg j'ai du me faire aider par Dédé en l'amadouant avec les Smarties dont il raffole. Inutile de vous dire qu'à 200 kg, tout a pété et Dédé a failli se prendre tout sur le pied. J'ai failli passer un mauvais quart d'heure, car même avec un pied en moins, un Dédé reste une espèce redoutable. Bon je parle, je parle, alors les voilà ces résultats :

| | | | | | | | | | | |
|-------------------|---|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Masse (kg) | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 60 | 80 | 90 | 100 |
| Allongement (cm) | 0 | 0,25 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,5 | 3,0 | 4,3 | 5,0 | 7,5 |
| Force (en Stevie) | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 |

J'ai un peu triché je vous l'avoue. L'expérience je ne l'ai pas faite en réel mais dans ma tête seulement. Mais vous qui avez le temps, chers étudiants (Oh ! j'en vois qui hochent la tête et me toisent avec dédain !) ne vous privez pas de la faire et de m'envoyer les résultats.

Au vu de ces résultats donc, on note que, pour une masse entre 0 et 60 kg, correspondant à une force entre 0 et 6 Stevie, l'allongement est proportionnel à la masse (ou à la force). Cela signifie que si la force double, l'allongement double, si elle triple, l'allongement triple, etc... Vous voyez, quand on sort des tableaux à la C... et des produits en croix, la proportionnalité c'est pas compliqué !

Mieux, on peut voir cela aisément sur un graphique, en portant sur un axe horizontal (appelé axe des abscisses) la force (en Stevie) et sur un axe vertical (appelé axe des ordonnées) l'allongement (en cm). Cela donne quelque chose du genre :



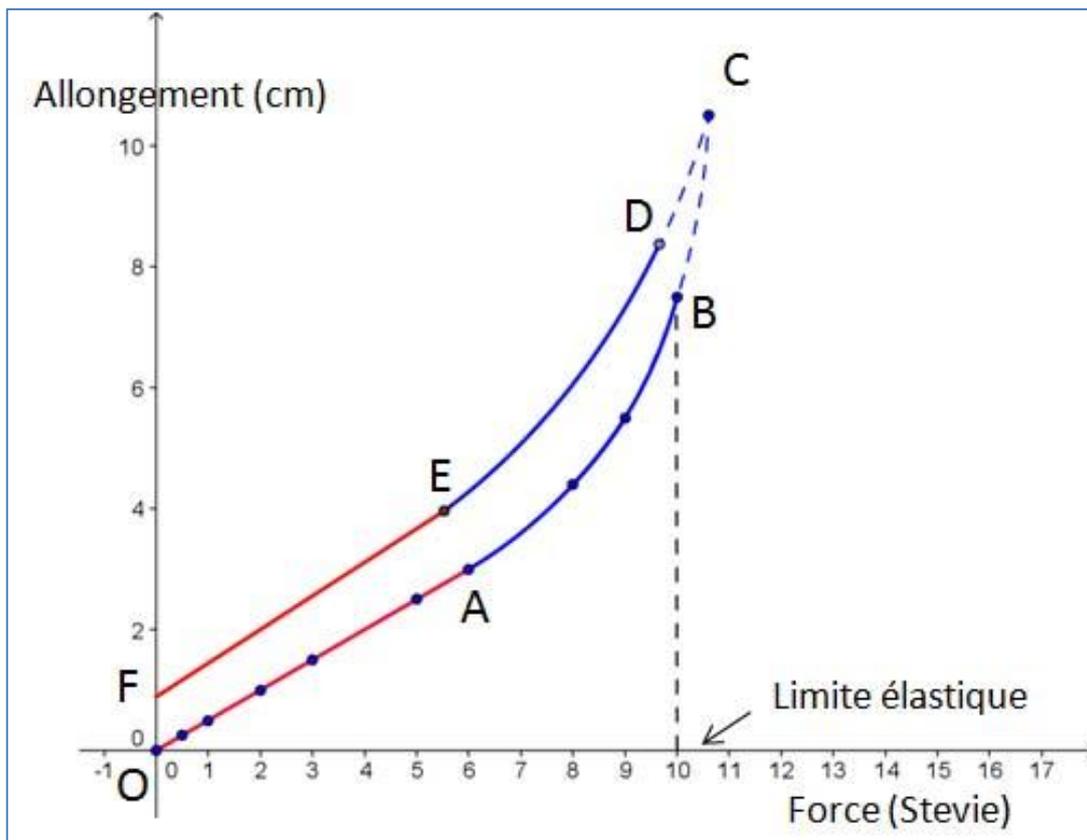
On constate que les points situés sur le segment en rouge du graphique (entre les points O et A) sont alignés. On dit que c'est le domaine de fonctionnement linéaire du ressort. Cela correspond à une force comprise entre 0 et 6 Stevie.

On dit encore en Mathématiques que l'allongement y est fonction linéaire de la force x , la relation entre les deux étant :

| |
|-------------|
| $y = 0,5 x$ |
|-------------|

Notez également que lorsque vous ôtez la masse placée sous le ressort, celui-ci revient détendu, à sa position initiale, pourvu que la masse ne dépasse pas une certaine valeur appelée **limite élastique**, égale à mettons 10 Stevie.

Si la masse accrochée dépasse cette valeur, elle déforme irrémédiablement le ressort et lorsqu'elle est ôtée, ce dernier, une fois détendu, a une longueur dite « **à vide** » plus grande que celle qu'il avait auparavant.



C'est ce que traduit le graphique ci-dessus. Pour une force entre 0 et 6 Stevie, l'allongement croît de façon proportionnelle à la force (segment entre O et A).

Pour une force entre 6 et 10 Stevie ce n'est plus vrai (courbe entre A et B). Mais si on relâche la force en n'importe quel point situé entre O et B, le ressort reprend sa longueur initiale, soit un allongement nul (point O).

En revanche si on dépasse la valeur de 10 Stevie, qui est la limite élastique (portion entre B et C), alors en relâchant la force, le ressort suit la courbe du dessus (portion entre C et F).

Si on tire à nouveau, un nouveau domaine linéaire apparaît (portion entre F et E) et élastique (portion entre F et D).

C'est le même phénomène qui fait que les manches de votre pull, à force d'être sollicités lorsque vous le mettez et l'enlevez, finissent par godailler.

Sur le graphique précédent, je vous ai donc présenté un ressort qui fonctionne dans son domaine dit élastique. En fait c'est une vue idéale, car à chaque sollicitation du ressort, des déformations infimes apparaissent. Mais comme elles s'ajoutent, elles finissent par le déformer irrémédiablement. Voilà une raison pour laquelle vous devez changer après un certain temps vos amortisseurs de voiture, qui ne sont que des ressorts à boudin.

Le phénomène qui déforme les matériaux comme les ressorts à chaque sollicitation alternative s'appelle **fatigue des matériaux**. Mais il faut parfois des millions de sollicitations alternatives appelées **cycles** pour que cela ait des conséquences fâcheuses, une méchante fissure dans la carlingue d'un avion, un réacteur qui se détache, etc...

Si maintenant j'avais utilisé un ressort plus souple, l'allongement pour une force de 1 Stevie (soit 10 kg) aurait été par exemple de 1,5 cm et la relation entre force x et allongement y dans le domaine linéaire du ressort, de la forme :

$$y = 1,5 x$$

La portion de droite en rouge aurait alors été plus pentue. Plus l'allongement du ressort serait grand pour une force de 1 Stevie et plus la pente serait grande. Or, une droite de pente donnée passant par l'origine d'un repère définit une direction.

Aussi qualifie t'on de **coefficient directeur** la valeur de l'allongement y pour une unité de x , soit 0,5 dans le premier exemple et 1,5 dans le suivant.

Et toc, ça fait toujours ça de passer pour les mathématiques, qui finiront par vous être indispensable dans votre quête scientifique. Oh ! J'en vois qui se barrent en courant. Comment le seul nom du mot Mathématiques peut il avoir le même effet qu'une souris au milieu d'un réfectoire de jeunes filles ? A croire que certains enseignants n'y sont pas allés avec le dos de la cuillère à pot ! Nous essaierons de corriger cela pour les moins atteints d'entre vous.

Alors me direz-vous, comme une poule ayant trouvé un couteau, qu'est ce qu'on fait de tout ça ? Eh bien, ça va nous aider à descendre des arbres, si, si et pourquoi pas à aller un jour sur la Lune. Ah mince ! J'avais oublié, c'est déjà fait ! Alors fixez vos mirettes sur la planète rouge.

Eh bien jeunes oisillons, vous venez d'inventer le **dynamomètre**, ni plus ni moins, instrument qui va servir à mesurer une force. Il serait plus urgent d'en inventer un mesurant la bêtise de l'enseignement national, me direz-vous, mais encore faudrait il définir un étalon de la bêtise et de plus il n'en a pas toujours été ainsi, sinon nous n'en serions pas là (vous avez noté qu'un scientifique dispose également de la faculté fort répandue de nos jours de parler pour ne rien dire).

Alors procédons par ordre, car j'ai le dessein (et des seins aussi) de vous éveiller à cette formidable connaissance qu'est la Science avec toutes les conséquences que cela implique, vous donner plus d'oseille à la fin du mois, des lendemains qui chantent à nouveau, voire qui enchantent, car avec la Science, on n'est jamais au bout de ses surprises, comme disait ma grand-mère, qui a quand même vu de sa charrette les avions allemands venir bombarder l'aérodrome à côté de chez elle. Fort heureusement, elle fut épargnée par les bombes ainsi que son fils, m'autorisant ainsi un droit précieux à l'existence sans laquelle je ne pourrais vous barber de ma prose devenue incontrôlable.

CHAPITRE II

Le poids des corps

Maintenant que nous disposons d'un instrument pour mesurer une force, le fameux dynamomètre, en fait un banal ressort, il conviendrait de définir un étalon autre que le Stevie car je sens déjà une avalanche de courriels envahir ma boîte mail, de Stevie hexagonaux et extra territoriaux voulant me faire la peau parce que j'ai osé les traiter d'unités.

« Grat, grat » à nouveau, oui vous connaissez, désolé pour ceux que ça dérange, d'abord c'est que du sébum et de la kératine, et dans les massages chinois, ils font ça en version plus massage que grattage certes, ça graisse les cheveux et ça doit faire du bien quelque part. Moi, ça m'aide à réfléchir et depuis le temps, je m'étonne d'avoir encore des cheveux.

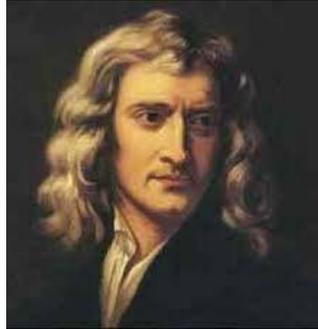
« Illuminatia » Je précise que je ne suis pas dans ma baignoire, mais devant mon ordi, je n'ai donc aucune chance de découvrir la poussée d'Archimède avec un canard en plastique. Je dis un canard parce qu'il est très à la mode dans les baignoires, paraît il, en ce moment.

Dédé est très fort me dis-je, mais 200 kg c'est plus fort que Dédé. Vous l'auriez vu quand il a essayé de les soulever, même à deux mains. Il avait le visage des plus mauvais jours de constipation et malgré ses râles rauques la charge demeura désespérément pesante. Je l'arrêtai avant qu'il ne se rompe un boyau.

La pensée faisant son cheminement, je me dis que 500 kg c'était plus fort que Dédé, puis une voiture d'une tonne, un semi remorque, une fusée, une navette spatiale avec ses boosters remplis à ras bord de poudre et son réservoir externe d'oxygène et d'hydrogène liquide.

Puis vint l'illumination : La Terre était plus forte que Dédé. Eh oui ! C'est elle qui le faisait tomber face contre Terre quand il avait bu un coup de trop.

Donc, si un certain groupe à la mode avait « demandé à la Lune » mais sans succès apparemment, j'allais moi, demander à la Terre des explications et je comptais bien qu'elle m'en fournisse comme à ce bon vieux **Newton** (ci-dessous). Je n'allais pas être déçu.



La Terre me dit en effet : « Regarde la pomme comme elle tombe bien,..» non ça c'est Cyrano de Bergerac, désolé...Donc, je disais, la Terre me dit : « Regarde la pomme suspendue à l'arbre, si je n'étais pas là elle ne tomberait jamais ».



Ah oui ! C'est vrai, je n'y avais pas pensé, ça me rappelle le film « Gravity » que j'ai vu récemment avec l'incontournable Mr « What else ? ». Si je pouvais embarquer le pommier de Newton avec une navette pour l'amener en apesanteur, la vraie celle-là, pas celle de l'avion qui joue à faire la parabole avec un équipage flottant à l'intérieur (on s'en occupera plus loin de celui -là), jamais la pomme ne tomberait.

Donc si la pomme tombe, c'est qu'une force l'y contraint, comme lorsque Dédé me pousse sur des patins à glace. Mais s'il y a force, c'est qu'il y a un Dédé qui l'exerce et là vu que cette force fait même tomber des météorites, ça doit être un gros Dédé. Bon sang, mais c'est bien sûr, c'est la Terre !

Alors me vient immédiatement à l'esprit la question de la mesure de cette force et la manière de s'y prendre.

Pour connaître la force avec laquelle Dédé me pousse, je pourrais m'accrocher à une rambarde de la patinoire avec un ressort. Dédé pousserait ou tirerait alors jusqu'à la limite de ses possibilités et moi je serais bloqué, dans une position pas très confortable certes, entre Dédé qui pousse (ou tire si c'est plus pratique pour lui) d'un côté, et le ressort tendu qui me retient de l'autre.

