

Sciences impertinentes et inconvenantes
F. Marchal – degravitation@free.fr

Cet article est un résumé de divers écrits publiés par l'auteur sur le thème de la **dégravitation inertielle**. Il fait suite à deux mémoires et une publication dans le courant des années 1990 (RFP, 1998), suivi d'un site internet en 2000-2002. Deux livres sur le sujet ont été publiés ensuite en 2004 aux Editions Le Manuscrit.

Mai 2010

**Lévitiation et dégravitation inertielle –
Un défi technologique pour demain ?**

Version V2.1

Résumé : *La lévitation, le vol stationnaire libre dans les airs, constitue un prolongement naturel à la maîtrise récente par l'homme du vol aérien et spatial. Il est impensable qu'une civilisation technologique comme la nôtre se prive d'une telle potentialité. Sur ce point, la dégravitation apporte un éclairage inédit et pertinent. En proposant de nouveaux paradigmes sur le poids et la satellisation, elle permet de poser les bases théoriques d'un système lévitant original. Toutefois, l'état de la technologie ne permet pas pour l'instant de concrétiser un tel projet dans l'environnement terrestre. Des expérimentations simples en laboratoire, permettraient néanmoins de juger de la validité du concept.*

1 – Lévitiation ; le mythe et la science :

Le déplacement libre dans les airs, la lévitation ou le vol stationnaire, font parties des mythes les plus forts de notre culture. S'affranchir de la loi d'airain qui lie l'homme à la terre, qui lui donne sa morphologie longitudinale, qui l'empêche de conquérir pleinement la dimension verticale, – celle des oiseaux – a constitué pendant quelques millénaires un objectif inatteignable, à la croisée du désir et de l'imaginaire. Cette dimension verticale, tant lointaine hier, nous est aujourd'hui à l'évidence accessible, en usant de concepts scientifiques et techniques éprouvés. Rien de plus commun de nos jours que de prendre l'avion, et pourtant, quel immense fossé conceptuel entre un Airbus et le tapis volant des légendes orientales. Ce dernier possède une caractéristique essentielle, à savoir la maîtrise parfaite du vol stationnaire libre. Libre, car il n'est apparemment lié à aucune source externe limitant ses déplacements. En quelque sorte il est autonome, comme la montgolfière ou l'hélicoptère sont libres de se mouvoir dans l'atmosphère où bon leur semble. Peut-on à ce propos parler de "lévitation" ? Le Larousse en donne la définition suivante : « Etat d'un corps restant en équilibre au-dessus d'une surface grâce à une force compensant la pesanteur ». La notion de liberté, d'autonomie, n'est donc pas évoquée. Par contre le mot lévitation est associé à une des plus grandes énigmes de notre histoire : celle des mystiques Chrétiens ou non Chrétiens (1)(4)(9). Comment interpréter ces faits incompréhensibles et discutés ? Plusieurs scientifiques, qu'il serait trop facile d'accuser simplement de "naïveté", ont dans les derniers siècles rapportés ces phénomènes rares et étranges avec leur cortège de manifestations physiques

inattendues et récurrentes (forte chaleur, irradiation intense). Tout laisse à penser qu'il y aurait bien un substrat scientifiquement intelligible derrière le phénomène... Ne nous leurrions pas ; la lévitation est un défi de notre futur. Il est impensable que notre civilisation technologique – ou celles de demain – se privent d'une telle potentialité. Les évolutions aériennes de Superman ou de Dragon Ball Z, les véhicules de la science fiction, les nombreux sites Internet sur l'anti-gravité et les OVNI's en disent suffisamment long sur la demande et la proximité socioculturelle de la lévitation au quotidien. Et pourtant, sous cette forme le challenge est loin d'être gagné. A l'évidence, en prolongeant les choix technologiques de notre époque, aucune solution élégante ne pointe son nez. La lévitation actuellement c'est le Maglev, ce train futuriste, carrossé comme un obus, qui prend son appui sur un rail. C'est aussi les enceintes magnétiques des laboratoires et tout le monde a en mémoire ces images étonnantes d'une grenouille flottant dans les airs. Toutes ces tentatives ont en commun qu'elles ne permettent pas le vol libre, sans rail ni enceinte, celui de l'hélicoptère ou de la montgolfière (bien que, dans une certaine mesure, eux aussi sont dépendants de l'atmosphère qui les entoure...). De nombreux chercheurs – le plus souvent indépendants – ont essayé d'approfondir une possible relation entre la gravité et l'électromagnétisme. C'est d'ailleurs une des seules grandes approches réellement scientifiques que l'on peut encore trouver dans la littérature. On peut citer entre autres les travaux de Rémi Saumont, et Jacques Bergier. Il faut le reconnaître le domaine est encore en friche et toute nouvelle idée, concept, ou découverte sont les bienvenues, tant l'objectif paraît encore lointain ... et prometteur.



**Demain la
lévitation...**

**selon l'artiste
Tim White**

2 – L'approche scientifique de la lévitation :

Comment réellement léviter, c'est à dire s'affranchir de la pesanteur ? Une première solution consiste à opposer à l'action de la gravité une force équivalente de quelque nature que ce soit. C'est le cas de la fusée, de la montgolfière, de l'avion ou encore de la répulsion électromagnétique. Une autre solution plus originale est de s'affranchir de la gravité en usant d'un principe physique de même nature. On parle alors de "dégravitation" (6)(7). Ce néologisme est apparu pour la première fois dans la littérature, sous la plume du chercheur Rémi Saumont (8). Il s'applique parfaitement au cas étudié ici, car il s'agit très nettement de s'opposer à l'action de la gravité en usant de ses propres caractéristiques et ce d'une façon continue et régulière, d'où l'appellation "de-gravitation", contracté ensuite en "dégravitation". Cette

dénomination est nettement préférable au terme plus commun "d'anti gravité", qui n'explicite aucun des principes physiques sous-jacents (si ce n'est peut-être une hypothétique gravité "négative" ou "miroir"...). De plus, ce terme a été si souvent galvaudé et utilisé à tort et à travers, qu'on ne sait plus trop ce qu'il recouvre exactement.

3 – Repenser la notion de poids en mécanique Newtonienne :

Considérons un satellite en orbite circulaire autour de la terre (10). Pour un observateur terrestre, son poids \mathbf{P} (produit d'une masse pesante par l'attraction de la pesanteur) est contrebalancé très exactement par une force centrifuge \mathbf{F} de sens opposé (produit d'une masse inertielle par l'accélération centrifuge de rotation autour de la terre) ; ce qui s'écrit $\mathbf{P}=\mathbf{F}$. Ces forces antagonistes d'attraction et de répulsion, relèvent du même principe physique. Elles s'expriment toutes deux sous la forme du produit d'une masse (pesante ou d'inertie) par une accélération (attraction de la pesanteur ou répulsion centrifuge). Pour notre observateur terrestre, la force centrifuge \mathbf{F} , agit comme une force de répulsion **dé-gravitante**. Comme on va le voir, l'utilisation de ce terme dégravitant d'inertie n'est pas restreinte au cas particulier de la satellisation, mais peut être généralisé à tout déplacement d'un corps sur une trajectoire circulaire, centrée sur le centre d'attraction gravifique d'un astre.

