

Errants et errances

(III)

Notes pour tenter de comprendre l'histoire
de la découverte de l'attraction universelle

Voici donc venue la seconde moitié du XVII^{ème} siècle. Galilée et Descartes, pour ne rien dire de tous les autres, ont dégagé les principes de la mécanique. Une grande synthèse va couronner l'oeuvre scientifique de ce grand siècle. Synthèse marquée par le génie de Newton qui va orienter toute la science moderne et marquer à ce point les esprits qu'aujourd'hui encore on peut dire qu'une majorité de personnes honnêtement cultivées vivent avec une conception du monde newtonienne et éprouvent par conséquent le plus grand mal à s'en départir pour concevoir ce que Relativité et Quanta ont apporté depuis comme corrections ou compléments.

Prenons donc bien conscience de qui était Newton et de ce qu'il a apporté.

Isaac Newton

===== I.N. est né le 25 décembre 1642 à Colsterworth, petit village du Lincolnshire, cette région agricole du Nord-Est de l'Angleterre où ses ancêtres étaient des fermiers aisés. La maison natale de I.N. est le manoir de Woolstrope encore visible aujourd'hui.

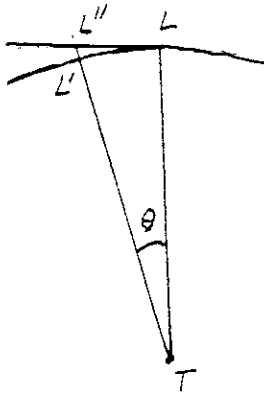
A sa naissance, le jeune Isaac ne semble en rien promis à une grande destinée. Son père est mort quelques semaines avant sa naissance. Le bébé est faible, très menu ; sa mère prétendait qu'il aurait tenu dans une chope de bière, il est vrai qu'il y a de grands buveurs dans la région. A douze ans, Isaac fréquente une Ecole Royale à Grantham. A cette époque, notre écolier reconstitue un modèle de moulin à vent qui vient d'être construit dans la région. En 1661, I.N. est admis au Trinity College de Cambridge où il prendra contact avec Isaac Barrow qui sut l'encourager dans ses études mathématiques. En 1665, Newton obtient le degré de Bachelor of Arts sans distinction particulière.

C'est alors que la "grande peste" entraîne la fermeture de l'Université et le retour d'Isaac au manoir de Woolstrope. Il y restera, solitaire et méditatif, jusqu'à la réouverture des cours en 1667. Période fructueuse pour ce jeune homme qui aimait la solitude et qui était capable d'une extraordinaire concentration d'esprit.

La grande découverte

===== C'est à dire celle de l'attraction en $1/r^2$; elle se situe à cette époque de méditation champêtre, bien qu'elle n'ait été formulée et démontrée correctement que plus tard. Le jeune savant fut-il inspiré, comme Voltaire le prétend dans ses "Lettres philosophiques" par la chute des pommes ? Ou bien l'anecdote est-elle un procédé littéraire pour le vulgarisateur de l'attraction universelle que Voltaire essayait d'être ? Quoi qu'il en soit, Paul Valéry a eu raison d'écrire : "Il fallait être Newton pour apercevoir que la Lune tombe quand tout le monde voit bien qu'elle ne tombe pas." (Carnets, Pléiade

II, p878) ou, encore mieux : "Relativité - selon Newton -. Avant on disait : tous les corps tombent. Mais on exceptait la Terre et on ne pensait aux corps célestes. On disait tous les corps tombent et sont donc non en relation symétrique avec la Terre. Newton dit - la Terre tombe vers la feuille qui tombe vers elle. Les chutes sont réciproques des masses." (idem, p.846). Mais d'abord, la Lune plutôt que la feuille.



En une seconde, la pomme tombe et parcourt 4,9 m ; pendant le même temps, la Lune a parcouru l'arc LL' de son orbite :

$$\theta = \frac{27}{27,322 \cdot 86400}$$

Elle est donc tombée vers la Terre de L''L' $L''L' = TL \frac{\sin^2 \theta/2}{\cos \theta} \simeq TL \cdot \theta/2$ soit 1,36mm

Or $4,9/0,00136 = 3603 \simeq 60^2$

Conclusion : l'attraction est la même sur la pomme et sur la Lune, à la distance près qui intervient par l'inverse de son carré.