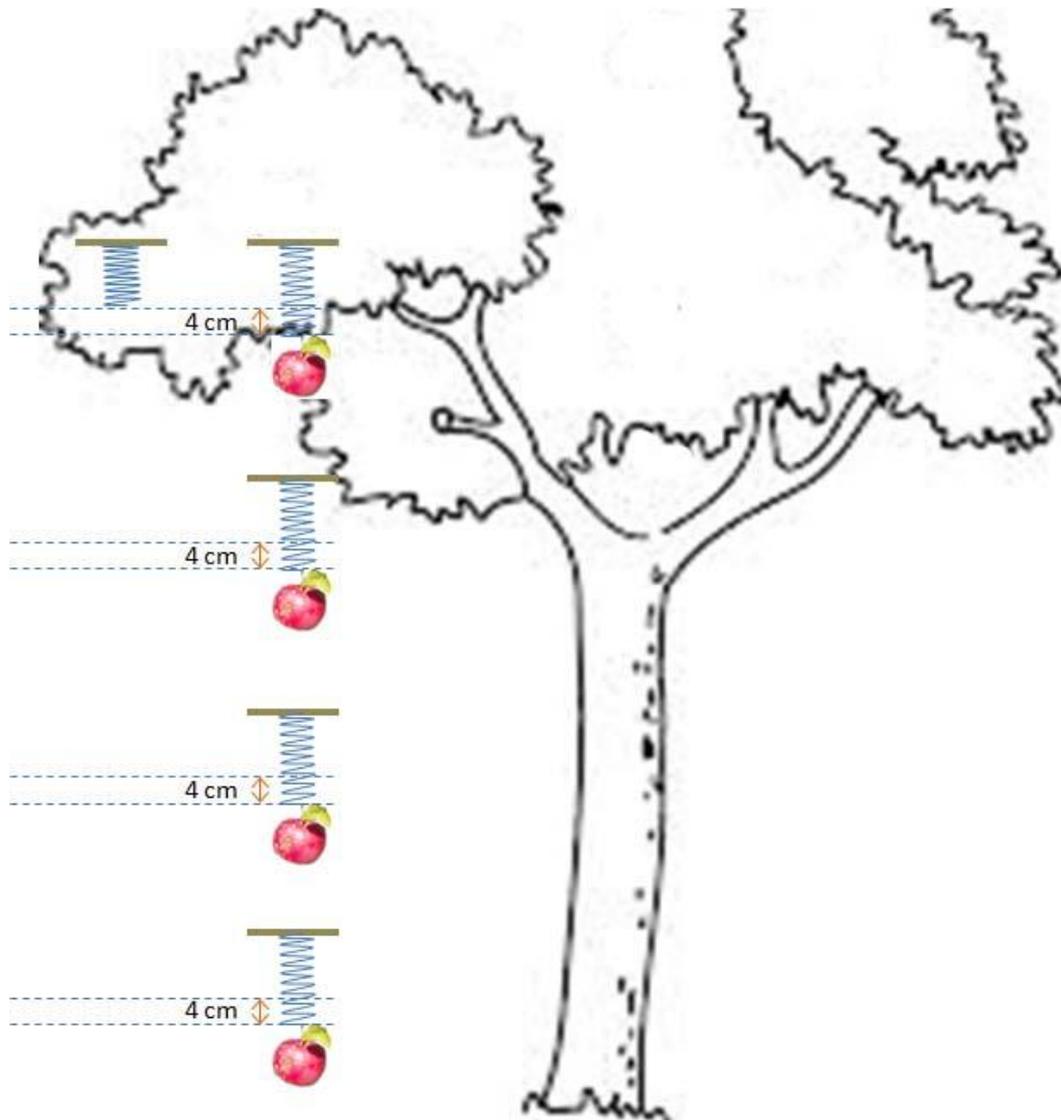
« Illuminatia ». Je vais pouvoir mesurer la force que Dédé exerce sur moi en mesurant l'allongement du ressort (étalonné en Stevie par exemple) car je ne bouge pas. C'est un des ingrédients de la première loi de Newton :

Si un système (moi en l'occurrence) est au repos (je ne bouge pas), les forces qui s'exercent sur lui (celle produite par le ressort et celle produite par Dédé) se compensent.

Cherchons donc à mesurer (toujours en Stevie) la force exercée sur une pomme (mais pas celle de la discorde) et puis prenons une pomme de 10 kg histoire que notre ressort utilisé précédemment s'allonge de manière mesurable (Ca fait déjà de la bonne pomme dirait l'égyptien Otis d'un film à succès).

Eh bien croyez-moi si vous voulez, que vous suspendiez votre pomme au ressort au niveau du sol, en haut d'un arbre, au fond de votre cave, dix mètres sous Terre ou bien en haut de l'Everest, encore que pour ce dernier cas, il va falloir la monter la pomme de dix kilos, et le sherpa va pas aimer car il ne pourra même pas la manger, vous me suivez toujours , car la phrase est longue et je crains que nombre d'entre vous soient déjà largués, ils se disent qu'ils auraient mieux fait de naître chez les anglais, amateurs de phrases courtes et je leur réponds, lisez donc Proust, vous me trouverez laconique (en un seul mot, car la conique, vous me la trouverez aussi mais un peu plus tard dans un magazine de géométrie).

Donc je disais pour faire court, à quelque hauteur que vous puissiez le mesurer, l'allongement de votre ressort vous semblerait le même, à moins que vous ne vous soyez fait greffer des yeux électroniques à résolution micrométrique voire nanométrique mais je ne crois pas que la technologie soit encore sur le marché.



Vous concluriez donc :

La Terre exerce une force qui ne dépend pas de l'altitude, seulement de la masse.

Cette force, de mesure 1 en prenant le Stevie comme unité pour une pomme de 10 kg, est bien sûr ce que vous appelez communément le poids de la pomme et que vous confondez toujours avec la masse, mais rassurez vous, c'est comme le pipi au lit, bientôt ça ne vous arrivera plus.

Pour peu que vous ayez voyagé un peu, vous auriez pu constater en revanche, même sans yeux électroniques, de faibles variations selon la latitude. La force serait plus forte à l'équateur et plus faible au pôle mais nous y reviendrons plus tard.

Je vois déjà des grincheux qui marmonnent, gna gna gna gna, jeunes loups fraîchement promus au rang de soi-disant éduqués en sciences ou professeurs fatigués d'enseigner les mêmes inepties depuis si longtemps. « Mais on nous a enseigné que le poids variait selon l'altitude ».

Ben oui, mais la dernière fois que je suis monté dans un ballon sonde pour voir si le ciel était plus bleu là-haut, en fait non, j'ai mesuré, à 32 km de haut (Je précise que je ne m'appelle pas Félix), une variation de l'allongement de mon ressort de 1%, mais j'ai du, pour pouvoir la lire, prendre un ressort plus souple qui m'a donné un allongement de 10 cm au niveau du sol pour ma pomme de 10 kg et de 9,9 cm là-haut. La mesure de la force est donc passée de 1 Stevie à 0,99 Stevie.



Je ne vous dis pas la galère, un, de charger la pomme de 10 kg et la suspendre au ressort dans la nacelle et deux, de lire l'allongement à la précision du millimètre. Heureusement que j'avais emmené mes petites lunettes rondes d'intello, une loupe, et un gros chandail tricoté en son temps par feu ma maman, car Brr... que ça caille là-haut !

Après je me trouvai bien embêté car comme je n'avais pas, comme Félix, une âme d'homme fusée faisant sa rentrée dans l'atmosphère, même si j'y étais déjà, je tentai de dégonfler le ballon d'Hélium et crut plus d'une fois ma dernière heure venue.

Heureusement qu'un évènement de faible probabilité estimé à une chance sur un million vint me sauver la mise, car je tombai dans une fosse à purin.



Je sortis un peu crotté de l'expérience mais la substance visqueuse avait suffisamment amorti ma chute dont vous évaluerez la vitesse finale un peu plus tard avec la formule : $v = \sqrt{2 g h}$, mais pour l'instant, on s'en fout, à partir du moment où mon ballon malencontreusement totalement dégonflé à une hauteur de 50 m, je finis par accomplir ce qu'on appelle en Sciences, un mouvement de chute libre, avec des frottements pas vraiment suffisants pour m'éviter un péril certain.

Je me dis alors « merde », fis ma prière et cette dernière dut être entendue, d'autant plus facilement que j'étais déjà un peu au ciel, car la merde fut en bas au rendez-vous. Pour la première fois de ma vie donc, j'étais dans la merde et ça m'avait sauvé.

Bon j'en vois qui ont marché et qui ont cru que j'y étais vraiment allé. Vous pensez que j'aurais tenu longtemps avec mon chandail tricoté à -45°C , c'est à peu près la température qui règne là-haut.

D'autre part, je ne crois pas que les ballons sondes aient vocation à prendre des passagers mais seulement des instruments de mesure et si c'était le cas, il leur faudrait une combinaison analogue à celle des spationautes et qui devrait ressembler à ça (voir le record de 39 Km d'altitude de Félix Baumgartner le 14/10/2012 et 53 Km pour un ballon inhabité) :



Quoi qu'il en soit, les données de l'expérience imaginées sont bonnes et vous retiendrez ainsi :

Pour que le poids d'un objet (mesuré par l'allongement d'un ressort) baisse de 1%, il faut s'élever à 32 Kms d'altitude.

Je rassure donc tout de suite les grincheux, ne brûlez pas vos manuels, encore que je préférerais que ce soit eux que moi, je ne supporte pas bien les grosses chaleurs. Oui, le poids varie avec l'altitude sinon comment ferait le beau Clooney pour faire le clown avec sa ligne de vie dans Gravity comme s'il flottait dans l'espace.

« Hé Msieur, Hé Msieur » j'en vois un au fond de la salle qui s'agite alors je lui demande ce qui le tourmente, une furieuse envie naturelle irrépressible ou bien une de ces questions qui font avancer le genre humain d'un bond. « J'ai vu une émission à la télé, y parlaient de gés, y disaient que quand on chute, on prend un gé, et que les pilotes d'avions ou les spationautes y pouvaient en prendre des dizaines » Et bah, cultivé mon gars ! ça change de l'élève lambda qui préfère prendre des décibels dans ses oreilles que des gés dans l'évolution de son intelligence.

Alors remettons tout de suite les choses au point. D'abord Gé, plutôt Gê selon l'ami wiki est le nom d'une divinité associée à la Terre mais c'est un cours de Sciences ici, pas d'histoire, ensuite g et non gé est la lettre communément employée pour désigner l'accélération due à la pesanteur (donc au poids), nous y reviendrons, ne soyez pas trop pressé.

Tout ce que je peux vous dire, c'est qu'on prend une cuite, on prend un amant mais c'est plus risqué que l'option précédente, on prend la mouche, encore que je n'ai vu qu'une personne le faire dans ma vie, c'est Maître Miyagi dans le film Karaté Kid , l'ancienne version, et avec une paire de baguette et peut être le père de Mimisiku (prononcez mi mi si cul) dans le film « Un indien dans la ville » et avec une sarbacane, mais je ne suis pas vraiment sûr que ce soit réel, donc je disais, on peut prendre beaucoup de choses dans la vie, y compris sa copine, c'est même conseillé, mais s'il y a une chose qu'on ne prend pas c'est des « g ».

Car ce sont les lois de la Mécanique qui décident et quand on tombe, on est bien en peine de prendre quoi que ce soit, à part son mal en patience ou des dispositions pour son héritage mais on ne dispose généralement pas de beaucoup de temps pour coucher tout cela sur un papier. A la rigueur pourrait-on avoir des « g » comme on a des hémorroïdes. Après on s'étonne que la Science soit si difficilement compréhensible du grand public.

D'autant que la confusion ne fait que grandir lorsqu'on prétend prendre zéro « g » dans l'atmosphère terrestre en ayant en plus le toupet de l'écrire en gros sur un avion. Voyez vous-mêmes :



Parce que le bonhomme qui effectue, vu de la Terre, sa parabole, comme l'avion autour de lui, n'est pas soumis à l'accélération de la pesanteur due à la force d'attraction de la Terre, le fameux « g » peut être ????? Newton s'en retourne dans sa tombe ! Lisez l'étude complète sur le sujet à la fin de ce magazine pour comprendre, ce sera l'occasion de faire connaissance avec les **référentiels Galiléens** !

En revanche, il est vrai que l'homme et le verre de whisky qu'il pourrait tenir dans la main, vont vivre dans cet avion, où le pilote cherche à coller avec la trajectoire du lancer d'un objet quelconque dans le vide, des aventures et des effets comparables à ceux de la véritable apesanteur. En ce sens et moyennant de prendre l'avion comme référentiel, on peut considérer que l'homme qui flotte en l'air dans l'avion est soumis à zéro-G. Autrement dit, ce n'est pas évident à comprendre vu le caractère laconique de la publicité.

CHAPITRE III

La chute des corps dans le vide

Revenons maintenant à nos moutons, ce qui est une formule un peu cocasse, puisque nous sommes à la recherche d'un étalon. Puisque la Terre exerce une force quasi constante dans le domaine qui nous est accessible sans véhicules spatiaux de haute technologie, donc bien jusqu'à 32 Kms d'altitude, voyons comment elle opère lorsqu'elle agit seule sur une masse.

Le problème est de taille car elle n'est jamais seule. Vous avez peut être fait du delta plane et constaté que vous ne tombiez pas comme une pierre. De même pour les feuilles qui tombent d'un arbre, voyez

« Comme elles tombent bien !

Dans ce trajet ci court de la branche à la Terre,
Comme elles savent mettre une beauté dernière,
Et malgré leur terreur de pourrir sur le sol,
Veulent que cette chute ait la grâce d'un vol ! »



Ce n'est pas moi qui le dis, c'est un grand philosophe, rimeur, bretteur, musicien, physicien, le grand Hercule Savinien Cyrano de Bergerac qui fut tout et qui ne fut rien, ce qui est l'apanage des grands hommes. Mais

cessons là cette divergence et constatons que s'il n'y avait que le poids de la feuille, elle tomberait comme une grosse merde, et ... fini la poésie.

Il y a donc forcément, et l'adverbe est bien choisi, quelque chose d'invisible qui la retient et nombreuses sont les personnes qui en ont déjà fait l'expérience, car brasser de l'air est un exercice à la mode aujourd'hui.

Pour les plus téméraires d'entre vous, vous pourrez glisser une main à travers la vitre de votre voiture lancée à cent kilomètres par heure. Attention, pas trop loin la main, si vous voulez la conserver.

Mais préférez la main à un plateau, car une personne qui m'est proche et dont je tairais le nom par respect, a fait l'expérience bien malgré elle avec un plateau, dont elle voulait évacuer les miettes au dehors en sortant le plateau par la fenêtre. Il en résulta un vol remarquable de ce dernier qui finit grâce à Dieu dans le décor, à défaut du visage d'un infortuné motard qui aurait hésité à me doubler. Hélas, les expériences peuvent parfois mal tourner, ce qui est le prix à payer pour une certaine connaissance.

Aussi je fais ces magazines pour vous éviter de payer trop cher de fâcheuses expériences car la connaissance est un bon bouclier, mais aussi je dois vous l'avouer, pour gagner un peu d'oseille car dans la soupe ça donne un meilleur goût.

Je disais donc, dans les expériences il y a parfois de l'urgo dans l'air, comme dans une ancienne pub pour des pansements, mais il y a surtout de l'air, et déplacer de l'air n'est pas que la caractéristique des hommes politiques, c'est ce que fait n'importe quel objet qui se respecte un tant soit peu, mais surtout qui chute.