En physique, **masse pesante** et **masse inertielle** sont strictement équivalentes et peuvent être manipulées dans les équations comme une seule et même grandeur physique \mathbf{m} (2). On peut donc écrire la condition d'équilibre $\mathbf{P}=\mathbf{F}$ du satellite sous la forme $\mathbf{m.g}=\mathbf{m.Acc}$, où \mathbf{g} désigne l'attraction de la pesanteur et \mathbf{Acc} l'accélération centrifuge de rotation. Il vient $\mathbf{P}-\mathbf{F}=\mathbf{0}$, c'est à dire $\mathbf{m}(\mathbf{g}-\mathbf{Acc})=\mathbf{0}$. Le terme de gauche de l'équation est intéressant. Il a la dimension d'une force et correspond à un "pseudo-poids", appelé **poids apparent** \mathbf{P}_{app} . Il revient à composer l'attraction de la pesanteur \mathbf{g} et l'accélération centrifuge de rotation \mathbf{Acc} dans la définition du poids d'un corps, c'est à dire $\mathbf{P}_{app}=\mathbf{m}(\mathbf{g}-\mathbf{Acc})$. La satellisation sur une orbite circulaire n'est plus alors perçue comme le résultat d'un équilibre exceptionnel entre un poids et une force de répulsion, mais plutôt comme le point particulier de la courbe de variation du **poids apparent**, pour lequel $\mathbf{P}_{app}=\mathbf{0}$. Cette définition n'est pas aussi farfelue qu'il y paraît. Ainsi à l'équateur, un corps pèse moins lourd qu'aux pôles, principalement à cause de la rotation de la terre sur elle-même. Ce que l'on mesure alors explicitement sur la balance, ce n'est pas le poids classique \mathbf{P} , mais bien le poids apparent \mathbf{P}_{app} , qui est le produit de la masse par la **résultante** des accélérations de la pesanteur et de la rotation terrestre. Cette interprétation originale de la notion de poids en physique est à la base de la dégravitation. On peut dire que le poids apparent d'un corps quelconque, parcourant une trajectoire circulaire centrée sur l'origine du champ de pesanteur d'un astre, est variable. Il est égal au poids classique lorsque le corps est à l'arrêt, il est diminué à l'équateur, nul pour un satellite en orbite circulaire et même négatif sous certaines conditions ! La force centrifuge de rotation autour d'un astre est bien une force de répulsion dé-gravitante, au vrai sens du terme. Elle relève d'un principe physique similaire à la force d'attraction gravifique et agit d'une manière continue et régulière. Masse pesante et inertielle peuvent disparaître des équations et l'on peut raisonner uniquement sur les accélérations. On définit alors un vecteur attraction de la pesanteur apparent \mathbf{g}_{app} , qui est égal à $\mathbf{g}-\mathbf{Acc}$.

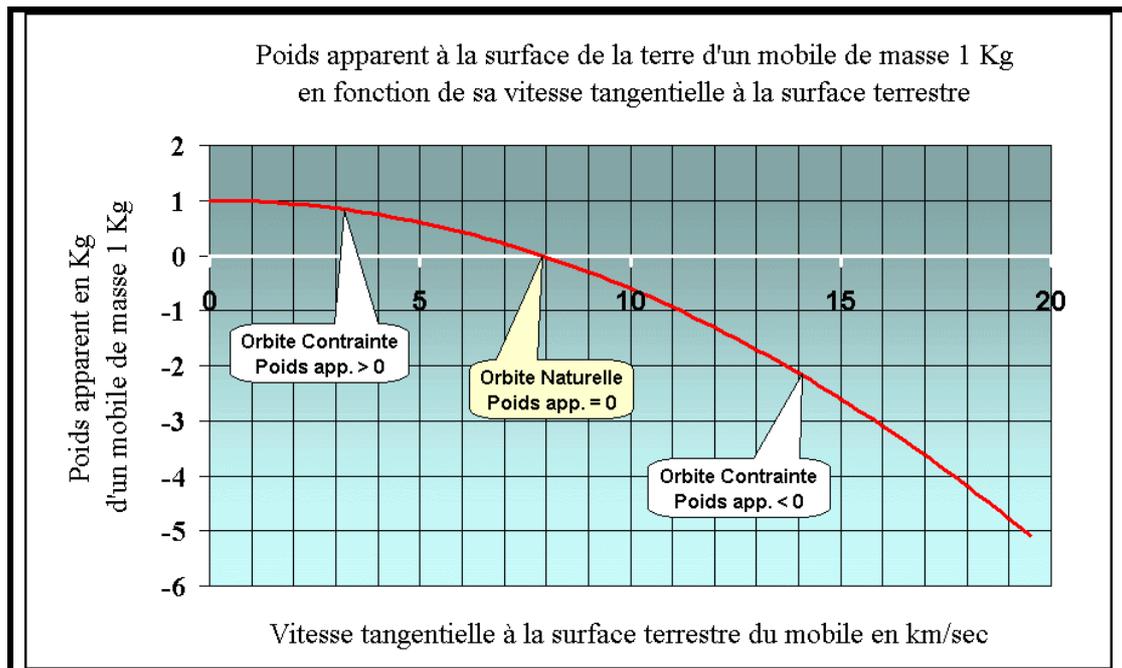
Le poids apparent P_{app} est le produit d'une masse m par la résultante des accélérations de la pesanteur (notée g) et centrifuge de rotation (notée Acc).
 Ce qui s'écrit : $P_{app} = m \cdot (g - Acc) = m \cdot g_{app}$.

A la surface de la terre on a les grandeurs suivantes :

	G constante de gravitation égale à $6.672 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$
$g = (G \cdot M_{Terr} / R_{Terr}^2)$	M_{Terr} Masse de la terre égale à $5.977 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
	R_{Terr} Rayon moyen de la terre égale à $6.370 \cdot 10^6 \text{ m}$
$Acc = V_{tang}^2 / R_{Terr}$	g à la surface de la terre vaut approximativement 9.8072 m/s^2
	V_{tang} Vitesse tangentielle à la surface terrestre en m/s

4 – Une expérience imaginaire pour illustrer le concept du poids négatif :

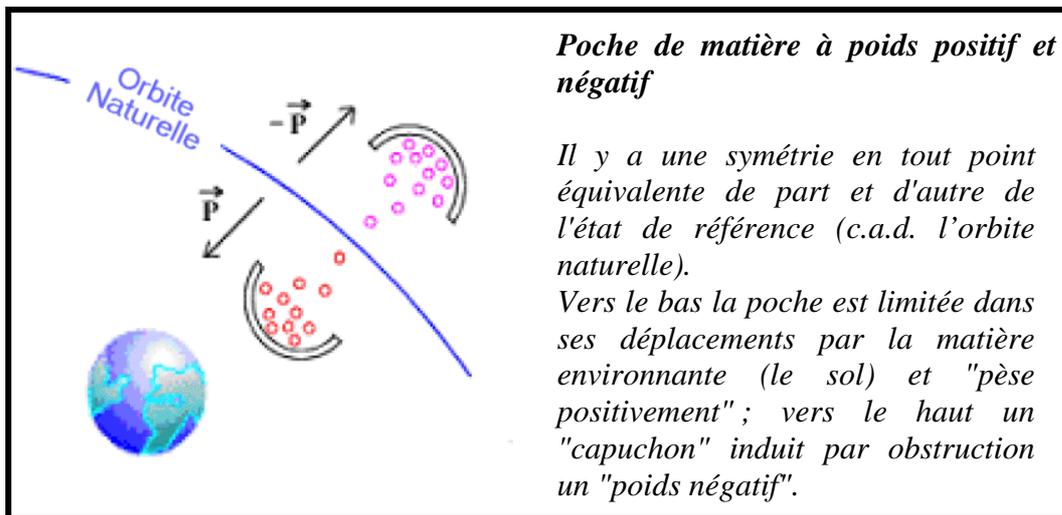
Imaginons un commerçant de fruits et légumes, installé dans un train à grande vitesse. Avant le départ, alors que le train est encore au repos, il pèse ses fruits et trouve un poids P_0 . Ce train à grande vitesse est particulièrement performant. A la sortie de la ville sa vitesse est déjà de l'ordre de 5.7 km/sec. Si le commerçant pèse ses fruits, il ne trouvera plus que la **moitié** de leur poids initial P_0 . Le train continue son accélération ; au passage de la frontière il a une vitesse approximative de 8 km/sec. C'est la vitesse d'un satellite orbitant autour de la terre, et le poids des fruits sur la balance est maintenant nul. D'ailleurs tout flotte dans le compartiment à cette vitesse : le vendeur, les fruits et les acheteurs. Si tout ce beau monde pouvait se peser, les diététiciens mettraient la clé sous le paillason... Ce train à grande vitesse est un peu spécial. Un guide au centre de la voie l'empêche de flotter ou de décoller sur les bosses. A mi-parcours il atteint une vitesse de 9.7 km/sec. Tout le monde dans le train est collé au plafond par la force centrifuge. Le panier de fruits pèse alors la moitié de son poids, mais son poids est cette fois **négatif** ! Il est dirigé vers le ciel et non plus vers le centre de la terre ! On pourrait continuer ainsi et calculer les vitesses nécessaires pour que le poids des fruits soient de $-P_0$, voir plusieurs fois négatifs. Qu'en conclure, hormis que le commerce dans les TGV est périlleux ? Sur une trajectoire circulaire de rayon constant, suivant sa vitesse, le poids d'un corps est libre de varier dans l'intervalle $] -\infty, P_0]$. Ce poids ne pourra jamais excéder P_0 positif, mais n'a pratiquement pas de limite négative, sinon celle causée par la vitesse finie de la lumière.