C'est ainsi que la feuille de Cyrano peut acquérir cette ineffable grâce dans sa chute, en poussant l'air. Ce faisant, cette action la freine, comme lorsque vous courez dans la piscine après votre connard de copain qui vous a abaissé le maillot par surprise et que l'eau s'y oppose. On dit que la feuille subit une **force de frottement aérodynamique**.

Mince alors, ça ne va pas être facile de laisser chuter un objet sous l'action unique de son poids. Alors là vous me décevez les petits et les petites, moi je commençais à miser sur vous, votre sagacité, votre esprit

d'aventure comme vos lointains ancêtres poilus. Si on veut que seul le poids agisse il faut donc enlever l'air, alors soufflons, plus fort, encore plus fort !

Mince ! L'air revient toujours, pas moyen de l'enlever. Pourtant, me dit l'un d'entre vous, avec l'aspirateur de maman, j'arrive à l'aspirer l'air, on doit donc bien pouvoir l'enlever. Pas bête ! En aspirant avec une pompe, sorte d'aspirateur appelée **pompe à vide** (image ci-dessous), l'air contenu dans un tube de verre, on peut l'enlever ou tout du moins une bonne partie. Ca s'appelle faire un **vide poussé**.



Si au préalable, on y a mis une bille d'acier et une feuille d'un arbre, on peut, une fois le tube fermé et étanche, le retourner et voir qui arrive en bas en premier. Je vous le donne en mille. Allez, qui mise 100 euros sur la bille, qui sur la feuille ?

Vous me direz probablement, c'est la bille, sauf Grincheux qui a trois longueurs d'avance. Et bien non, les deux arrivent en même temps. Si vous ne me croyez pas, allez au Palais de la Découverte à Paris, vous pourrez faire cette expérience. Mince, ça étonne, même Dédé n'en revient pas et Stevie s'en refait la mèche.

Tube à vide



Bon alors, c'est quoi le truc ! Ben, y en a pas, faut demander là-haut au service de la Grande Ingénierie Cosmique. Attention, il se peut que vous n'ayez pas de réponse avant un certain temps, car ils ont un énorme bug dans la Création qu'ils n'arrivent pas à corriger depuis le Big Bang, au niveau du module intelligence, à la section création humaine.

Moi je pose des questions depuis longtemps et j'attends toujours les réponses, alors j'ai l'impression qu'il va falloir se démerder tout seul sur ce coup là comme d'habitude.

Bon, alors réfléchissons, car ça au moins ça fonctionne, j'ai testé. Si Dédé va à la piscine et monte au plongeur de trois mètres, en supposant que la planche du plongeur soit suffisamment solide pour supporter ses 100 kg et qu'il soit suffisamment dingue pour sauter dans l'eau, on devrait mesurer un temps de chute de l'ordre de 0,8 s (en prenant la base de son orteil comme point de référence et en supposant qu'il chute droit ce qui n'est pas gagné compte tenu de sa bedaine ayant tendance à le faire pivoter, mais comment résister à la bière !).

Oui je vous avoue, j'ai triché, j'ai appliqué la formule sur laquelle on reviendra plus tard, car tout le monde s'en fout, sauf les élèves de terminale les plus méritants des sections S :

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \quad \text{avec } h = 3 \text{ et } g = 9,81$$

Si maintenant Stevie veut imiter Dédé, avec son maillot de bains bariolé à la dernière mode, mais la marque du maillot n'influence pas la chute, on mesurerait le même temps.

En revanche, les conséquences dans la piscine seraient totalement différentes, énorme vague juste après le plouf de Dédé et léger frissonnement de la surface de l'eau après la rentrée de Stevie dans le milieu aquatique.

Non, j'exagère, mais vous aviez deviné, car vous devenez intelligents et vous n'avez plus les couleuvres. Chouette, on va donc pouvoir enfin faire un monde meilleur.

Maintenant, sur ma demande insistante, Dédé et Stevie daignent monter à nouveau sur le plongeur, mais cette fois ci, échaudés par leur première expérience, hésitent à avancer leurs petons mouillés sur le funeste plongeur. La Science requiert cependant un grand sens de l'abnégation et des sacrifices.

Je sacrifiai donc une partie de mon porte-monnaie pour offrir à Dédé une caisse de bières, mais pas de la fine, il ne ferait pas la différence, mais de la grosse qu'on rote. Quant à Stevie je lui achetai un maillot Thierry Maglaire dernière tendance et je pus obtenir de mes deux assistants de travaux pratiques, de s'aventurer sur le ponton.

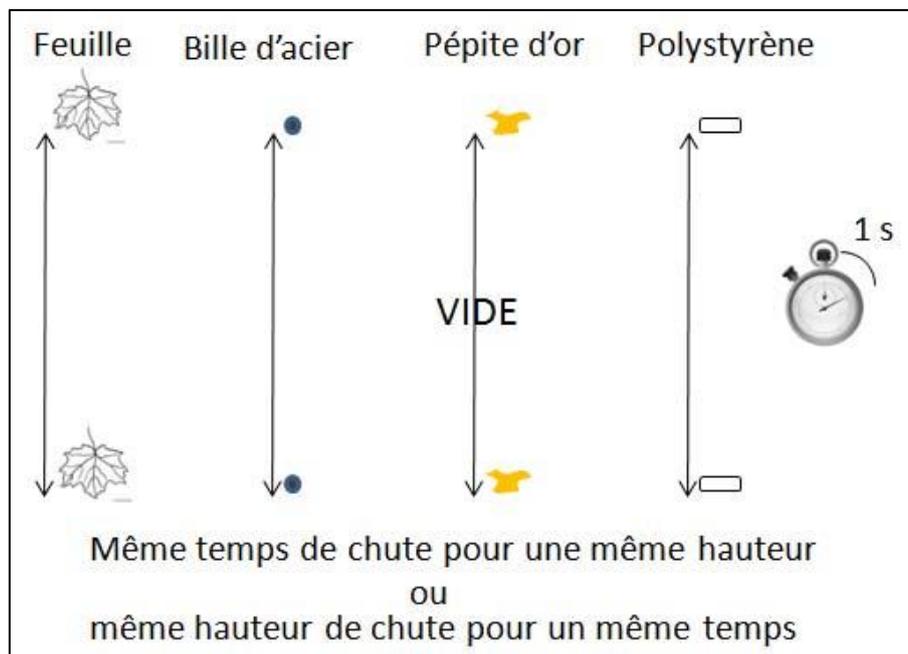
Je leur demandai alors de s'enlacer comme de jeunes mariés, le baiser sur la bouche en moins, et de sauter comme cela. Ils finirent par s'exécuter non sans grognements, et je mesurai encore une fois 0,8 s, soit le même temps de chute que séparément.

« Illuminatia » Voilà pourquoi tous les corps chutaient de la même manière, indépendamment de leur forme, leur masse et leur volume, contrairement aux idées reçues, à condition que l'expérience se fasse dans le vide.

Dédé et Stevie, pendant leur court temps de chute, n'avaient pas le temps de subir une action notable de la force de frottement de l'air. Ils chutaient donc quasiment comme dans le vide. Heureusement d'ailleurs qu'ils n'y étaient pas, sinon il leur aurait fallu un scaphandre pour ne pas exploser comme le malheureux spationaute du film « Gravity ».

Ainsi, quand un corps chute dans le vide, on peut le voir comme un assemblage de petits grains de matière collés les uns aux autres, on peut aller jusqu'aux atomes si on veut.

Chaque grain chute de la même manière et le fait que les grains soient liés entre eux par des forces, comme Dédé et Stevie se tenant fermement mais pas amoureusement, faut pas exagérer quand même !, ne change rien au mouvement.



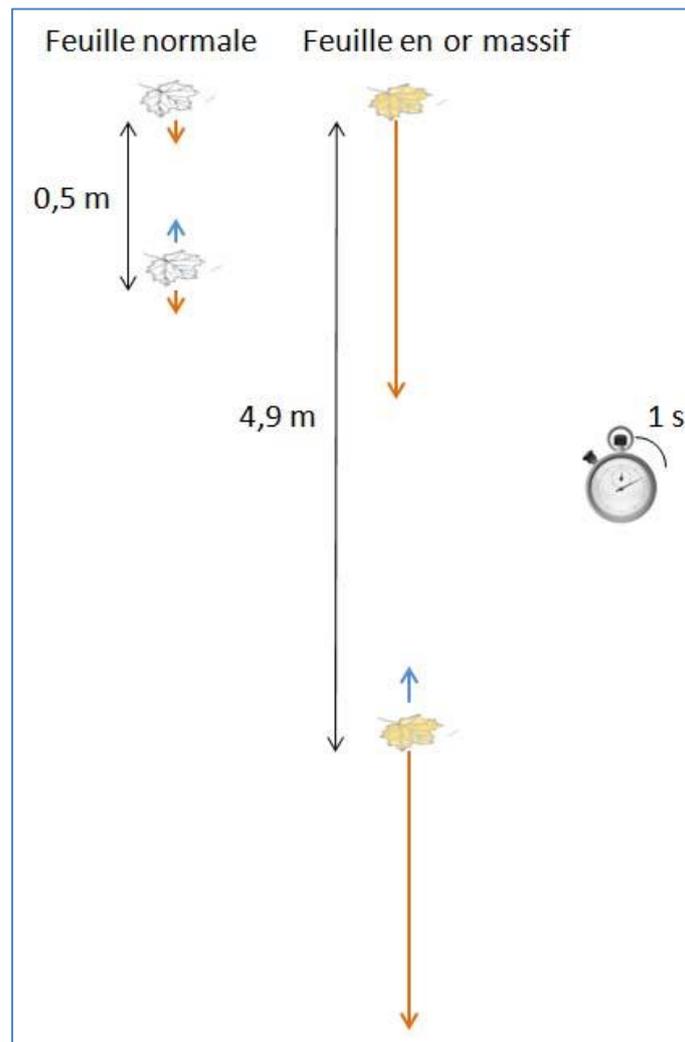
Ah, bah ça alors, une simple expérience de pensée et la lumière jaillit. Eh oui ! Bienvenue dans le monde de la Science, refermez vos manuels scolaires poussiéreux, attachez vos ceintures et en route pour la connaissance.

Nous avons donc fait un grand pas vers l'étalon de nos rêves, arrêtez de rêver, Mesdames, il s'agit d'une unité, pas d'un bipède gominé !

En effet, nous avons vu que la Terre exerce une force constante appelée poids sur un corps et que celui-ci chute dans le vide d'une manière prévisible qui ne dépend ni de sa forme, ni de sa masse, ni de son volume, ni du prix que vous l'avez payé d'ailleurs, ce qui prouve que la Nature n'avait

pas prévu a priori l'existence de classes sociales, d'où le bug mentionné précédemment.

Comme cela est contraire à votre expérience quotidienne de la chute des corps, voilà une expérience qui devrait vous expliquer pourquoi une feuille d'arbre en or massif chute bien plus rapidement que la même feuille normale.



Mettons que la feuille normale ait chuté de 0,5 m au bout d'1s pendant que la feuille en or chute dans le même temps d'environ 4,9 m, vous verrez pourquoi juste après.

La différence tient au fait qu'elles n'ont pas le même poids et que l'air exerce une force de résistance verticale dirigée vers le haut et donc opposée au poids. Or cette force ne dépend que de la forme de la feuille et de sa vitesse. Faites un plat en plongeant dans la piscine du bord puis du

plongeoir de 1 m pour vérifier (Non, je blague, c'est dangereux ! mais certains d'entre vous ont du expérimenté malgré eux).

Pour une même vitesse, les deux feuilles de même forme subissent donc la même force de résistance de l'air, à supposer qu'elles descendent bien à plat. Alors que cette dernière compense rapidement le poids de la feuille normale, c'est-à-dire après une faible hauteur de chute, elle est encore très négligeable devant le poids de la feuille d'or qui de ce fait se croît en chute libre, c'est-à-dire comme dans le vide.

Mais mettez les deux feuilles dans un tube à vide et vous verrez qu'elles chutent de la même façon. Encore une affaire élucidée. Dédé, tu peux aller te reprendre une mousse.

Voyons à présent comment un objet attiré par la Terre chute, au moins sur les premières secondes. Comme il n'est pas pratique de faire cette expérience dans le vide, et encore moins avec Dédé, car ça finirait par me coûter cher en bières, je la ferai avec une bille d'acier mais tout objet suffisamment dense ferait aussi bien l'affaire, donc pas une feuille d'arbre, ni un bout de papier. Les frottements de l'air ne feront alors que chatouiller ma bille.

Si donc je lâche cette bille d'une certaine hauteur, combien de temps va-t-elle mettre à tomber ? Voyons le problème à l'envers. Si je me donne une durée, de quelle hauteur va chuter ma bille sur cette durée ?

Commençons par une durée de 1 s. Qui lève le doigt ? Et bah, c'est l'heure de la sieste, faut que je vous envoie Dédé pour vous réveiller ? Ah enfin ! 30 cm me dit l'un, 50 l'autre, 1 m, qui dit mieux ou moins ? Et bah, y a du boulot, mon cousin, pour former le sens physique.

Alors essayez. Prenez un objet comme je vous ai dit, une pièce par exemple, et lâchez là de un mètre tout en appuyant sur le chrono de votre portable et voyez s'il s'est passé plus ou moins d'1 s.

Regardez bien ! C'est là que se forme votre sens physique, c'est le moment le plus important pour vous, les formules à la C... dans les manuels, vous n'en ferez jamais rien, ou de mauvaises choses (Tchernobyl, Fukushima, vache folle,...) mais ça, ça vous émerveillera toute votre vie, ce

sont les lois de votre monde, elles vous appartiennent et pas à une multinationale.

Il s'est donc passé moins d'une seconde. Alors je n'ai pas besoin de vous dire de recommencer, vous avez déjà saisi votre pièce et êtes déjà monté sur une chaise, non pas toi Dédé, pitié ! Tu pourras le faire au chapitre Résistance des matériaux pour étudier la contrainte de rupture de la chaise.

Stevie lâche donc la pièce de deux mètres de haut et constate que là encore on est loin du compte. Il file à la fenêtre du premier étage, se penchant dangereusement dans le vide pour lâcher sa pièce à trois mètres de haut.

Heureusement que Dédé le tient à son jean à 350 euros TTC non dégriffé mais plein de griffes étudiées. Là encore, moins d'une seconde. Décidément il faut se risquer au deuxième étage, soit 4, 40 m du perron de la porte du bas au parquet du deuxième, et 5 m en jetant la pièce à hauteur de la rambarde de protection. Là ça semble parfait.

Tiens donc, alors je tiens une vérité :

Tout corps chute dans le vide de telle sorte qu'au bout d'une seconde il ait parcouru environ 5 m (Expérience faite à la surface de la Terre).