5- Orbites naturelles et contraintes :

En dégravitation, on est amené à distinguer 2 classes distinctes de trajectoires orbitales : ce qu'on appelle les **orbites naturelles** et les **orbites contraintes**. Pour illustrer cette distinction, considérons à nouveau un satellite sur une orbite autour d'un astre. On va supposer que les seules orbites qui lui soient accessibles sont circulaires. Au besoin on "**circularisera**" toute trajectoire elliptique, en la transformant en l'orbite circulaire équivalente de même énergie totale et même plan orbital. Dans cette configuration particulière, l'énergie cinétique du satellite est égale à la moitié de son énergie potentielle (théorème de Viriel). Si par une impulsion tangentielle au déplacement on modifie ce rapport de 1/2, il va se produire spontanément une redistribution des parts des énergies cinétiques et potentielles, de manière à restaurer la proportion d'équilibre de 1/2. En conséquence, l'énergie potentielle du satellite va varier, ce qui se traduira concrètement par un rayon orbital plus grand ou plus petit suivant le cas. Cette sorte de "**dynamique**" de la satellisation est fondamentale. En clair, dans ce modèle particulier (qui est celui de la dégravitation), un corps en déplacement libre dans le champ d'attraction d'un astre, se place spontanément sur l'orbite circulaire associée à son énergie totale. Cette orbite de référence ou d'équilibre, c'est l'orbite dite **naturelle**, pour laquelle le poids apparent est nul. Si maintenant, malgré une variation d'énergie totale, on force le satellite à demeurer toujours sur la même orbite, alors celle-ci prend le qualificatif de **contrainte**. Dans ce cas, on oppose une résistance à la tendance spontanée du satellite à rejoindre son orbite naturelle. La réaction à cette opposition, c'est le poids apparent non nul, qui peut être **positif ou négatif**. Il est d'autant plus important que les parts respectives des énergies cinétique et potentielle s'écartent de la proportion 1/2. Habituellement, c'est l'environnement extérieur, la surface de l'astre, qui par sa résistance mécanique à la pénétration, est responsable de l'apparition des orbites contraintes à poids apparent positif. Ainsi, dans l'exemple précédent, le TGV et son commerçant évoluent sur une orbite contrainte, de la gare de départ à la vitesse de satellisation de 8 km/s. Le train repose sur la voie et son poids positif est la réaction à la résistance du sol, qui

l'empêche de rejoindre plus bas, sous terre, son orbite naturelle. A 8 km/s l'orbite est naturelle ; aucune contrainte extérieure de la part de l'environnement n'intervient. Le poids apparent est nul. Au delà de cette vitesse, on repasse sur une orbite contrainte. Le guide empêchant le train de décoller, contraint celui-ci à rester sur la voie ; En réaction, le poids est négatif. Pour les mêmes raisons, un passant à la surface de la terre évolue sur une orbite contrainte. Il pèse parce que le sol l'empêche de rejoindre plus bas son orbite naturelle. Si soudainement la terre venait à s'effondrer sur elle-même en l'équivalent d'un trou noir, le sol disparaissant soudainement, ce passant chuterait jusqu'à qu'il rejoigne spontanément l'équivalent de l'orbite naturelle associée à son énergie totale (somme des énergies potentielles et cinétiques). Contrairement à l'interprétation Newtonienne commune, **le poids n'est que l'expression d'une entrave au libre déplacement de la matière à la surface d'un astre**. C'est parce que la matière environnante fait obstruction au déplacement vers l'état de référence (l'orbite naturelle) que le poids apparaît en réaction. S'il n'y a plus obstruction, le poids disparaît aussitôt (cas du passager dans l'ascenseur en chute libre) (11). Cette relation est aussi valable pour un poids négatif. *Il est ainsi formellement concevable de conditionner une poche de matière à poids négatif, et d'obtenir ainsi une portance, sans aucun point d'appui direct sur l'astre !*



6 – Implications locales – Suite de l'expérience imaginaire du train à grande vitesse :

Hormis l'aspect purement intellectuel, ce nouveau paradigme scientifique qu'est la dégravitation, n'apporterait pas grand chose, s'il n'était susceptible d'applications réelles, avec en perspective la lévitation comme objectif principal. Tel qu'il a été présenté jusqu'ici, le terme dégravitant d'inertie concerne essentiellement des déplacements orbitaux circulaires, de la dimension d'un astre ou d'une planète. Qu'en est-il à une échelle locale ? Comment concevoir et conditionner localement une poche de matière à poids négatif ? Pour y répondre on va remonter dans le train à grande vitesse du paragraphe précédent et poursuivre notre voyage. Avant toute chose, on observe que sur la totalité du réseau ferroviaire, les voies sont horizontales sur le sol ; elles ne sont nullement inclinées dans les virages. Le guide qui empêche les wagons de décoller, les maintiens tout aussi fermement sur la voie en cas de courbe. On a vu qu'à la vitesse de 9.2 km/sec, les passagers, sont collés au plafond par la force

dégravitante et pèsent négativement la moitié de leur poids. En virage, ils sont de plus plaqués sur le bord par la force centrifuge. Quelque soit la vitesse du train, ces 2 forces sont indépendantes les unes des autres et à chaque instant font un angle de 90° entre elles. Qu'il y ait virage ou pas virage, la force dégravitante est toujours présente, dirigée vers le haut, perpendiculaire au sol, et son intensité ne dépend que de la vitesse instantanée. A la gare d'arrivée, les commerçants de fruits et légumes manifestent en occupant les voies, et on les comprend vues les difficultés financières qu'ils rencontrent... Afin d'épargner aux passagers un bombardement en règle avec force tomates, abricots ou brocolis, les cheminots décident d'orienter temporairement le train sur une voie de garage circulaire. Toujours à la vitesse de 9.2 km/sec, le train décrit maintenant un cercle à la surface de la terre. La force dégravitante est inchangée, simplement elle est devenue locale. Elle apparaît tout autant sur la portion limitée de voie circulaire que sur une orbite complète. On parle alors de "**dégravitation locale**". D'ailleurs les voyageurs vont bientôt pouvoir expérimenter une nouvelle configuration de dégravitation locale. L'occupation des voies s'éternisant et les passagers se plaignant du tournis, les cheminots re-directionnent le train sur une section de voie rectiligne, à peine plus longue que le train lui-même, et terminée par 2 buttoirs parfaitement élastiques. Le train rebondit instantanément d'avant en arrière, alors que les passagers sont toujours collés au plafond par la force dégravitante, toujours présente. A la gare, les CRS dégagent les voies à coup de concombres et d'amandes. Les cheminots respirent, les voyageurs aussi. Lorsqu'ils sont arrivés à destination et descendent des wagons, les passagers sont aussi peu frais que les débris végétaux qui jonchent le sol. Ils ont vécu avec beaucoup d'intérêt l'expérimentation locale de la dégravitation, via le tourniquet infernal et le shaker fou, et on les en remercie. Fin du voyage, fin de l'histoire rocambolesque du train à (très) grande vitesse...