Une expérience plus poussée (chronophotographie par exemple ou capteurs électroniques) donnerait plus précisément 4,905 m.

On progresse ! De la même façon, on obtiendrait pour une durée de 2 s, environ 20 m, pour 3 s, environ 45 m, pour 0,5 s, environ 1,25 m. On remarquerait au premier coup d'œil que lorsque la durée est multipliée par 2 la hauteur l'est par 4, lorsqu'elle l'est par 3 la hauteur l'est par 9, ce qui suggère une proportionnalité de la hauteur avec le carré de la durée, à ne pas confondre avec le carré de Ladurée qui est une sorte de macaron carré comme son nom l'indique mais il faut une certaine hauteur (sociale) pour pouvoir en manger (régulièrement cela s'entend).

Je vois vingt regards avec des yeux de merlans frits. Euh ! La jeunesse, faudrait sortir de temps en temps ailleurs que dans les émissions de télé-réalité, où s'échangent tout au plus vingt mots de vocabulaire et je

suis généreux. Et puis les macarons, tout le monde sait que c'est rond. Bon sang que ça m'énerve, Helmut, tous ces gens qui gobent n'importe quoi !

Voyons cela d'un peu plus près en consignait les résultats dans un tableau :

| | | | | | |
|----------------------------|---|------|---|----|----|
| Durée t (s) | 0 | 0,5 | 1 | 2 | 3 |
| t^2 (s ²) | 0 | 0,25 | 1 | 4 | 9 |
| Hauteur h (m) | 0 | 1,25 | 5 | 20 | 45 |

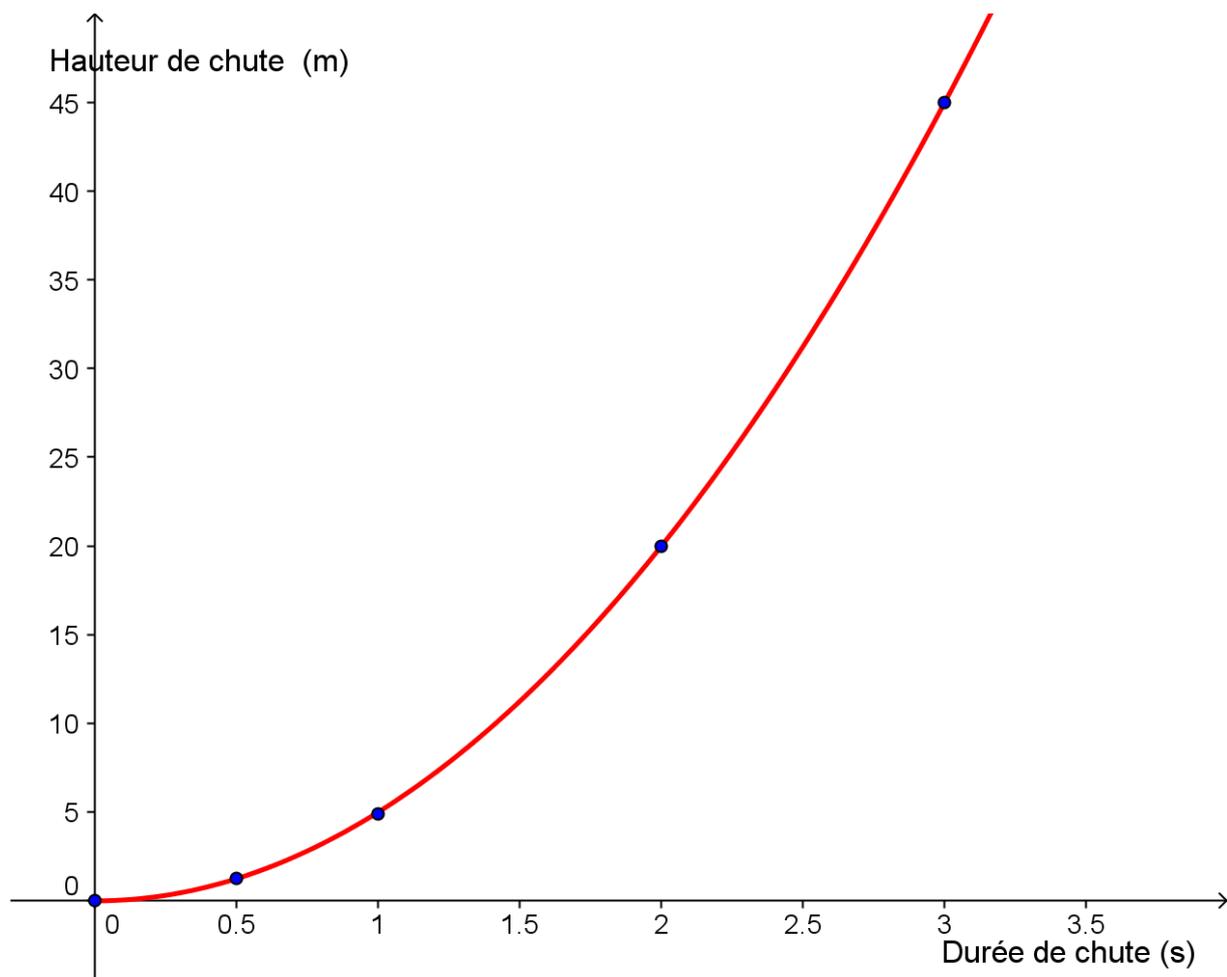
Point n'est besoin de faire un graphique pour se rendre compte que la hauteur de chute h est liée à la durée de chute t par la loi, dite **loi de la chute libre** :

$$h = 5 t^2$$

Et avec des mesures plus précises :

| |
|-----------------|
| $h = 4,905 t^2$ |
|-----------------|

Mais vous aurez le graphique quand même, parce que la courbe est jolie et porte un nom à faire parler d'elle : la **parabole**. « Comme celle que mes parents ont sur le toit ? » Oui Nanard, en quelque sorte, mais on y reviendra après. C'est toujours comme ça avec les apprenants, une fois qu'on les a allumés, plus moyen de les éteindre !

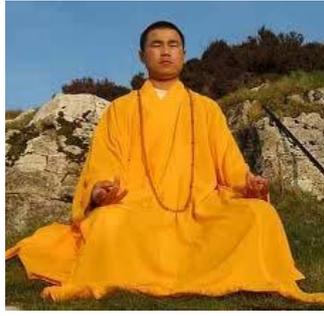


Le moins qu'on puisse dire c'est que la hauteur de chute n'est pas fonction linéaire de la durée de chute. Les points ne s'alignent pas avec l'origine du repère.

« Alors cet étalon, ça vient ? » Jeunes oiseaux impatients et encore tout duveteux, vous croyez que le monde s'est fait en un jour et que parce que vous envoyez des sms à l'autre bout du monde à la vitesse de la lumière (ou quasiment, enfin si la ligne n'est pas trop bouchonnée) vous croyez tout apprendre en quelques clics.

Misère de l'accélération technologique, qui veut produire des poulets en un mois à coup de batteries et d'hormones et enseigner à peu près de la même façon. « Mais Numérobis, il faut du temps, pour que d'une petite graine... », revoir le célèbre film à succès sus mentionné.

Alors voulez-vous devenir comme ces poulets fades et toxiques, ou comme ces karaté kids d'opérette frimant dans une cour d'école ou bien devenir de vrais moines de Shaolin de la connaissance scientifique.



Attention, le chemin qui mène au côté lumineux de la force est long et semé d'embûche, mais vous pouvez compter sur Maître Gryda pour vous y conduire.

Donc je disais, l'étalon n'est pas loin, je l'entends hennir.



Sauf qu'on a rien trouvé de constant dans le mouvement de chute alors que la force qui le produit l'est. C'est qu'on ne l'a peut être pas regardé d'assez près. « Grat, grat, grat » Bon, je suis quitte pour aller me laver les cheveux.

C'est en prenant ma douche que vint à nouveau la lumière. Au temps d'Archimède, j'aurais pris un bain car on n'avait pas encore le souci de l'écologie, enfin pour tout avouer, je n'en sais rien, et j'aurais eu le bonheur de découvrir la poussée d'Archimède en voyant un bout de bois remonter à la surface. On l'aurait alors appelée poussée de Gry.

Mais l'histoire en a décidé autrement et m'a relégué au rang des sombres anonymes, ce qui somme toute, n'est pas pour me déplaire, vu le nombre de gens idiots qui peuplent le monde des gens connus.

Donc « Illuminatia » à nouveau. Quand un objet tombe, il descend, ça c'est une lapalissade ! Mais plus il descend, plus ça fait mal si il rencontre mon doigt ou le pied de Dédé, et là, ça fait encore plus mal pour moi après.

Or j'ai déjà fait cette expérience de rencontre douloureuse en courant et en me retournant malencontreusement pour voir si Dédé me suivait, mais il semblait avoir du mal à faire du jogging à sa bedaine. L'arbre qui arrêta ma course me fit prendre connaissance de manière abrupte, de la notion de vitesse.

Car il m'arrivait fréquemment, à la vue d'une jolie demoiselle, de me prendre un poteau en marchant et cela m'avait valu très jeune le qualificatif de « nez au vent » (Ajoutons que j'avais également celui de « cent mille volt » ce qui me prédisposait à l'étude des phénomènes électriques).

J'en étais alors quitte pour un léger bleu qui disparaîtrait en quelques jours alors que là, après ma rencontre sylvestre, j'avais une énorme bosse, la bosse du métier, et du métier qui rentre, car j'expérimentais sans savoir la notion d'**énergie cinétique**, mais nous y reviendrons plus tard.

Donc la vitesse semblait une chose importante, car si je m'étais à nouveau retourné à temps, j'aurais freiné et évité le choc fatal, du moins je l'aurais amoindri. Dans le cas de la chute d'un corps, il m'était donc clair que cette vitesse devait changer au cours du temps et plus précisément augmenter, car une bille d'acier lâchée sur mon pied d'une hauteur de 2 m faisait bien plus mal que lâchée d'une hauteur de 0,5 m.

Il me fallait donc à tout prix évaluer cette **vitesse instantanée** de ma bille tombant en chute libre. Mais comment faire ?

Je savais bien que la vitesse moyenne v pour une hauteur h de parcours en mètres pendant une durée t en seconde est donnée par la formule (voir annexe en fin de magazine pour ceux qui ne sauraient pas comme moi) :

$$v = \frac{\text{distance}}{\text{temps}} = \frac{h}{t}$$

Mais ça me faisait une belle jambe, à moindre frais, les soins esthétiques n'étant pas donnés, car je voulais une vitesse instantanée, à un instant t précis du chronomètre mis à 0 en début de chute.

« Grat, grat, grat » mince, un bouton ! Faut pas gratter, sinon ça va saigner ! « Illuminatia ». Il me suffirait de considérer la hauteur de chute

entre mon instant t considéré et un instant t plus une broutille qu'on va noter Δt , parce que les physiciens aiment bien, parce que les grecs étaient calés en sciences et que Δ c'est la lettre d majuscule en grec et c'est aussi la première lettre de différence, ça vous suffit comme raisons ?

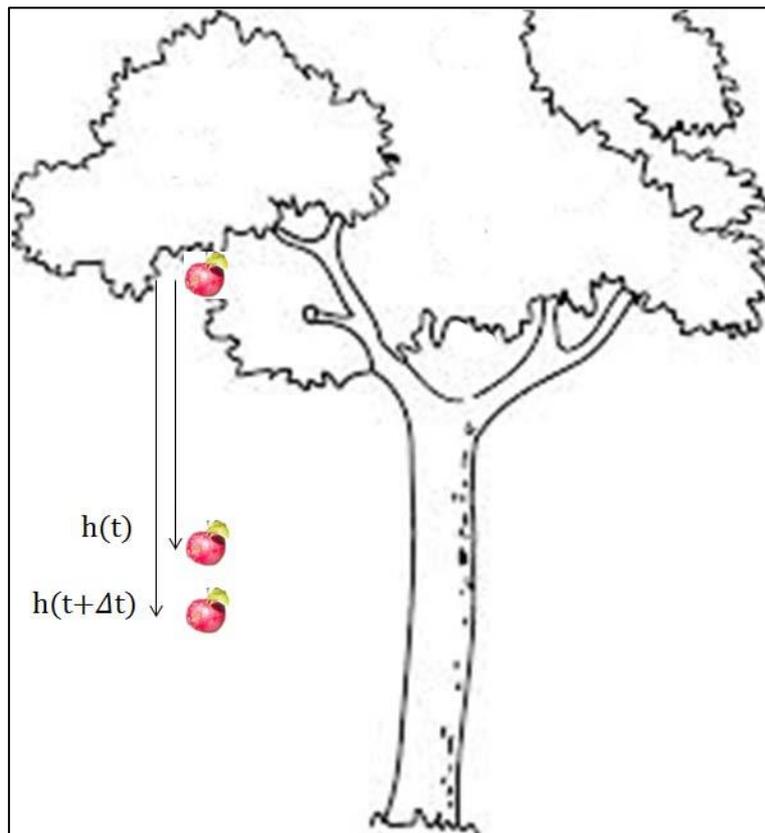
Donc Δt , ça veut dire, différence de t , autrement dit, entre mon instant t considéré et un instant ultérieur $t + \Delta t$. Vous m'avez compris j'espère ! Même Dédé a tilté, et à jeun en plus, et Stevie est en train de secouer sa tête comme un chien mouillé d'un air moqueur.