Que retenir de cette dernière expérience imaginaire (et quelque peu fantaisiste), si ce n'est que la dégravitation peut aussi s'exprimer localement. Les équations donnant le poids apparent sont indépendantes du temps et s'appliquent aussi bien à la totalité d'une trajectoire orbitale (contrainte ou naturelle), qu'à une de ses sections. Le contraire eut été étonnant. Le poids (apparent ou non) est une mesure locale, et la trajectoire orbitale d'un satellite n'est pas autre chose qu'une succession d'arcs, résultat de l'action instantanée et ponctuelle des lois de la gravitation.

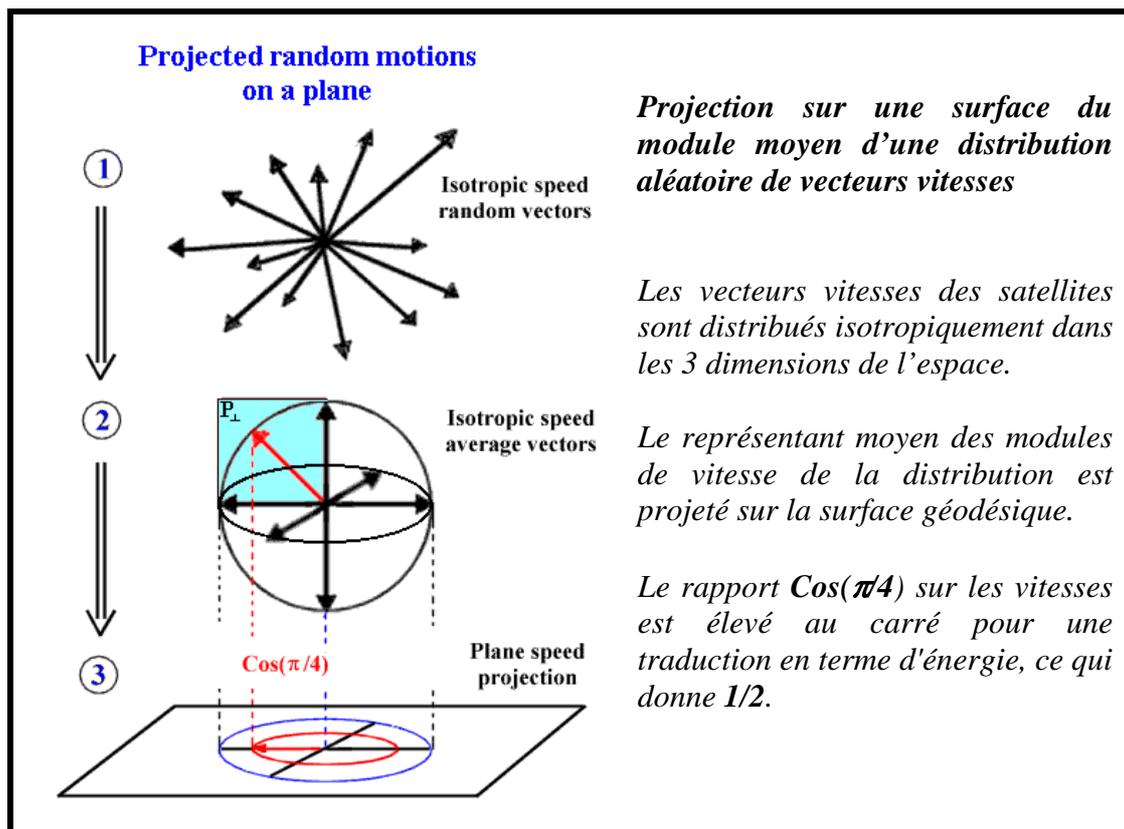
7 – La notion de "surface de satellisation" et la satellisation "excentrée" :

Cette expérience imaginaire a aussi le mérite d'introduire une notion inédite en gravitation, celle de "**surface locale de satellisation**". Dans la nature, les mouvements des corps dans l'espace autour d'une masse pesante sont des ellipses ou des hyperboles, inscrites dans un plan. Imaginons maintenant 2 satellites de masses équivalentes, évoluant sur des orbites circulaires de même énergie et qui se croiseraient à peu de distance. Supposons que l'on puisse subitement les relier par un câble de masse négligeable ; l'ensemble serait alors affecté d'un mouvement de rotation. Pour autant, observerait-on la chute de cet ensemble sur l'astre ? D'ailleurs, si par la suite la liaison venait soudainement à se rompre, les 2 satellites reprendraient leur course, sur des orbites équivalentes aux précédentes, à la direction prés... Une analyse plus fine, montrerait que la liaison mécanique a pour effet de **changer continuellement le plan orbital des trajectoires** suivies par les satellites. Ceux-ci

sont toujours satellisés, mais sur ce qu'on peut appeler des "éléments de trajectoires orbitales instantanés"⁽³⁾⁽⁵⁾. Il en est ainsi de la voie de garage circulaire du train à grande vitesse. Une approche "statistique" permet de préciser cette notion de "surface de satellisation" et d'en généraliser l'expression sur toute la plage de variation du poids apparent.

8 – L'approche statistique – le nuage de satellites :

En dégravitation, les trajectoires des corps sont supposées circulaires, centrées sur l'origine du champ d'attraction de l'astre. Dans la nature, les orbites des satellites sont rarement des cercles parfaits. Ils décrivent essentiellement des ellipses (dont un foyer coïncide avec le centre d'attraction de l'astre) ou encore des hyperboles s'étirant à l'infini, pour peu que leur énergie totale excède l'énergie de libération. On a vu que la **circularisation** des trajectoires orbitales elliptiques, est déjà une manière de "normaliser" le déplacement de façon à le conformer au modèle simplifié des orbites circulaires de la dégravitation. Une approche statistique plus généraliste permet de justifier l'utilisation de ce modèle en lévitation et de préciser la relation entre dégravitation et trajectoires orbitales quelconques. On considère un grand nombre de satellites en orbite naturelle (ou contrainte) autour d'un astre, avec un spectre de distribution des énergies totales régulier, dont aucune n'excède cependant l'énergie de libération. Leurs trajectoires sont quelconques et variées, allant du cercle à l'ellipse si déformée, qu'elle se résume à un segment de droite centrée sur l'astre. L'ensemble de ces trajectoires enserme l'astre d'une manière homogène. Les satellites sont suffisamment nombreux pour qu'on puisse les assimiler à un "**nuage de satellites**", par analogie au nuage électronique des atomes. Dans l'expression du poids apparent, le terme dégravitant est un terme d'inertie centrifuge de rotation autour de la terre. Seule la composante de vitesse instantanée parallèle à la surface de l'astre participe à la dégravitation. D'un point de vue statistique et géométrique, on montre que la contribution dégravitante du nuage de satellites **est de moitié inférieure** à ce qu'elle serait si toutes les trajectoires des satellites étaient circulaires. Ce facteur **1/2** est fondamental. Il permet dans les calculs, de tenir compte des distributions aléatoires de mouvements et de les traiter statistiquement comme des déplacements uniquement tangents à la surface de l'astre.