Résumons : à l'instant t , la hauteur de chute est :

$$h(t) = 4,905 t^2$$

A l'instant $(t + \Delta t)$ la hauteur de chute est :

$$h(t + \Delta t) = 4,905 (t + \Delta t)^2$$



Entre les deux instants, la bille a chuté de la différence :

$$\begin{aligned} h(t + \Delta t) - h(t) &= 4,905 (t + \Delta t)^2 - 4,905 t^2 \\ &= 4,905 (t^2 + 2 t \Delta t + \Delta t^2) - 4,905 t^2 \end{aligned}$$

$$= 9,81 t \Delta t + 4,905 \Delta t^2$$

Soit au final, en factorisant Δt , pour ceux qui peuvent :

$$h(t + \Delta t) - h(t) = \Delta t (9,81 t + 4,905 \Delta t)$$

Mince, y a Dédé qui se frotte les yeux, décidément l'algèbre, c'est pas son truc, il préfère la bière. Mais Stevie a suivi, il en bâille comme une carpe

Donc si je divise cette hauteur parcourue pendant la durée Δt par cette même durée, j'obtiens la vitesse moyenne entre les instants t et $(t+\Delta t)$:

$$V_{moy} = 9,81 t + 4,905 \Delta t$$

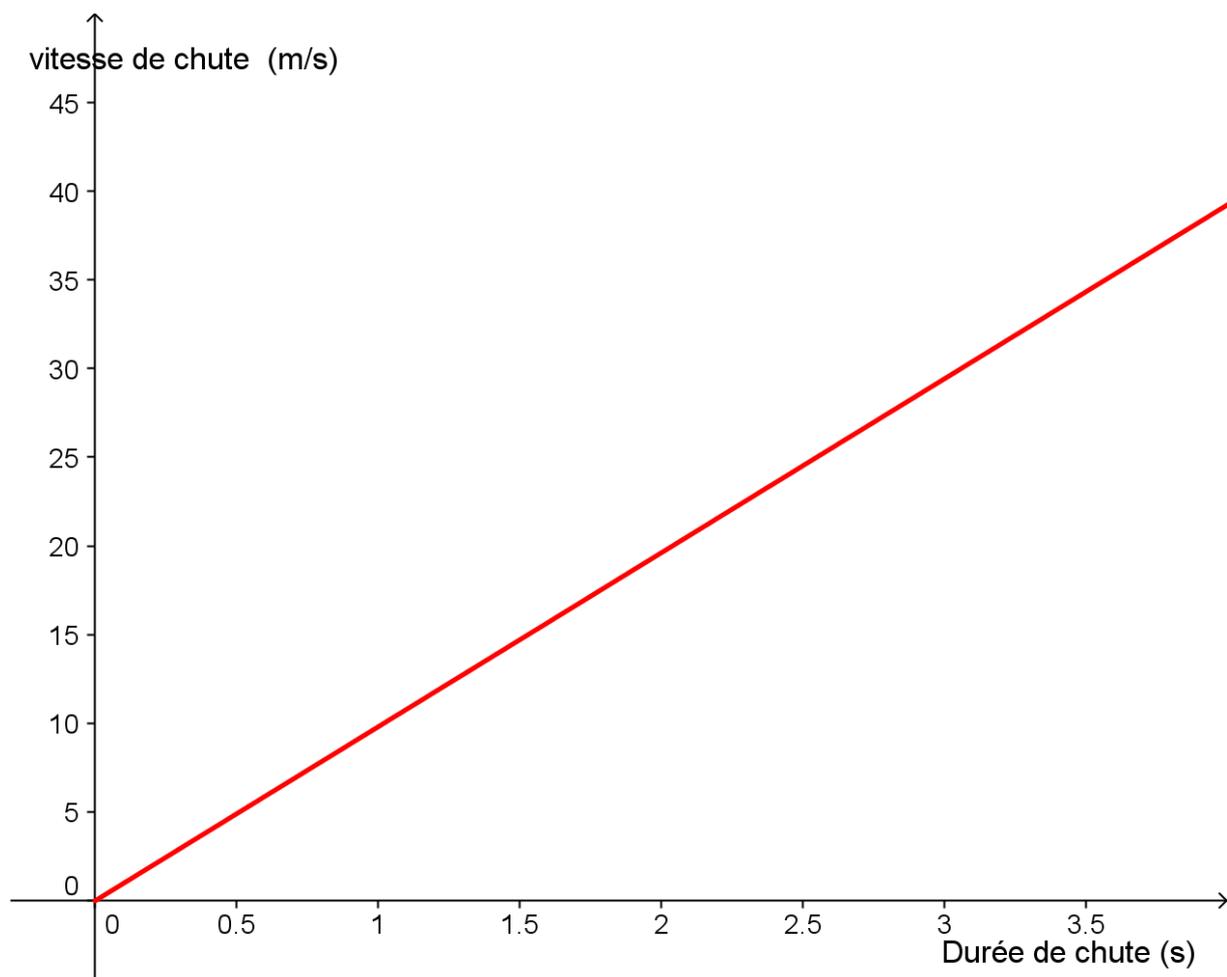
Oui mais alors, si je prends la durée Δt de plus en plus petite, la valeur de ma vitesse moyenne se rapproche de la valeur :

$$v = 9,81 t$$

Ce qui est l'expression de la vitesse instantanée que je cherchais.

Stevie regarde la formule avec émerveillement, Dédé me regarde comme si j'étais Dieu, tant mieux, ça m'évitera de redouter ses énormes paluches car il est formellement interdit de frapper Dieu.

« Le graphique, le graphique !! » Doucement je sais, depuis que je vous y ai fait goûter, vous ne jurez plus que par le graphique. Alors le voilà :



Ah ! Bah alors là, c'est linéaire. Ben oui ! La vitesse instantanée est proportionnelle à la durée de chute. Autrement dit, au bout d'une seconde on est à 9,81 mètres par seconde de vitesse, au bout de 2 s, le double, de 3 s, le triple et ainsi de suite.

Ca paraîtrait clair à un bébé même en ajoutant un peu de bière à son biberon. Non Dédé ! Non ! A croire que c'est ce qui lui est arrivé !

CHAPITRE IV

L'accélération de la pesanteur "g"

Mais alors l'étalon ? Toujours pas là. Ben non ! « La connaissance est un long parcours, le chemin sinueux et étroit » Ta G... Gryda ! Et sors le de son box ton étalon ! Bon, bon, face à l'impétuosité de jeunes apprentifs (non, il n'y a pas de faute, lisez ma pièce favorite « Cyrano de Bergerac ») prêts à en découdre avec les lois célestes de la Mécanique, je dois accélérer la mesure.

« Grat, grat, grat » ça va finir en eczéma ! « Illuminatia » vous aussi ? ça commence ? N'oubliez pas que Bouddha, il lui a fallu 500 vie pieuses, alors si vous y arrivez en une seule, pas si pieuse que cela, même peut être piteuse, chapeau !

Bon faut un début à tout et une première étincelle ne signifie pas allumage, mais c'est déjà ça, car ça porte en soi l'espoir de l'allumage et finalement c'est peut être ce qui compte après tout, penser qu'on va « Allumer le feu ». Toute référence à des productions artistiques récentes serait purement non fortuite, reflet d'un matraquage publicitaire prouvant par là même son efficacité sur ma personne pourtant éminemment récalcitrante.

Donc je disais, la vitesse c'est bien beau, et ça peut être dangereux, nous l'avons vu, mais pour cela la Sécurité routière veille à nous dépouiller de nos maigres économies chèrement gagnées dans une jungle hostile, mais la vitesse dans le cas de la chute libre, ça croît tout le temps (Non Boulard, pas comme la grenouille, elle croît pas, elle croasse, Labitte fait alors judicieusement remarquer que rien ne prouve que ces batraciens gluants n'aient pas une once de sens religieux ce à quoi je lui assène le coup fatal en lui disant qu'il ferait bien de croître un peu dans sa tête au lieu de croire à n'importe quoi).

Et comme tout ce qui croît, ce n'est pas constant, au moins on est sûr selon les propos d'Einstein lui-même, que la connerie, constante selon lui, et

seule véritable constante de l'univers selon ses propres termes, ne croît pas, même si croire augmente bien souvent la connerie.

A en croire la vitesse donc, elle ne reste pas constante dans le mouvement de chute libre. On dirait même, et c'est une certitude mathématiques (enfin mesurable, mathématiques, c'est pour faire bien, ça en jette) qu'elle augmente.

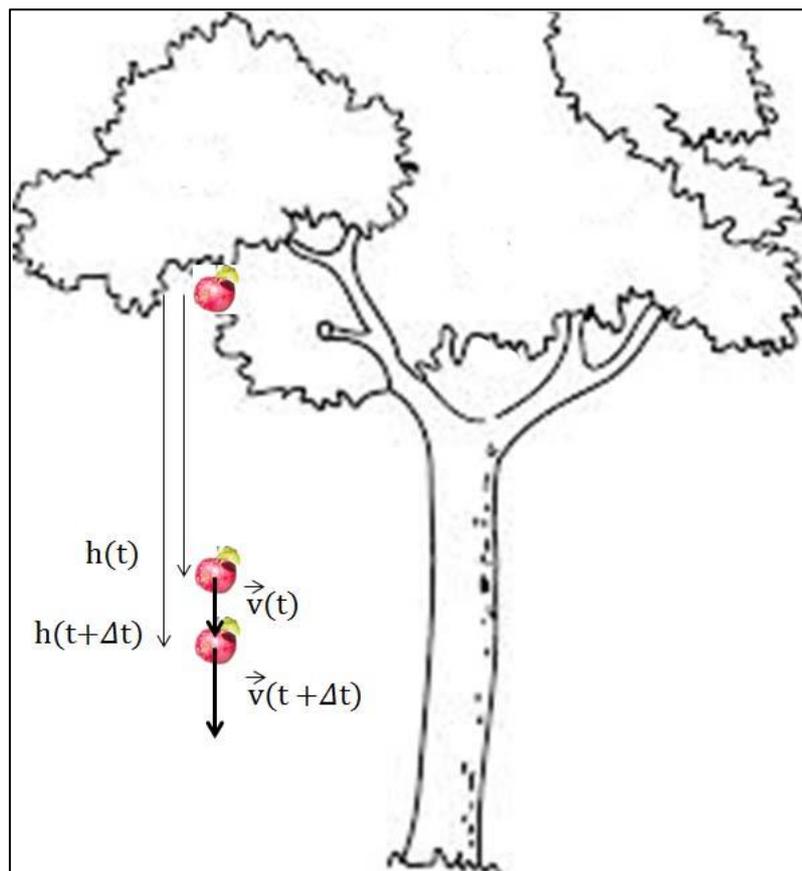
Se pourrait il donc, par un bonheur inespéré, que cette augmentation de la vitesse soit constante. Mais de quelle augmentation parle-t-on ? Eh bien, refaisons comme précédemment :

La vitesse à l'instant t est :

$$v(t) = 9,81 t$$

Et à l'instant $(t + \Delta t)$:

$$v(t + \Delta t) = 9,81 (t + \Delta t)$$



Elle a donc varié entre les deux instants de la quantité :

$$\Delta v = v(t + \Delta t) - v(t) = 9,81 (t + \Delta t) - 9,81 t = 9,81 \Delta t$$

Autrement dit son **taux de variation** est :

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = 9,81$$

Cette quantité représente **l'accélération instantanée** de la bille au cours de la chute. Autrement dit, au bout de 1 s, prise à partir de n'importe quel temps t, la vitesse augmente de 9,81 mètres par seconde, au bout de 2 s, du double, de 3 du triple, etc...

Nous la tenons enfin cette caractéristique constante de la chute libre : L'accélération de l'objet au cours de la chute.

Cette accélération est notée « g », le voilà enfin !, et est appelée **accélération de la pesanteur**.

Son unité est le mètre par seconde par seconde soit en abrégé m/s/s et pour faire plus compact, $m s^{-2}$. Non, non, Grincheux, retourne voir ta belle et arrête de me saouler avec ton manuel scolaire où c'est écrit Newton par kilo et en abrégé, $N kg^{-1}$.

C'est pas faux mais si tu veux mettre la charrue avant les bœufs pour creuser ton sillon de la connaissance, continue comme ça et à l'Education Nationale ils sont champions pour ça.

Pour Totor, qui près du radiateur au fond s'endort, un petit résumé s'impose, le fameux « l'essentiel, ce qu'il faut savoir » des merveilleux manuels ayant pignon sur rue.

Tout corps lâché sans vitesse initiale à une certaine altitude subit de la part de la Terre une force appelée son poids, verticale et dirigée vers le bas et constante tout au long de sa chute.

Le mouvement qui en résulte, tant que les frottements de l'air sont négligeables, c'est-à-dire en début de chute, est vertical uniformément accéléré vers le bas, d'accélération notée g et appelée accélération de la pesanteur.

Plus précisément, si on met le chronomètre à 0 au début de la chute et si on note t le temps de chute en seconde et h la hauteur de chute en mètres, on a, pour une hauteur de chute pas trop grande, la relation suivante :

$$\text{accélération : } a = g \quad (\text{en } m s^{-2})$$

$$\text{vitesse : } v = g t \quad (\text{en } m s^{-1})$$

$$\text{hauteur : } h = \frac{1}{2} g t^2 \quad (\text{en } m)$$

A la surface de la Terre, g vaut $9,81 m s^{-2}$. En s'élevant à 32 Kms d'altitude, il perd 1% de sa valeur, il vaut alors $9,71 m s^{-2}$.

Pour une étude simplifiée dans la troposphère terrestre, c'est-à-dire entre 0 et 10 Kms d'altitude on peut généralement se contenter de la valeur $9,8 m s^{-2}$.

Voilà, c'est dit ! Toujours pas d'étalon en vue, il a du se sauver depuis le temps qu'on l'attend ! Alors je siffle pour le faire revenir. Fifi ! Fifi ! Ah je l'aperçois dans sa belle robe Alezan et sa crinière aux reflets d'argent. Chut ! pas de bruit je vais essayer de l'attraper pour m'en faire une unité.

CHAPITRE V

La seconde loi de Newton

Une force constante, le poids, dirigée selon un axe et mesurable pour l'instant en Stevie par l'allongement d'un ressort, produit, comme vous l'avez vu lorsqu'elle agit seule comme dans le vide, un mouvement d'accélération constante selon ce même axe.

Essayons alors de refaire cette expérience à l'horizontale sur une **table à coussin d'air**. Un palet mobile que nous supposons de 1kg est maintenu en équilibre par la pression de l'air expulsé de la table par de petites buses. C'est le même principe que pour un hydroglisseur.