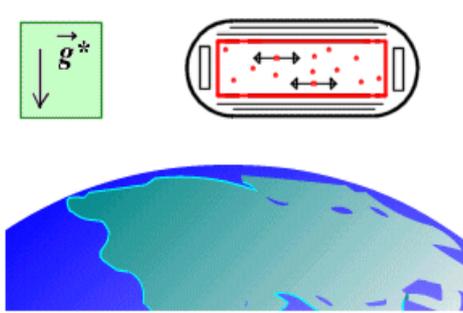
Le nuage de satellites a les caractéristiques d'une distribution statistique. Ainsi, on peut définir un représentant moyen au sein de ce nuage, qui serait "satellisé" sur la surface d'une sphère de même équipotentiel gravifique (un géoïde de l'astre). La **dynamique** de ce représentant moyen – et donc du nuage de satellites dans son ensemble – est en tout point équivalente (au facteur 1/2 près) à celle d'un corps sur une trajectoire circulaire. En réponse à une augmentation d'énergie totale il va enfler, et inversement se contracter si son énergie venait à décroître. ***A tout moment la dynamique satellitaire agit de manière à ce qu'en moyenne, le nuage de satellites se positionne spontanément au plus proche de la surface de satellisation naturelle correspondant à son énergie totale moyenne.*** Sur une telle surface de satellisation naturelle, le théorème de Viriel est modifié du facteur 1/2 : l'énergie cinétique moyenne est cette fois **égale** à l'énergie potentielle moyenne. Par rapport à un satellite sur une orbite classique circulaire, il faut disposer de 2 fois plus d'énergie cinétique pour atteindre en moyenne une "orbite" haute. Le nuage de satellites peut-être traité en partie sous l'angle de la thermodynamique statistique des gaz ou du plasma. Remplacer les satellites par des atomes, des ions ou toute autre particule, ne change en rien nos observations, et ouvre la voie à une forme d'ingénierie de la dégravitation limitée à des champs de pesanteur de faibles intensités. On comprend mieux pourquoi la dégravitation se limite au modèle simplifié des orbites circulaires. La plupart des dispositifs lévitant que l'on peut imaginer sur la base de la dégravitation, relèvent de cette approche thermo-statistique. Point n'est besoin de considérer la diversité des types de trajectoires, le nuage ou "gaz" de satellites est analogue dans son comportement et son traitement au modèle simplifié des trajectoires orbitales circulaires.

9 – l'ingénierie de la lévitation :

Tous les éléments théoriques sont maintenant en place, qui permettent d'imaginer un dispositif lévitant basé sur la dégravitation. On peut dire que l'ingénierie de la dégravitation, c'est "une poche de matière à poids négatif, emprisonnée dans de la matière pesant positivement, et qui presse vers le haut, (tout comme un poids positif presse vers le bas), allégeant l'ensemble d'autant". Ce qui s'écrit $P^+ + P^- = P_{app}$, avec $P^+ = M_{tot} \cdot g$ poids positif, $P^- = m_{deg} \cdot Acc$ poids négatif, P_{app} poids apparent du dispositif complet, M_{tot} masse totale du dispositif complet, g accélération de la pesanteur, m_{deg} masse de la partie dégravitante et Acc accélération centrifuge de rotation. A l'équilibre, c'est à dire en état de lévitation $P^+ = P^-$. La "poche" de matière à poids négatif, appelée "**matière dégravitante**", peut-être quelconque, pourvu qu'elle soit associée à un déplacement local de matière, suffisamment énergétique pour que la force centrifuge de rotation (autrement dit le terme dégravitant) ait une action significative. Pour calculer l'énergie nécessaire à la sustentation du dispositif complet (c'est à dire $P_{app}=0$), il suffit de considérer sa masse totale, matière dégravitante comprise, et de déterminer l'énergie nécessaire à une satellisation classique au niveau de la surface terrestre. C'est la seule matière dégravitante (la poche à poids négatif) qui devra supporter toute cette énergie. On le voit, le problème revient à concentrer de fortes énergies dans un petit volume. Là est toute la question de l'ingénierie de la dégravitation, en particulier pour d'éventuels systèmes à vocation terrestre. Diverses combinaisons chiffrées en donne la mesure et les limites dans le cadre d'une application terrestre :

Accélérateur de particules et dégravitation

Les ions sont des particules électriquement chargées qui peuvent être canalisées par un champ magnétique. Leur mouvement peut alors être orienté très précisément dans une direction donnée. A chaque extrémité un miroir magnétique inverse le mouvement des particules.



– Considérons un anneau simple de **1 m** de rayon et de masse **1 kg** répartie "ponctuellement" sur sa périphérie. Pour une dégravitation terrestre, son énergie cinétique de rotation doit être de **$3.13 \cdot 10^7$ Joule** et sa pulsation est alors de **$7.9 \cdot 10^3$ radian/sec**. L'accélération radiale interne dans l'anneau est de **$6.3 \cdot 10^7$ m/s²**,... l'explosion garantie. ! Si maintenant l'anneau a un rayon de **1 km**, pour une masse de **100 tonne**, alors la pulsation est de **7.9 radian/seconde**, pour une accélération radiale interne de **$6.25 \cdot 10^4$ m/s²**.

– Supposons un réseau cristallin composé d'atomes simples. Pour assurer un effet dégravitant terrestre à chacun de ces atomes, il faut que leur vitesse moyenne

tangentielle soit de l'ordre de celle attendue lors d'une satellisation soit 10^4 m/s . Si les atomes du réseau sont par exemple des ions carbone, chacun aura une énergie cinétique d'environ 6 eV , à comparer au 7 eV d'énergie de liaison par atome de diamant. Les ordres de grandeur sont donc proches, et on peut penser trouver une combinaison satisfaisante, mais la marge de manœuvre est extrêmement étroite. De plus elle ne s'applique qu'à la matière dégravitante elle-même, sans tenir compte du poids inerte d'une éventuelle structure qu'il faudrait aussi compenser.

– Une bulle chaude de gaz de protons (hydrogène) de 1 kg , est répartie dans un volume de 100 m^3 – soit un cube de 4.65 m de côté. Portée à une température raisonnable de $10^3 \text{ }^\circ\text{Kelvin}$, elle équilibre approximativement sa pression intérieure avec celle de l'atmosphère proche du niveau de la mer. L'enveloppe réfléchissante de la bulle peut-être légère voire inexistante, puisqu'elle ne subit pas de contraintes autre que radiative. Supposons-la sans poids. L'énergie cinétique isotropique moyenne de chaque proton est de 0.13 eV soit $2 \cdot 10^{-20} \text{ Joule}$ ($E_c=3/2 \cdot K \cdot T$). Sa vitesse tangentielle moyenne est alors de $3.46 \cdot 10^3 \text{ m/s}$ ($E_{c,tang}=1/2 \cdot E_c$). L'effet dégravitant que subit la bulle est de 1.9 m/s^2 soit 0.2 fois la pesanteur terrestre. La masse du 1 kg de protons ne pèserait plus en réalité que 0.8 kg dans le champ de pesanteur terrestre.

Cet exemple "central" montre que des vitesses et des énergies intenses doivent être mises en jeu pour faire apparaître un effet dégravitant intéressant sur terre. De simples forces inter-atomes, seront incapables de supporter le confinement de fortes énergies. Qu'on imagine l'énergie contenue dans un météorite compact de 1 kg ; aucune structure matérielle ne résiste à son impact. Doit-on alors se tourner vers les énergies de liaisons fortes, celles des noyaux ? Descendre à leur échelle, n'est pas sans poser de grandes interrogations (rayon de l'atome d'hydrogène : $0.53 \cdot 10^{-10} \text{ m}$, rayon du noyau d'hydrogène : 10^{-15} m), car à cette échelle quantique, on ne sait plus trop ce qu'est le déplacement. Pour exciter le cœur des atomes, il faut utiliser un rayonnement gamma, et les vibrations internucléaires – comme le spin nucléaire par exemple – doivent être de préférence orientées pour générer un effet dégravitant digne d'intérêt. La satellisation de 1000 kg de structure dont 1 kg supporte seul la dégravitation, nécessite une énergie de $0.5 \cdot 10^{11} \text{ Joule}$. Chacun des $6 \cdot 10^{26}$ nucléons du 1 kg de matière portante doit disposer à lui seul de $8.3 \cdot 10^{-17} \text{ Joule}$ soit $\sim 500 \text{ eV}$. A titre de comparaison, l'énergie de cohésion du noyau se chiffre en MeV , bien au-delà des grandeurs requises pour une dégravitation terrestre.

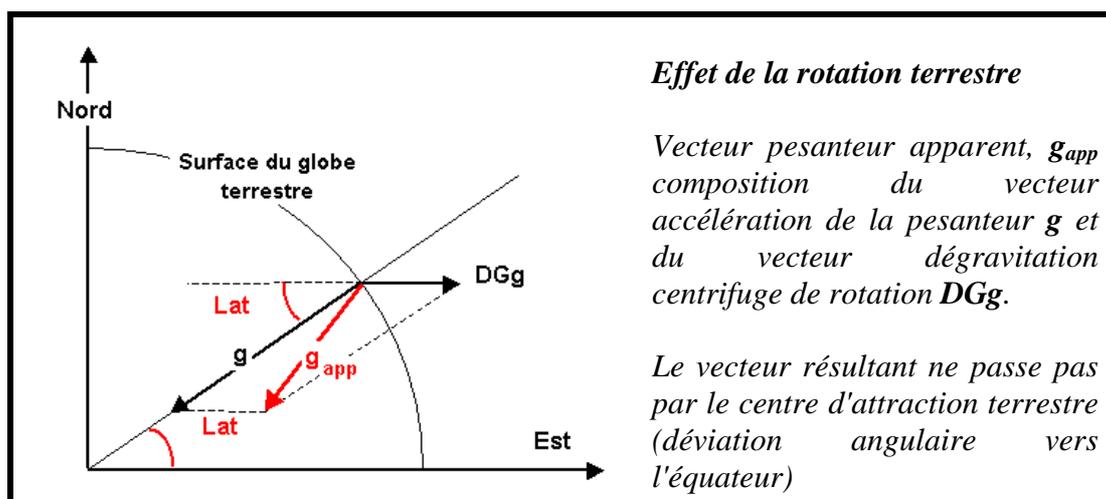
Si la lévitation via la dégravitation est théoriquement possible, une application simple dans le champ d'attraction terrestre est inenvisageable à l'heure actuelle pour d'évidentes raisons techniques. A l'aide de la technologie actuelle, de tels dispositifs seraient réservées à des champs de gravité faibles, comme celui d'une comète par exemple. A moins de trouver une astuce technique inédite ou de mobiliser l'énergie de cohésion des noyaux atomiques, la perspective d'une utilisation terrestre est encore lointaine. Il n'en reste pas moins que l'hypothèse de la dégravitation est parfaitement testable en laboratoire. Ainsi si l'on considère un disque homogène horizontal en rotation, on peut montrer, que sur terre, le terme dégravitant (en m/s^2) est donné par la formule approchée $a_d=ct \cdot (N \cdot R)^2$, avec $ct=(\pi)^3 \cdot 10^{-7}$ en condition terrestre, N nombre de rotation par seconde, et R rayon du disque. Pour un disque homogène de 1 m de rayon, tournant à 100 tours par seconde (6000 rpm), alors $a_{deg}=0.031 \text{ m/s}^2$ ($a_{deg}=0.015 \text{ m/s}^2$ si l'axe de rotation du disque est incliné de 90°). Ces grandeurs sont tout à

fait mesurables en laboratoire. Elles ne prennent cependant pas en compte les effets induits par la rotation de la terre sur elle-même (la précession, la force de Coriolis).

10 – L'effet de la rotation terrestre :

La terre est une quasi-sphère en rotation autour d'un axe Nord-Sud. Du fait de cette rotation – et d'une élasticité non négligeable à cette échelle – le rayon équatorial (**6378.14 km**) est plus important d'une vingtaine de kms que le rayon polaire (**6356.78 km**). L'attraction gravimétrique à l'équateur est donc moindre qu'au pôle pour 2 raisons: Une raison liée à la distance au centre d'attraction est une autre, prédominante, liée à la force centrifuge de rotation (dégravitation). Ainsi une balance de précision étalonnée au pôle ne peut être utilisée à l'équateur sans un re-calibrage préalable. Quelques chiffres donnent la mesure de cette variation: Une masse pesante de **100kg** au pôle ne pèse plus que **98.988 kg** à l'équateur (soit **1.012 kg** de différence) si la balance polaire est utilisée. A une latitude intermédiaire de **45° Nord**, la variation de poids est alors de moitié: **0.507 kg**. A cette même latitude de **45° Nord**, considérons un corps de poids **100kg**, mesuré avec une balance localement calibrée. Si ce corps se déplace vers l'Est avec une vitesse de **500 km/h**, sur cette même balance, il n'affichera plus qu'un poids de **99.824 kg**. Si par contre il se déplace avec la même vitesse vers l'Ouest (en sens inverse de la rotation de la terre) son poids apparent sera de **100.115kg**. Enfin si la direction de son déplacement est Nord-Sud, alors il ne pèsera plus que de **99.969 kg**. Avec une vitesse de **3600 km/h (1000 m/s)** ces valeurs deviennent **97.391 kg** pour un mouvement vers l'Est, **99.453 kg** pour un déplacement vers l'Ouest et enfin **98.400 kg** si le mouvement est Nord-Sud.

La rotation naturelle de la terre induit des effets secondaires, qu'il faut prendre en compte dans toute expérimentation de la dégravitation. Cette rotation est aussi responsable d'une légère déviation vers l'équateur de la direction du vecteur "pesanteur apparent": **0.099°** vers le Sud, toujours à la latitude de **45° Nord**. Cette déviation angulaire croît avec la vitesse du mobile. Toujours à la même latitude, elle est par exemple de **1.661°** pour le mobile se déplaçant vers l'Est à **1000 m/s**.

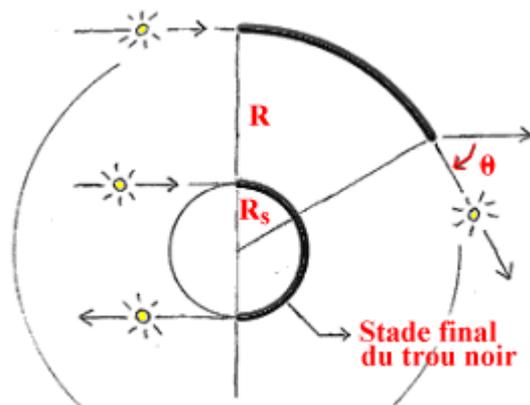


11 – La déviation du photon en proportion inverse du rayon orbital – méthode rapide de calcul et commentaires:

L'orbite naturelle d'un photon autour d'un astre se calcule aisément en considérant que l'accélération apparente qu'il subit est nul: $\mathbf{g}_{app}=\mathbf{0}$ (poids apparent $\mathbf{P}_{app}=\mathbf{0}$, si le photon avait une masse). Sur cette orbite circulaire, il gravite à une distance $\mathbf{R}_S=\mathbf{G.M}/\mathbf{C}^2$, qui correspond au rayon du stade final du trou noir, celui pour lequel il y a équilibre entre matière et gravitation. \mathbf{G} désigne la constante de gravitation, \mathbf{M} la masse de l'astre et \mathbf{C} la vitesse de la lumière. La déviation maximum de ce photon sur cette orbite naturelle est de π , ce qui signifie qu'au bout d'1/2 orbite, il aura inversé complètement son sens de parcours. Il revient vers sa source d'émission ; il ne peut y avoir mieux comme déviation ! Parallèlement, sur une orbite plus excentrée de rayon \mathbf{R} , on considère un second photon dévié d'un angle θ . La dégravitation permet de calculer très simplement cet angle θ de déviation.