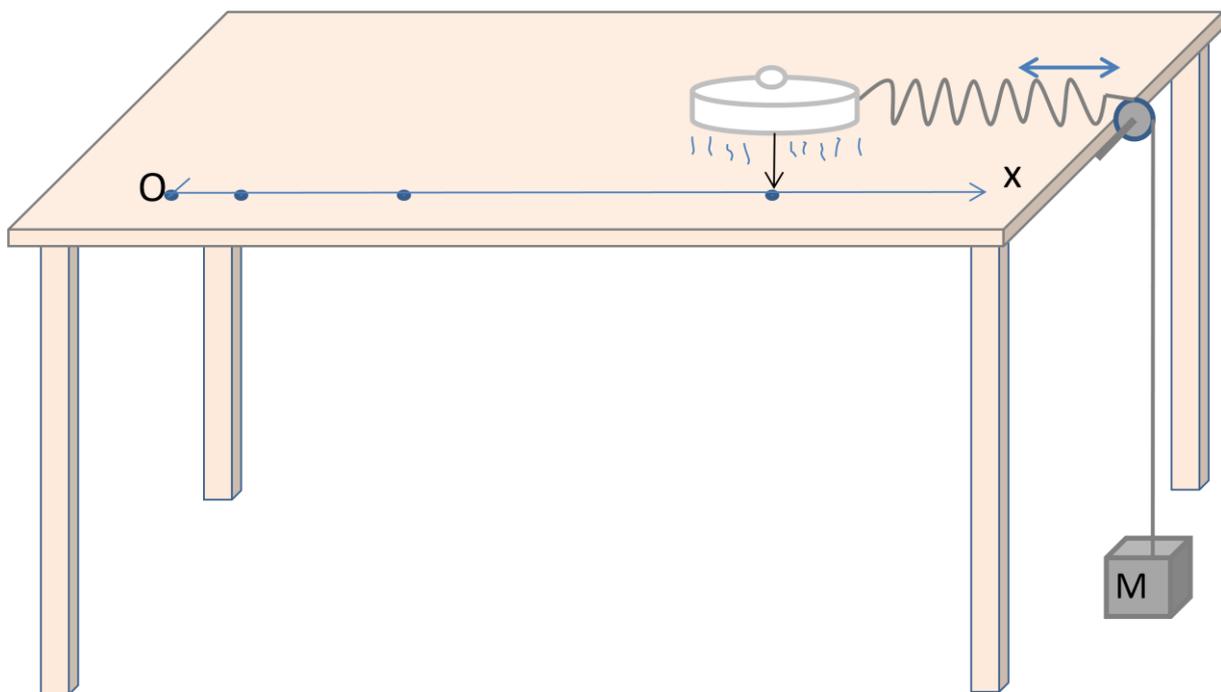
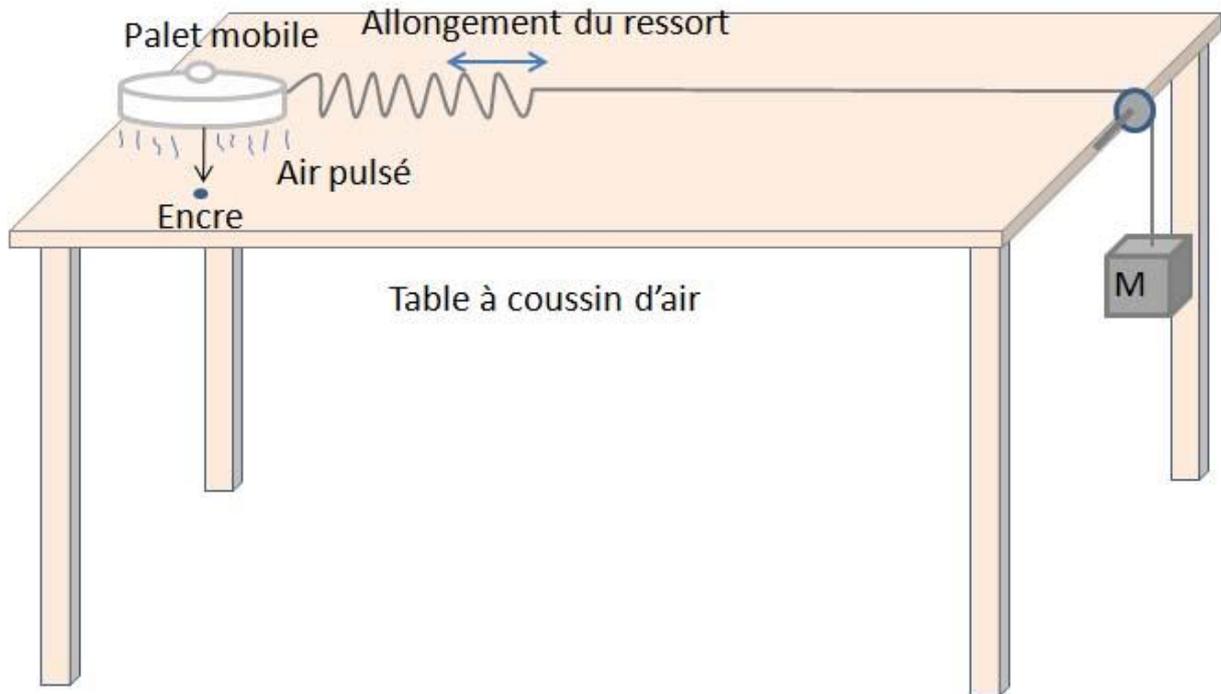


Ce palet est libre de se déplacer dans un plan situé juste au dessus du plan de la table avec laquelle, grâce à la pression de l'air, il n'est plus en contact. Cette expérience recrée les conditions qui règneraient dans la station spatiale de « Gravity », puisqu'elle permet d'éliminer l'effet du poids (enfin quasiment, car la station n'est pas dans une vraie apesanteur mais nous ferons comme si).

On dit alors que le palet est **pseudo isolé**. Rien ne l'empêche cependant de bouger dans un plan horizontal tout comme il le ferait en véritable apesanteur.

Accrochons alors (par la pensée) à ce palet un ressort lequel est relié par l'intermédiaire d'un câble et d'une poulie à une masse M (voir figure ci-dessous).

Si on lâche le palet à l'instant 0, alors il se met à se déplacer de manière rectiligne en accélérant. Comme le palet crache régulièrement de l'encre sur la table comme une imprimante, on peut avoir une trace de sa trajectoire à différents instants espacés d'une même très courte durée.



On observe alors, en procédant comme pour le cas de la chute libre, à un mouvement où la position x du palet sur l'axe de sa trajectoire est reliée au temps t écoulé depuis sa mise en mouvement par :

$$\text{accélération : } a = \text{constante} \quad (\text{en } m s^{-2})$$

$$\text{vitesse : } v = a t \quad (\text{en } m s^{-1})$$

$$\text{hauteur : } x = \frac{1}{2} a t^2 \quad (\text{en } m)$$

Réglons alors la masse M pour que le palet de 1 kg ait une accélération a égale à $1 m s^{-2}$. Il suffit de s'arranger pour que le palet ait parcouru 0,50 m en 1 s en utilisant la troisième formule précédente.

Attention, ouvrez bien vos mirettes, car je m'apprête à lancer le lasso. Notez l'allongement de votre ressort quand vous maintenez encore le palet immobile juste avant de le lâcher.

Eh bien, cet allongement va rester le même pendant le mouvement du palet et définir ainsi l'unité de force. Vous pourrez alors graduer votre dynamomètre en mettant la graduation zéro à la position détendue de l'extrémité du ressort et la graduation 1 à sa position correspondant à l'allongement précédent

Vous l'avez votre étalon ! Reste à donner un nom à cette unité.

Le Stevie, non, trop actuel, on pourrait avoir des réclamations de la famille Wonder par exemple. Il faut trouver un nom démodé qui sente les vieilles perruques, un nom de personne qu'on n'aurait pas l'idée de prendre pour une pomme, un nom pas français, vaguement anglo-saxon, histoire de ne pas se fâcher avec ses voisins, d'autant qu'il y a le « channel » maintenant. Alors des idées ?

Et si on prenait : Newton ?

L'unité de force sera alors désormais le Newton, symbole N.

Avec la définition :

« 1 Newton est l'intensité d'une force qui, exercée seule sur un mobile initialement au repos et d'une masse de 1kg, lui communiquerait, maintenue

constante en intensité, direction et sens, un mouvement rectiligne uniformément accéléré, de même direction et de même sens que la force et d'accélération égale à 1 m s^{-2} »

Et si on allait encore plus loin. En poursuivant l'expérience on verrait, qu'en doublant l'allongement (donc la force), l'accélération doublerait, en le triplant, elle triplerait. Donc pour une masse de 1kg, l'accélération serait proportionnelle à la force.

Si maintenant pour un allongement donné (donc une force donnée) on doublait la masse, l'accélération serait divisée par deux, ce que l'on qualifie par **inertie**. Plus un objet a de masse, moins il peut bouger sous l'action d'une force donnée.

Vous n'avez qu'à penser à Stevie essayant de pousser Dédé en tutu rose sur des patins à glace. Il lui serait plus facile de pousser un petit rat de l'opéra. On dit que Dédé a plus d'inertie que Stevie, ce qui peut sembler paradoxal, car mettez Dédé et Stevie face à un caisson de bières et je vous jure que ce n'est pas Dédé le plus inerte ! Mais là on n'est plus en Mécanique !

Du coup une relation entre force F évaluée en Newton et accélération a en m s^{-2} apparaît sous une forme simple dans notre expérience de table à coussin d'air, pour un palet de masse m exprimée en kg :

$$a = \frac{F}{m}$$

C'est la **deuxième loi de Newton** ou **principe d'inertie**.

On la met sous une forme plus jolie, à l'horizontale, mais veuillez à ne pas vous endormir pour autant :

| |
|-----------|
| $F = m a$ |
|-----------|

Et nous en verrons même une plus tard sous forme vectorielle, mais ne brûlons pas les étapes.

Il y a encore mieux. Si, si ! Ca s'appelle les bonheurs collatéraux, c'est comme les dommages collatéraux mais ceux là ils font du bien. On dit encore les retombées des découvertes scientifiques. Après il y a les

retombées des conséquences de ces découvertes, comme celles de Tchernobyl, mais ça c'est une autre histoire et beaucoup moins marrant.

En effet, reprenons à notre point de départ. Un objet quelconque, de masse m en kg, chute dans le vide d'une manière qui ne dépend pas de sa nature. Il chute sous la seule action de son poids dont nous noterons P l'intensité en Newtons.

D'après la deuxième loi de Newton nous avons :

$$P = m g$$

où g est l'accélération du mouvement de chute libre donc l'accélération de la pesanteur (qui je rappelle vaut $9,81 \text{ m s}^{-2}$ sur le plancher des vaches).

P étant en Newton, m en kg et g en m s^{-2} , on voit ainsi que :

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg m s}^{-2}$$

C'est l'explication à une question restée en suspend :

$$1 \text{ m s}^{-2} = 1 \text{ N kg}^{-1}$$

Cela signifie qu'une force de 1 N appliquée à un objet de masse 1kg communiquera à cet objet une accélération de 1 m s^{-2} .

Ah ! Je vois Grincheux qui me sourit à nouveau.

Ainsi, si on arrondit la valeur de g à 10 au niveau de la Terre, si ma masse est de 80 kg, mon poids est de 800 N environ.

Sur la Lune, on trouverait que g vaut environ cinq à six fois moins ($1,62 \text{ m s}^{-2}$). J'aurais ainsi toujours une masse de 80 kg sur la Lune mais un poids de 130 N.

C'est raté pour Dédé qui pensait maigrir en allant sur la Lune. En revanche il est vrai qu'il y perdrait du poids et cela sans efforts, à part le voyage fatigant en navette et modules lunaires.

On peut donc énoncer une vérité qui va asseoir toute l'équipe de rédaction du magazine Biba (ou Femme actuelle, ou Maigrir) :

On peut perdre du poids sans effort et sans maigrir

C'est un scientifique qui le dit. Il ne reste plus que je passe à la télé pour que tout le monde me croie.

CHAPITRE VI

Construire un dynamomètre

Cette relation que nous avons mise en évidence entre la force P exercée par la Terre sur un objet et appelée poids de l'objet et l'accélération g dans le vide résultant pour ce même objet va vous permettre de graduer vos dynamomètres de manière un peu plus efficace et précise que le dispositif de table à coussin d'air présenté précédemment et qui n'avait pour seul but que de mettre en évidence le rapport entre concept de force, de masse et d'accélération, lequel est qualifié de seconde loi de Newton.

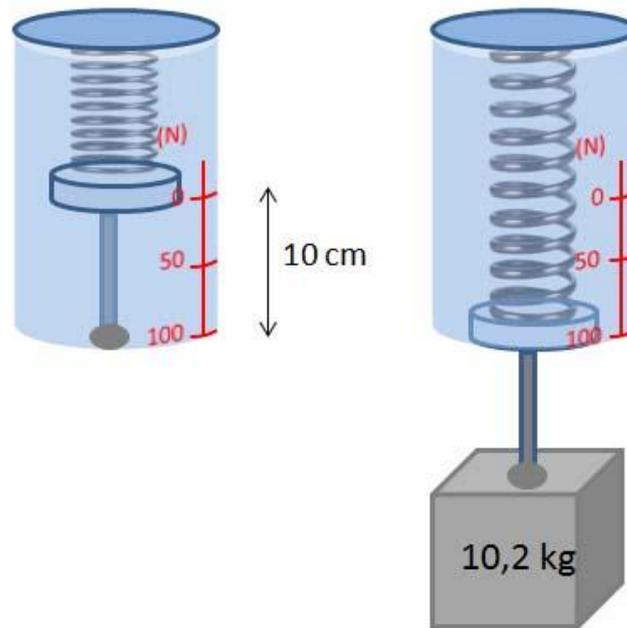
Ainsi, si vous voulez créer un dynamomètre permettant de mesurer des forces allant jusqu'à 100 N, rendez vous chez votre mécano du coin et demandez lui des ressorts de raideurs différentes.

Choisissez celui qui est tel qu'une masse de 10 kg l'allonge de telle sorte à ne pas dépasser son domaine élastique. Mettons pour faire simple qu'il s'allonge de 10 cm pour une force de 100 N, soit une masse m telle que :

$$m \times g = 100$$

Soit, soyons précis tant qu'à faire :

$$m = \frac{100}{g} = \frac{100}{9,81} = 10,2 \text{ kg environ}$$



Graduer alors un cylindre transparent à l'intérieur duquel vous avez placé votre ressort, la graduation 0 étant la position détendue du ressort et la graduation 100 lorsqu'il s'est allongé de 10 cm (voir figure ci-dessus).

Vous l'avez alors votre instrument de mesure de force, ce fameux dynamomètre, pas bien compliqué à bricoler non ?

En choisissant votre ressort d'une raideur adaptée, vous pouvez alors le calibrer pour mesurer n'importe quelle gamme de forces et ainsi le graduer dans le Newton, ou ses sous unités, dN (déci Newton), cN (centi Newton), mN (milli Newton) ou ses super unités daN (deca Newton), hN (hecto Newton), KN (Kilo Newton), MN (Méga Newton).

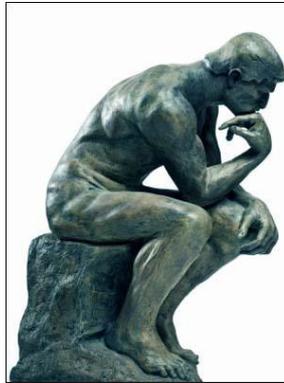
Muni de cet instrument, vous allez alors pouvoir aller à la pêche aux moules, euh non !, je veux dire aux forces de la Nature. Et Dédé, comme force de la Nature, on ne fait pas mieux, sauf qu'il ne s'agit pas du même concept de force.

Non Cyril ! Arrête d'embêter ton voisin avec ton hecto féiné et ton Kilo féiné, un décaféiné ça n'a pas de rapport avec un déca Newton. Dans ce dernier, deca est un préfixe qui veut dire dix, alors que décaféiné se découpe en dé - caféiné, soit littéralement privé de caféine mais je me demande bien ce que genre de remarque a à voir avec le schmilblic.