Déviation du photon

Il existe une relation de proportionnalité inverse entre les angles de déviation et les distances au centre de masse. On a : $\theta \rightarrow 1/\mathbf{R}$ pour le photon sur l'orbite quelconque de rayon \mathbf{R} dont on cherche la déviation θ , et $\pi \rightarrow 1/\mathbf{R}_S$ pour le photon sur l'orbite naturelle de rayon \mathbf{R}_S (correspondant au stade final du trou noir) de déviation maximum π .



La vitesse des photons est de \mathbf{C} dans les 2 cas. Dans le même temps Δt , ils décrivent des arcs de cercle de longueurs égales mais de rayons différents. D'après la géométrie, la circonférence d'un cercle croît proportionnellement au rayon \mathbf{R} et donc pour le photon de vitesse constante, les angles au centre des arcs varient en raison inverse de \mathbf{R} . En d'autres termes, $\text{Arc}=\mathbf{R}.\theta=\mathbf{C}.\Delta t$ et donc $\theta=\mathbf{C}.\Delta t/\mathbf{R}$, ce qui signifie que θ est proportionnel à $1/\mathbf{R}$. On peut donc poser une relation de proportionnalité inverse entre les angles de déviation et les distances au centre de masse. C'est à dire qu'on écrit : $\theta \rightarrow 1/\mathbf{R}$ pour le photon sur l'orbite \mathbf{R} dont on cherche la déviation θ , et $\pi \rightarrow 1/\mathbf{R}_S$ pour le photon sur son orbite naturelle \mathbf{R}_S (de rayon le stade final du trou noir) de déviation maximum π . Il vient $\mathbf{R}_S/\mathbf{R}=\theta/\pi$, ce qui donne $\theta=\pi.\mathbf{R}_S/\mathbf{R}$. Comme $\mathbf{R}_S=\mathbf{G.M}/\mathbf{C}^2$, alors $\theta=\pi.\mathbf{G.M}/\mathbf{R}.\mathbf{C}^2$. Excepté le signe moins qui est conventionnel, on note une différence avec l'expression habituellement rencontrée dans la littérature. Expression classique: $\theta=4.\mathbf{G.M}/\mathbf{R}.\mathbf{C}^2$; expression utilisant la proportionnalité inverse du rayon : $\theta=\pi.\mathbf{G.M}/\mathbf{R}.\mathbf{C}^2$. On peut néanmoins faire quelques observations à propos de ces 2 relations. En utilisant l'expression en proportion inverse du rayon orbital, on a $\theta=\pi.\mathbf{R}_S/\mathbf{R}$, ce qui s'écrit aussi $\mathbf{R}.\theta=\mathbf{R}_S.\pi$. Les termes $\mathbf{R}.\theta$ et $\mathbf{R}_S.\pi$ sont des arcs de cercle. Si $\mathbf{R}=\mathbf{R}_S$, alors $\theta=\pi$ ce qui est tout à fait cohérent. Si $\mathbf{R}=\mathbf{R}_L$ (\mathbf{R}_L étant le rayon de Schwarzschild égal à $2.\mathbf{R}_S$), alors $\theta=\pi/2$. Le photon qui frôle un astre de rayon le rayon de Schwarzschild, est dévié de 90° ; rien de surprenant... Si le même calcul est fait avec l'expression classique il vient respectivement $\mathbf{R}.\theta=\mathbf{R}_S.4$, c'est à dire $\theta=4$

pour le photon frôlant l'astre de rayon le stade final du trou noir, et $R \cdot \theta = R_L \cdot 2$, c'est à dire $\theta = 2$ pour celui frôlant un astre de rayon celui de Schwarzschild; relations qui n'ont pas grand sens, ni géométrique...

12 – Galaxie chaude et froide - dilatation & mouvement des étoiles avec la température :

En dégravitation une bulle de gaz chaud orbite à une distance plus éloignée du centre d'attraction qu'une même bulle de gaz mais froid. Ainsi la distribution de matière dans une galaxie dépend aussi de la température des étoiles ou des nuages de gaz qui la constitue, avec pour conséquence que plus la galaxie est chaude (ou animée de mouvements turbulents) plus elle est dilatée. Pour la même raison, la masse de galaxie interne à l'orbite d'une étoile est sous-estimée si l'effet dégravitant est omis. En utilisant les relations de la thermodynamique statistique reliant température et vitesse de déplacement des particules à l'intérieur d'un astre comme le soleil, on peut montrer que la **masse galactique apparente** M_g interne à l'orbite d'une étoile est tel que

$$M_g = M_{g0} - \frac{R_s}{G} \cdot \frac{v_m^2}{2}$$
, avec M_{g0} la masse galactique interne vraie, R_s le rayon orbital de l'étoile considérée, G la constante de gravitation et v_m la vitesse moyenne des particules à l'intérieur de l'astre. Si l'étoile venait à se refroidir à 0°K , ses paramètres orbitaux seraient donnés par $V_{s0}^2 = V_s^2 + v_m^2$ et par $R_{s0} = \frac{R_s}{2} \cdot \left(1 + \frac{G \cdot M_g}{G \cdot M_g + R_s \cdot v_m^2}\right)$

avec V_s et R_s respectivement sa vitesse et son rayon orbital quand elle était chaude. Dans toutes ces expressions le terme en $f(v_m^2)$ est le terme dégravitant. Si $v_m^2 = 0$ alors il est nul et *on retombe sur le cas classique de la mécanique céleste Newtonienne*. En considérant une température moyenne du soleil de $2 \cdot 10^6$ °K et en supposant qu'elle est entièrement traduite en agitation particulaire, on trouve $M_{g0} = 2.297 \cdot 10^{41} \text{kg}$ pour $M_g = 1.764 \cdot 10^{41} \text{kg}$ calculé sans la dégravitation, soit un rapport $M_{g0}/M_g = 1.30$. Si le soleil venait alors à refroidir, il orbiterait à une distance de $R_{s0} = 2.03 \cdot 10^{20} \text{m}$ du centre de la galaxie, au lieu de $R_s = 2.5 \cdot 10^{20} \text{m}$, soit un rapport $R_{s0}/R_s = 0.81$. En clair s'il y avait **10** en distance, elle est ramenée à **8**. Sur cette orbite, il aurait une vitesse $V_{s0} = 2.75 \cdot 10^5 \text{m/s}$ au lieu de $V_s = 2.17 \cdot 10^5 \text{m/s}$, soit un rapport de **1.27**. La vitesse orbitale angulaire du soleil froid est $\omega_{s0} = V_{s0}/R_{s0} = 1.35 \cdot 10^{-15} \text{Rad/s}$, alors qu'elle était de $\omega_s = V_s/R_s = 8.68 \cdot 10^{-16} \text{Rad/s}$, soit un rapport de **1.56**.

Le rayon orbital R_s apparaît dans l'expression de la masse galactique apparente M_g interne à l'orbite d'une étoile. Pour 2 étoiles de même température, M_g varie en fonction de leur distance au centre, c'est-à-dire qu'à v_m^2 constant alors $M_g = f(R_s)$. C'est une fonction linéaire qui coupe l'axe vertical en M_{g0} et s'annule pour $M_{g0} = \frac{R_s}{G} \cdot \frac{v_m^2}{2}$,

c'est à dire $R_s = 2 \cdot G \cdot M_{g0} \cdot \frac{1}{v_m^2}$.

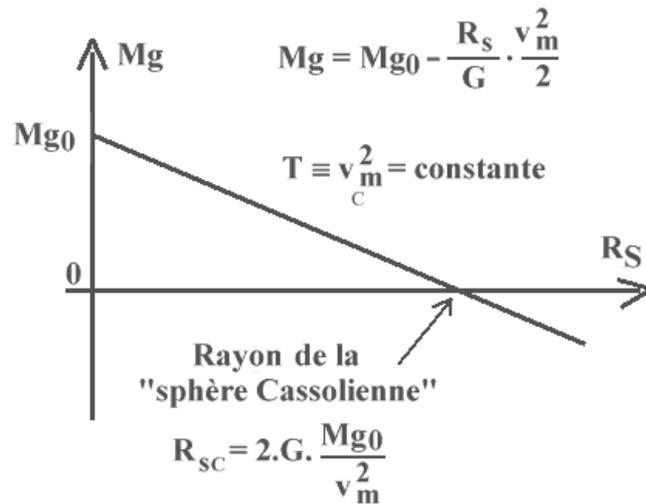
Rayon de la sphère Cassolienne

La fonction masse apparente de galaxie interne à l'orbite d'une étoile s'annule pour une distance

$R_{SC} = 2.G.M_{g0} \cdot \frac{1}{v_m^2}$. Au-delà de

cette distance les étoiles ne sont plus liées à la galaxie que par l'effet dégravitant et peuvent être stationnaires, c'est-à-dire sans mouvement orbital.

Fonction masse apparente M_g



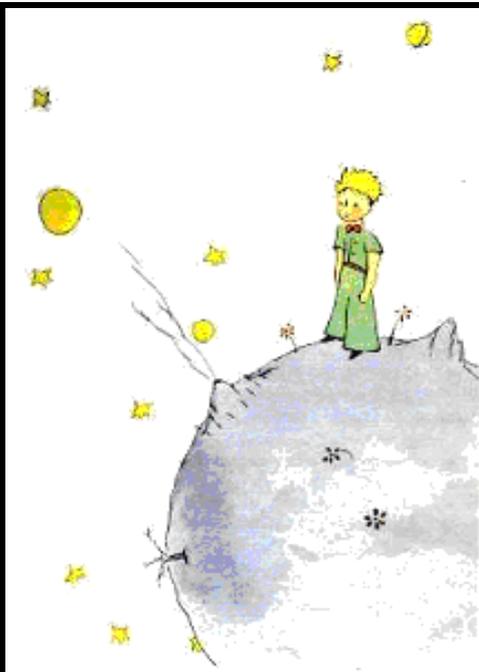
Cette limite $R_{SC} = 2.G.M_{g0} \cdot \frac{1}{v_m^2}$ est une extension de la définition de la sphère de

Schwarzschild. En effet, si $v_m^2 = c^2$ carré de la vitesse de la lumière, elle devient la relation donnant le rayon de la galaxie si elle se réduisait à un trou noir. $M_g = 0$ signifie qu'à cet endroit la force de dégravitation – tournée vers l'extérieur – équilibre très exactement l'attraction des masses intérieures à l'orbite R_{SC} . M_g nulle, veut dire que l'étoile n'est plus **classiquement** dépendante de l'attraction du centre de la galaxie, comme si elle avait été rejetée à l'infini. En supposant que la température moyenne d'une étoile est de **2 millions de degré Kelvin**, on trouve que le rayon de la sphère Cassolienne est de **1.08 E⁺²¹m**, soit environ **4.3** fois la distance du soleil au centre de la galaxie. À cette distance, l'astre a formellement une vitesse nulle relativement à la galaxie et seul le terme dégravitant le maintient à distance du centre. Au delà de cette limite, les étoiles chaudes ne sont plus liées à la galaxie par les lois usuelles de la mécanique Newtonienne.

13 – Conclusion et perspectives :

La dégravitation ne remet en cause aucune des lois physiques connues. Elle ne fait que rendre compte de phénomènes classiques Newtoniens, étudiés depuis une perspective quelque peu particulière, jamais encore envisagée jusqu'ici. Même si les principes de base sont parfaitement classiques, la dégravitation manie aussi des objets et des concepts inédits. Comme pour toute approche novatrice, de nombreuses interrogations se font jour, qu'une bonne expérimentation permettrait en partie de lever. Ainsi, il se peut que l'effet dégravitant ne puisse se manifester au niveau local, parce qu'existerait une "discrétisation angulaire de l'espace", enlevant tout sens à l'expression de la courbure d'un astre sur de faibles distances. En clair, la surface d'un astre serait localement plane sur de petites distances, auquel cas la force centrifuge (et donc le terme dégravitant) ne pourrait plus se manifester. Ceci serait d'autant plus ennuyeux, que d'éventuels dispositifs lévitants à vocation terrestre, nécessiteraient des densités d'énergie importantes, qu'on ne rencontre que dans le

monde quantique de l'atome et de son noyau, c'est à dire sur des distances extrêmement réduites. De plus, à cette échelle, on ne sait plus trop ce que signifie le mouvement, ni ce que représente exactement une distance.



Courbure et portion de trajectoire orbitale

A la surface du globe terrestre, de l'infiniment petit à des distances de l'ordre du kilomètre, la courbure est négligeable.

Ainsi, un satellite parcourant une distance de 1 mètre aura décrit une portion d'arc terrestre de 10^{-5} degré, correspondant à un "dénivelé" de $0.5 \cdot 10^{-7}$ mètre, c.a.d. l'ordre de grandeur d'une grosse molécule.

Tous les systèmes dégravitants locaux font intervenir des "portions de courbure" de cet ordre. A cette échelle on ne devrait pas en tenir compte, à moins de considérer les trajectoires comme "repliées" sur elle-même. La courbure s'exprime bien alors au bout d'un grand nombre de parcours, tout comme elle le ferait pour un trajet orbital équivalent.

Qu'en penserait le Petit Prince de St. Exupéry ?
A son échelle, la courbure de l'astre est une réalité tangible...

Terminons néanmoins sur une touche d'optimisme, avec cette perspective étonnante, qui nous donnera une idée du défi à relever : D'après les lois de la dégravitation, **62.5mg** de matière accélérée au **1/3** de la vitesse de la lumière serait susceptible de "soulever" **10 tonnes** de structure de la surface terrestre. Vivement demain !

F. Marchal

Bibliographie :

- 1/ DAVID-NEEL Alexandra : *Mystiques et magiciens du Tibet*, Librairie Plon, 1929
- 2/ EISENSTAEDT Jean : *Einstein et la relativité générale – Les chemins de l'espace-temps*, CNRS éditions, 2002
- 3/ HAYASAKA H. & TAKEUCHI S.: *Anomalous weight reduction on a gyroscope's right rotations around the vertical axis on the Earth*, Physical-Review-Letter Vol 63, p2701-2704, 1989
- 4/ LEROY Olivier : *La lévitation, Contribution historique et critique à l'étude du merveilleux*, Librairie Valois, 1928
- 5/ McCALLUM M.: *Does a spinning mass really lose weight ?* , New Scientist, p30, Févr. 1990

- 6/ MARCHAL François : *Réflexions sur la "satellisation locale oscillatoire"*, R.F.P., Volume 1 - 2, 1998
- 7/ MARCHAL François : *Sur les chemins de la lévitation – Livres 1 & 2*, Editions Manuscrit, 2004
- 8/ SAUMONT Rémi : *Antigravitation mythe ou réalité*, Fusion n° 81, p8-22, mai-juin 2000
- 9/ YVANOFF Xavier : *La chair des anges – Les phénomènes corporels du mysticisme*, Editions du Seuil, 1998

- 10/ Ouvrage collectif : *Mécanique, Berkeley cours de physique Vol.1*, Armand Colin, 1972
- 11/ Ouvrage collectif : *L'univers de la gravitation*, Science & Vie, hors série n°205, Décembre 1998

Sites Web :

<http://www.americanantigravity.com>