CHAPITRE VII

Le principe de l'action et de la réaction

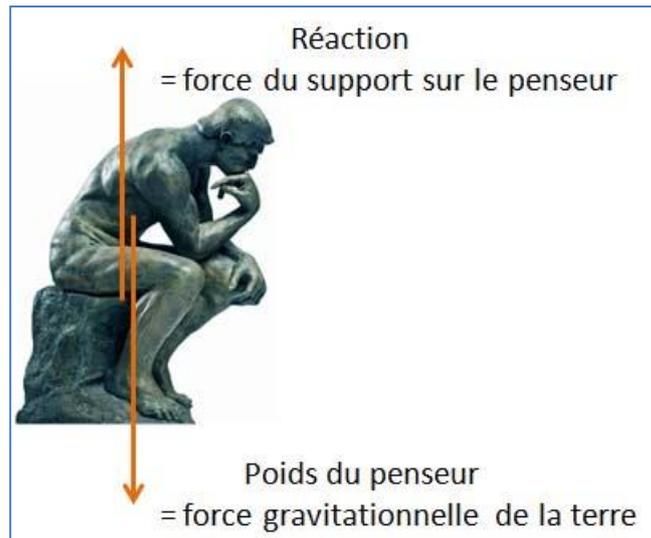
Asseyez-vous donc sur une chaise en rotin et pensez comme le penseur de Rodin et soudain jaillira la flamme, si, si, insistez ! Pourquoi ne bougez-vous pas ? N'a-t-on pas dit, suivant la logique du grand Newton, que si on ne bouge pas, alors c'est que les forces se compensent ?



Oui mais là vous n'en voyez qu'une qui agit, votre poids, que vous pourriez mesurer en vous suspendant à un ressort étalonné et plutôt raide. L'autre qui forcément doit agir dans un sens opposé, vous ne la voyez pas et pourtant elle doit bien exister, sinon vous vous écraseriez le popotin sur le sol. Alors qui y a-t-il entre le sol et vous ?

Bon sang, mais c'est bien sûr : la chaise. C'est elle qui fait barrage à votre mouvement descendant, elle oppose en quelque sorte une résistance à la descente contrairement à Dédé pour lequel aucune force ne s'oppose à sa descente de bières.

La chaise réagit à votre désir un peu forcé je dois le dire, par la Terre, de descendre. Elle exerce ainsi une **force de réaction** de même direction verticale que votre poids mais de sens opposé vers le haut et de même intensité comme illustré sur l'illustre penseur ci-dessous.



Vous vous demandez alors tout naturellement, sinon vous devriez, primo d'où vient la force qu'exerce la Terre sur les objets et la réponse va être donnée dans le prochain magazine portant sur **l'interaction gravitationnelle**, secundo, d'où vient la force de réaction exercée par la chaise sur votre séant et la réponse sera donnée par la découverte de **l'interaction électrostatique** dans un premier temps puis **électromagnétique** dans un deuxième temps dans des magazines ultérieurs.

Mais pour les plus impatients, je vous donne cette image à ronger pas tout à fait exacte mais utile pour vous faire déjà une idée. Imaginez que vos fesses soit un aimant tout comme la chaise. Vous avez déjà certainement observé que selon les faces présentées, deux aimants s'attirent ou se repoussent. Eh bien imaginez que la chaise repousse vos fesses à la manière d'un aimant, compensant ainsi exactement l'action de votre poids.

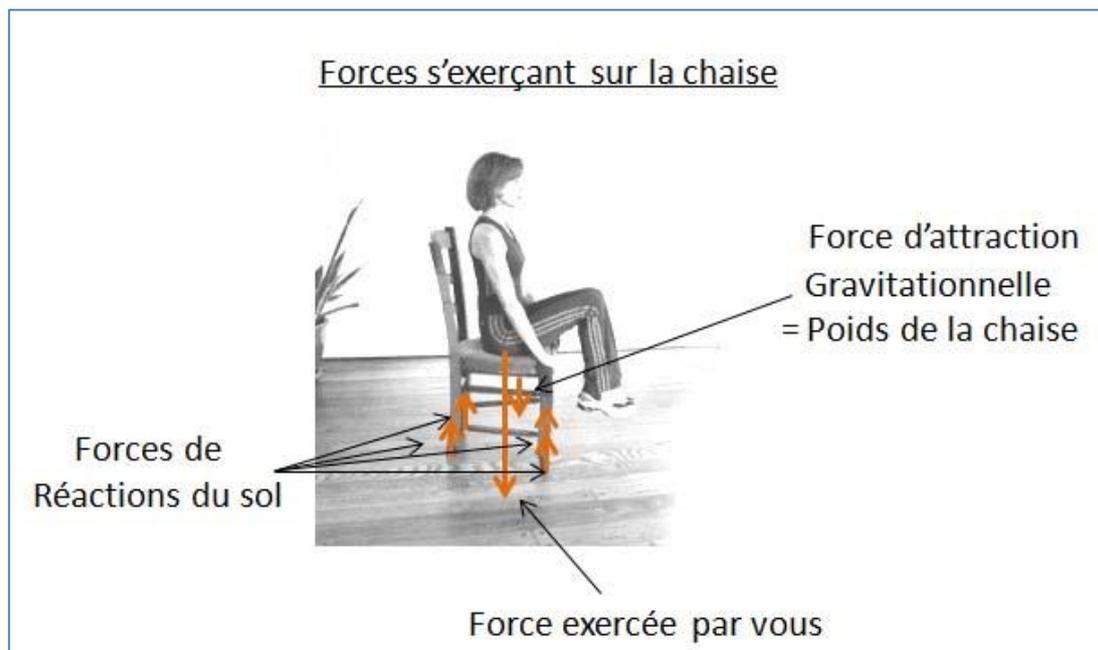
La réalité est plus complexe car elle met en œuvre des forces plus électriques que magnétiques. Mais il me faudra au préalable vous parler de la structure de la matière avec ses deux électricités positives et négatives. Cependant, le fait est que le rapprochement des surfaces de deux corps produit des forces de répulsion qui n'agissent qu'à très courtes distances et que l'on appelle **forces de contact**. De là naissent les forces de réactions.

Considérez maintenant la chaise. Elle est comme vous, immobile. C'est donc que les forces agissant sur elle se compensent. Mais quelles sont ces forces ?

Il y a évidemment le poids de la chaise, qui est la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre, qui est une force qui peut agir à distance, sans qu'il y ait nécessité d'un contact, pensez aux satellites sur lesquels elle agit pour qu'ils ne se barrent pas dans l'espace.

Pour trouver les autres forces et quels sont leurs acteurs, faites le tour de la chaise et voyez ce qui rentre en contact avec.

Vous devriez vous voir vous, eh oui ! Vous appuyez de votre postérieur sur la pauvre chaise. Donc la pauvre se voit attirée vers le bas par votre action et celle de la Terre. Or elle ne bouge pas ! Bon sang, mais c'est bien sûr ! Elle est en contact par ses pieds avec la Terre, qui la retient, donc exerce quatre forces de réaction, une à chaque pied, verticales dirigées vers le haut et qui compensent l'action des deux précédentes.



Reste alors une question en suspend. Quelle est l'intensité résultante (leur somme) de ces quatre forces de réaction. Vous allez découvrir tout l'art d'un bon Mécanicien, pas celui qui répare les autos mais celui qui cherche à comprendre pourquoi et comment les objets se meuvent ou restent en équilibre.

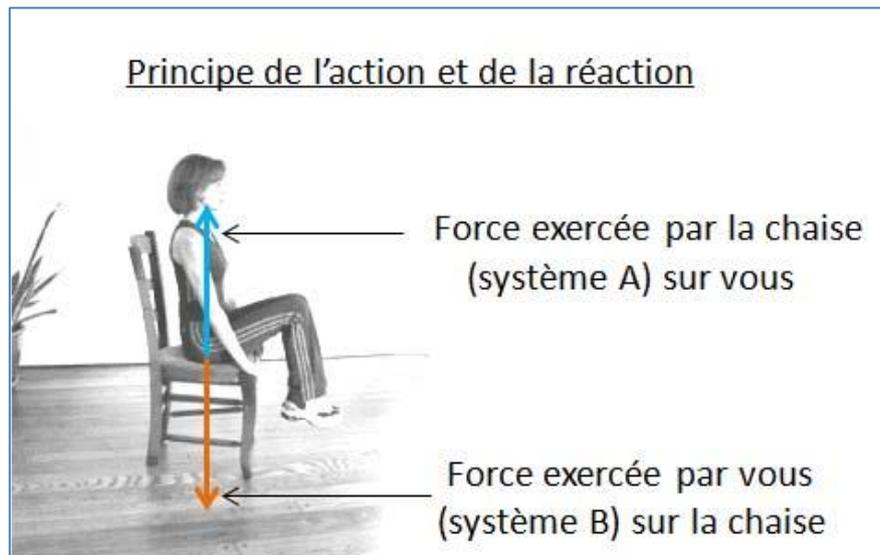
Considérez pour cela, non pas la chaise seule, mais le système formé de la chaise et de vous qui êtes assis dessus. Ce système étant immobile, on dit **au repos**, les forces qui agissent dessus se compensent. Et là, il y a le

poids de la chaise et de vous-même et cette fameuse réaction de la Terre sur les pieds de la chaise.

Cette dernière réaction a donc pour intensité la somme des deux poids. Vous en déduisez alors que la force que vous exercez sur la chaise a pour intensité votre poids, c'est-à-dire, la même intensité que la force que la chaise exerce sur vous qui est de même direction et de sens contraire.

C'est le **principe de l'action et de la réaction** énoncé ainsi :

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



Il est facile de s'en rendre compte sur des patins à glace. Imaginez Dédé et Stevie à la patinoire. Stevie (système A) pousse par derrière Dédé (système B). Que se passe-t-il ? Eh bien, Dédé se met à bouger mais Stevie aussi et avec une plus grande vitesse, car il a moins de masse, il est moins inerte. Stevie, bien qu'ayant l'impression d'être le seul acteur de force, subit la force de réaction du dos de Dédé, c'est ce qui le met en mouvement.

Poussez le mur de la patinoire, vous verrez que c'est vous qui bougez, pas le mur, car il est relié à la Terre et ça fait une trop grande inertie opposée à votre force pour que l'ensemble se déplace.

L'exposé sur la chaise que je viens de vous faire correspond à ce qui s'enseigne en Mécanique au lycée. Toutefois, il présente un manque de rigueur. Trouverez-vous le détail qui cloche ? Même Grincheux n'a pas remarqué. Mais je vous ai appris à réfléchir alors rembobiner le film et recommencez le raisonnement.

N'avez-vous rien oublié ? Bon, la force qui agit à distance, le poids, c'est ok. Les forces qui agissent par contact, vous avez fait le tour de la chaise, de vous-même, vous ne voyez rien d'autres que les réactions dont nous avons parlé. Et c'est bien ça le problème, vous ne voyez rien d'autre.

Rappelez-vous cette formule sage : L'essentiel est invisible pour les yeux. Et effectivement, s'il n'y avait eu que des Saint Thomas, la Science n'aurait pas avancé beaucoup, adieu les atomes, on ne les voit pas, avec les yeux, cela s'entend, même avec les microscopes optiques les plus perfectionnés, adieu les ondes radios, adieu les rayons gammas.

Alors voyez-vous mieux maintenant, avec votre cerveau, pas vos deux globes malicieux ?

Premier indice : Qu'est ce qui entre en contact avec vous ou la chaise et que vous ne voyez pas ?

Deuxième indice : Passez la main à travers la vitre de votre véhicule lancé à vive allure ? Ne sentez-vous rien ?

Ca y'est j'en vois qui décollent : L'air, bien évidemment. Mais comme je ne veux pas déflorer le sujet ici, je vous donne rendez-vous à un prochain magazine consacré à son effet et qui s'intitulera « **La pression** » et dont un effet particulier appelé « **poussée d'Archimède** » fera l'objet d'un magazine complet. Vous verrez par exemple qu'une ventouse placée dans le vide ne peut pas produire son fameux effet et vous comprendrez pourquoi.

Si de l'air avait été chassé sous les pieds de la chaise, une force supplémentaire verticale et dirigée vers le bas viendrait ainsi s'ajouter à son poids et au poids de ce qu'elle supporte. Il serait alors plus difficile de la soulever à cause de cet effet ventouse.

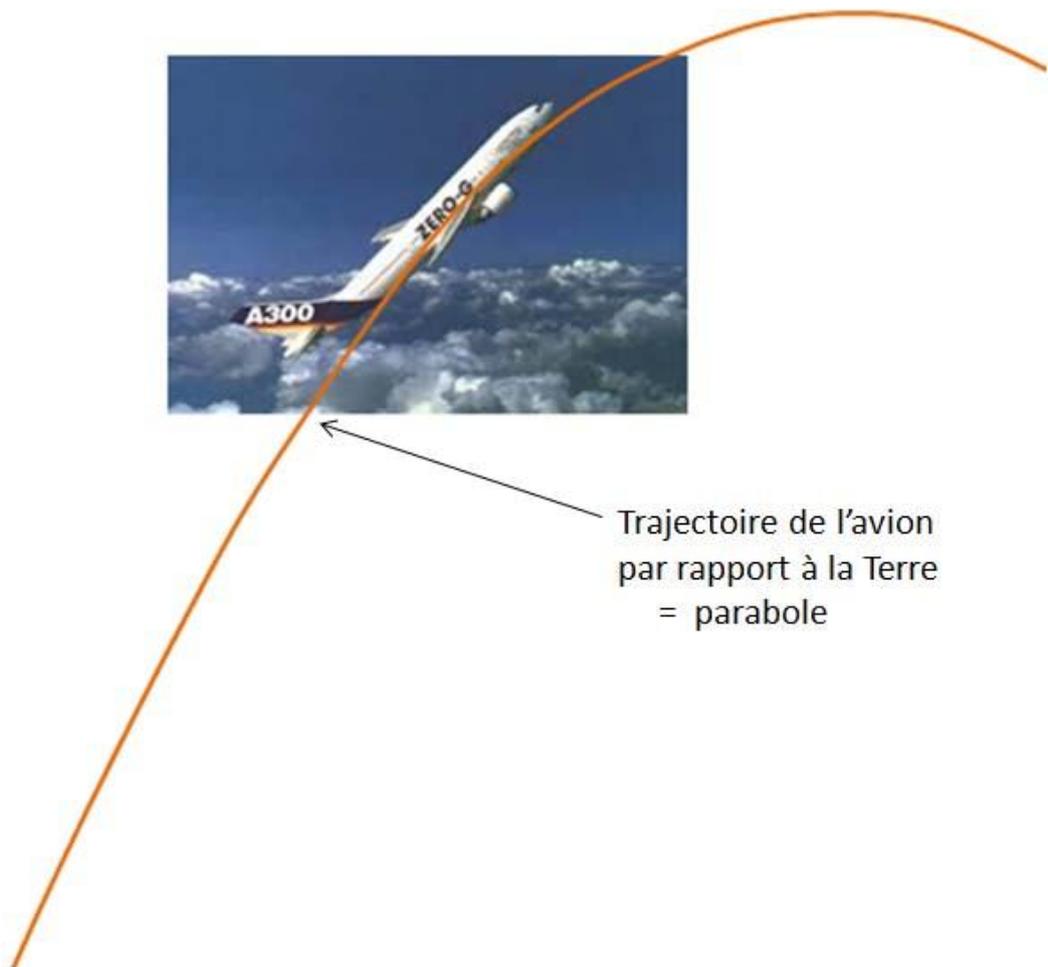
Dans la plupart des situations courantes, cet effet est négligeable. Un bon scientifique se doit cependant de penser à tout et négliger ensuite ce

qui n'a pas d'effet notable, c'est un conseil que je donne pour éviter les mauvaises surprises et si malgré tout surprises il y a, et il y en a toujours eu dans l'histoire des Sciences, c'est que la théorie est incomplète. Ça permet d'assurer un travail aux futurs chercheurs quand ils ne sont pas entravés par une triste financiarisation et recherche de profits à court terme qui gangrène toutes les sphères de l'activité humaine.

CHAPITRE VIII

L'apesanteur

Revenons sur un point clé que nous avons laissé de côté et un point de côté, comme chacun sait, c'est plutôt inconfortable, on aimerait s'en débarrasser. Il s'agit du fameux « zéro g » de nos apprentis spationautes qui croient batifoler dans l'avion comme dans l'espace. Allons donc corriger le tir.



Lancez un caillou devant vous et vous verrez qu'il suit une belle trajectoire dont la courbe est appelée **parabole**. Et pourvu que vous soyez dans le vide, ce qui n'est pas facile à réaliser, à défaut avec des frottements de l'air ayant peu d'effets, cette trajectoire ne dépend pas de sa masse mais

uniquement de l'angle sous lequel vous lancez le caillou et sa vitesse initiale, nous verrons cela un jour quand vous aurez musclé vos neurones mathématiques sinon vous pouvez toujours en attendant vous amuser à lancer différents objets dans les mêmes conditions, pas votre prof de maths quand même, et avec un appareil photo qui prend une succession de photos tous les $1/2000$ ème de secondes, vérifier ce que je vous dis par **chronophotographie** (mais ne prenez pas un objet propre à offrir de la résistance à l'air au cours de son déplacement, donc choisissez le plutôt dense et rond comme un caillou).

Donc, si vous êtes convaincu de ce que je vous ai dit, vous devriez aisément comprendre que les spationautes en herbe qui flottent dans l'airbus, suivent en fait, comme l'avion autour d'eux, une trajectoire parabolique par rapport à la Terre, prise comme **référentiel**.

Or dans ce référentiel considéré comme **Galiléen**, c'est-à-dire là où on peut appliquer les lois de Newton, l'avion comme les spationautes sont soumis uniquement à la force exercée par la Terre qui est leur poids.

De ce fait ils subissent (et ne prennent pas comme je l'ai déjà dit) une accélération qui n'est rien d'autre que le fameux g mais en version vecteur. Ce g là a pour effet à la fois de modifier leur vitesse et la direction et le sens de cette dernière mais nous verrons ça plus tard dans un autre magazine, présentant une forme dite vectorielle des lois de Newton.

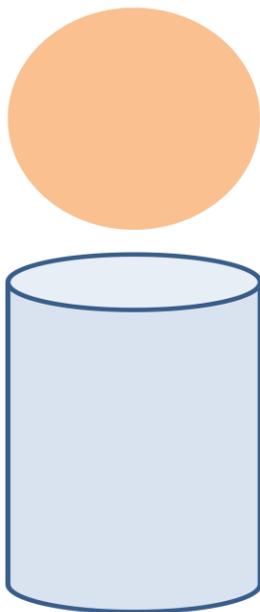
En aucun cas donc, ils ne sont en apesanteur, c'est-à-dire à zéro- g comme vanté sur l'avion.

Certes, on pourrait dire qu'ils ont zéro g dans le référentiel de l'avion puisqu'ils y sont immobiles, mais ce référentiel n'est pas Galiléen, on ne peut donc pas y appliquer les lois de Newton et il est très risqué, pour une bonne compréhension des phénomènes physiques, de vouloir y raisonner, à moins de vouloir garder des idées confuses de la Mécanique, même si cela se fait en considérant des forces fictives appelées forces d'inertie. Mais laissez cela aux experts pour le moment, et raisonnez dans les référentiels Galiléens, la Terre pour vous, dans un premier temps.

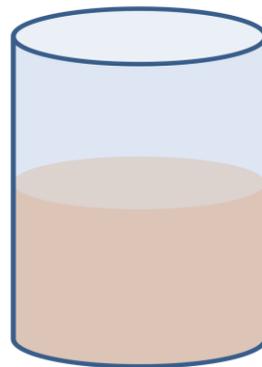
Pourtant, s'ils l'ont écrit ce zéro-G sur l'avion et en gros, c'est qu'il doit y avoir une raison. Imaginons alors un verre de whisky, celui du capitaine Haddock par exemple, dans un lieu où règne une vraie apesanteur. Comme vous le verrez dans le prochain numéro, cet endroit existe et se situe entre la Terre et la Lune, plus près de la Lune. A cet endroit les forces d'attraction gravitationnelles de la Terre et de la Lune se compensent. Un objet posé à cet endroit resterait immobile dans le référentiel géocentrique (mais pas dans le référentiel terrestre, qui est en rotation par rapport à ce dernier).

La figure suivante montre alors l'état d'un verre de whisky dans un lieu où règne l'apesanteur et dans un lieu où il y a une pesanteur (près de la Terre ou d'un astre quelconque).

Vraie apesanteur
= whisky en boule



pesanteur
= whisky au fond du verre



En apesanteur, le whisky se met en boule comme dans la BD de tintin, « Objectif Lune » car de l'extérieur, rien ne pousse les molécules constituant le whisky à aller ici plutôt que là, étant donné que l'action de la gravité est déjà intégrée dans le mouvement parabolique de l'avion. En revanche, des forces électromagnétiques intermoléculaires de cohésion, agissant à très courte distance, conduisent à donner au liquide une forme solide et la forme la plus stable vis-à-vis de ces forces de cohésion est la forme sphérique (comme dans le cas des forces d'interaction gravitationnelles qui donnent aux astres leur forme quasi sphérique, la

rotation sur eux-mêmes les aplatissant par phénomènes centrifuges, comme cela se produirait pour notre boule de whisky si on la faisait tourner très vite sur elle-même autour d'un axe).

En revanche, en présence d'une pesanteur, les molécules prennent la direction de cette pesanteur (le bas, si la pesanteur est dirigée vers le bas) et forcément, elles se heurtent pour celles qui sont le plus en bas, au fond du récipient. Ce dernier réagit en produisant des forces de réaction et le liquide ne peut aller plus loin. Il se contente d'épouser la forme du récipient en présentant une surface supérieure plane et perpendiculaire à la direction de la gravité.

Lâchons un verre de whisky dans un tube à vide en s'arrangeant pour que le verre chute plus vite (en mettant un aimant au fond et en l'attirant avec un autre aimant par exemple) et glisse ainsi le long du whisky jusqu'à le libérer. Il y a fort à parier que le whisky se remette en boule, chutant à la manière d'une goutte d'eau.

Dans l'avion zéro-G, c'est un peu la même chose. Pour faire connaître la sensation d'apesanteur et pas l'apesanteur aux spationautes, l'idéal serait de les lâcher dans un immense tube à vide. Mais alors, il faudrait un tube très grand, et puis se poserait le problème de freiner les astronautes qui accéléreraient avec le fameux « g » pour leur éviter un crash affreux en bas du tube.

Or nous avons vu que tous les objets lancés dans le vide, sous un même angle, avec une même vitesse initiale, ont une même trajectoire parabolique. Il suffit donc à un avion de suivre scrupuleusement cette trajectoire, avec le bon timing (il ne s'agit pas de suivre simplement la parabole, mais de l'effectuer avec un timing défini par la résolution du problème du lancer d'un objet dans le vide, laquelle conduit à des équations horaires du mouvement), pour que tous les objets immobiles par rapport à l'avion, donc les spationautes suspendus en l'air, le restent et aient l'impression d'être en apesanteur.

En conclusion l'avion zéro-G produit les mêmes conditions que l'apesanteur (dans l'avion, le whisky que l'on renverse devrait se mettre en boule) mais ne crée pas l'apesanteur, car la Terre n'est évidemment pas loin

et crée une pesanteur. Cependant, vu de l'avion (on dit dans le référentiel de l'avion), cette dernière n'a pas d'effet.

ANNEXE

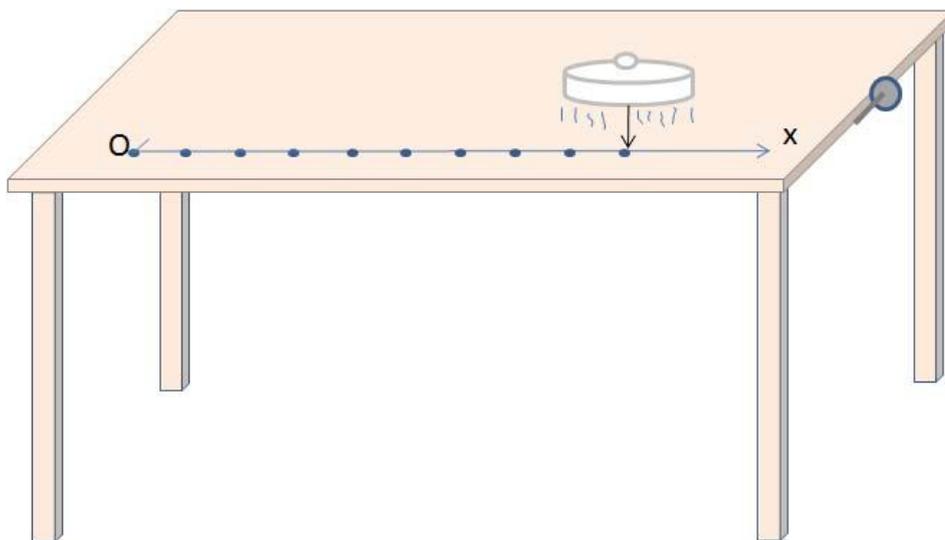
La notion de vitesse

La vitesse fait partie de ces choses dont tout le monde parle mais que personne ne comprend vraiment. Alors mettons les choses au point.

D'abord, il va falloir un chronomètre, celui de votre portable fera l'affaire et ensuite de quoi mesurer des distances.

Reprenez la table à coussin d'air d'un chapitre précédent ou mettez vous dans une station spatiale, au choix. En revanche ne reliez pas votre palet mobile à un ressort mais posez-le sur le coussin d'air et donnez-lui une pichenette (on dit une vitesse initiale). Que voyez-vous ?

Quelque chose comme cela, non ? (Si vous n'avez pas de table à coussin d'air, faites rouler une bille sur un sol bien lisse, ça devrait faire l'affaire) :



Le centre du palet parcourt des distances égales pendant des temps égaux. On dit alors qu'il a une **vitesse uniforme**.

Retenez :

Un point mobile a une vitesse uniforme s'il parcourt des distances égales pendant des temps égaux.

De plus, toutes les positions du centre du palet sont alignées. On dit alors que le mouvement est rectiligne uniforme.

Notez alors que les forces agissant sur le palet, son poids et la pression de l'air sous le palet se compensent au cours du mouvement. Cela constitue le deuxième aspect de la première loi de Newton.

Si les forces agissant sur un système se compensent au cours du mouvement de celui-ci, alors un point particulier du système appelé centre d'inertie a un mouvement rectiligne uniforme.

Nous reviendrons sur cet aspect dans un prochain magazine présentant une forme complète dite « vectorielle » de loi de Newton qui englobe toutes les situations, le fameux $\vec{F} = m \vec{a}$ pour ceux qui connaissent.

Reprenons alors le mouvement uniforme du palet. Mettons qu'il ait parcouru 5 cm la première seconde, alors il aura parcouru 10 cm soit le double au bout de la deuxième seconde, 15 cm soit le triple au bout de la troisième seconde.

La distance d parcourue et exprimée en centimètres est donc proportionnelle à la durée t écoulée et exprimée en secondes selon la relation :

| |
|-----------|
| $d = 5 t$ |
|-----------|

De manière générale, si un point a un mouvement uniforme, on désigne par vitesse la distance (en mètres dans le système international d'unités) qu'il parcourt pendant une unité de temps (la seconde dans le système international d'unités).

La relation donnant la distance d parcourue pendant le temps t est alors :

| |
|-----------|
| $d = v t$ |
|-----------|

Cela amène pour un point quelconque à définir la notion de vitesse moyenne sur une distance parcourue d pendant un temps t comme étant la

vitesse que devrait avoir ce point pour parcourir cette même distance pendant le même temps mais de façon uniforme.

Autrement dit la vitesse moyenne notée v_{moy} est telle que :

$$d = v_{moy} t$$

Soit en voyant les choses différemment :

$$v_{moy} = \frac{d}{t} = \frac{\text{distance parcourue}}{\text{durée de parcours}}$$

Mot de la fin et contact

Et voilà, c'est fini ! Mince, déjà ! Mais pour une première confrontation avec les lois de votre monde, c'est déjà pas mal !

Le commandant de bord et son équipage Dédé et Stevie ont été heureux de vous accueillir sur leur premier vol en direction de la connaissance scientifique et espèrent vous accueillir pour un prochain voyage.

Ne manquez donc pas le prochain numéro, qui je vous l'assure sera à plein d'égard très attractif puisqu'il vous parlera d'interaction gravitationnelle, ou plus poétiquement dit, la relation d'amour fusionnel qui lie les masses entre elles.

En attendant pour toute correspondance ou tout désir d'en savoir plus sur un sujet scientifique rapidement, je vous invite à aller sur mon site :

<http://laurent.gry.perso.sfr.fr/sciences.html>

ou m'envoyer un mail : laurent.gry@neuf.fr

ou m'écrire :

Laurent Gry

3 Chemin de la Pâturage aux Eaux

91570 Bièvres