Calcul élémentaire mais lourd de signification :

- En premier lieu, l'affirmation implicite qu'une même loi régit un phénomène terrestre, la chute de la pomme, et un phénomène céleste, le mouvement de la Lune autour de la Terre. A partir de 1665, il n'y a plus qu'une physique. C'est toujours sur cet axiome que se développe la science contemporaine, que la cosmologie construit ses modèles les plus performants.
- En second lieu, il y a l'affirmation de l'attraction inversement proportionnelle au carré de la distance. La démonstration rigoureuse demandera du temps à Newton pour deux raisons : il doit disposer d'une bonne évaluation du rayon de la Terre pour comparer la distance du centre de la Terre à la pomme et à la Lune ; il doit aussi pouvoir calculer l'attraction d'une sphère (provisoirement supposée homogène) sur un objet qui lui est extérieur.

Or, en 1665, Newton n'a pas à sa disposition une valeur assez précise du rayon de la Terre. Il devra attendre 1670 pour connaître le résultat de la triangulation Amiens-Corbeil par Picard (Cf Cahiers Clairaut 17, p.13) soit 57000 toises par degré de méridien et un rayon de 6 371 860 m.

Une bonne valeur du rayon de la Terre ne suffit pas. Il faut savoir calculer l'attraction par une sphère homogène. Calcul à la portée d'un taupin 1950, justement parce qu'un jeune Newton a su reprendre les idées d'Archimède sur le découpage d'un volume en tranches, idées déjà reprises par Cavalieri. Mais notre jeune mathématicien, s'il est riche d'idées, n'est pas pressé de publier ses travaux. Son premier ouvrage purement mathématique "De analysi per aequationes numero terminorum infinitas", qui contient le fameux développement du binôme, est rédigé en 1669 mais ne sera publié qu'en 1711. L'ouvrage mathématique fondamental, "Methodus fluxionem et serierum infinitarum", qui fonde l'analyse infinitésimale et qui permet justement de démontrer que l'attraction par une sphère homogène est égale à celle de toute sa masse réunie au centre, date

également de ces années de jeunesse du savant mais ne sera publié qu'en 1742, après sa mort.

Heureusement, Edmund Halley qui était lié d'amitié avec Newton et qui disposait d'une certaine fortune obtint de publier à ses frais la grande synthèse "Philosophiae naturalis principia mathematica" dont la première édition parut à Londres en 1685.

La grande synthèse

==== Il fallut attendre 1750 pour que paraisse la traduction française par la Marquise du Châtelet sous le titre "Principes mathématiques de la philosophie naturelle". L'ouvrage commence par la "Préface historique" écrite par Newton pour la traduction anglaise (puisque l'original était en latin) en 1686, les préfaces de la deuxième édition (1713), de la troisième édition (1725) ainsi que la préface de M. Cotes, professeur d'astronomie et de physique expérimentale à Trinity College (1713). Enfin, cette traduction française, - reproduite par les éditions Blanchard en 1966 -, reprend le poème de Voltaire sur "la physique de Newton" qui est dédié à la Marquise, ainsi que les commentaires au texte de Newton par Alexis Clairaut. Elle nous permet d'admirer ce monument.

Newton a appris la géométrie dans Euclide. Pour la géométrisation de la physique qu'il propose, il adopte le modèle euclidien. En tête trente cinq pages de définitions et axiomes puis un livre I (120 pages) qui étudie les mouvements des corps, démontre les lois de Kepler, étudie les forces attractives des corps sphériques ou non sphériques, le mouvement des corpuscules attirés par toutes les parties d'un corps quelconque (on devine que cela servira pour le calcul des marées). Le livre II (180 p) étudie les mouvements avec résistance du milieu et les mouvements des corps oscillants.

Le livre III (180 p) nous intéresse particulièrement puisqu'il applique aux problèmes astronomiques les principes développés dans les deux premiers livres. En tête, "les règles qu'il faut suivre dans l'étude de la physique" :

- 1 - "Il ne faut admettre de causes que celles qui sont nécessaires pour expliquer les phénomènes."
- 2 - "Les effets de même genre doivent toujours être attribués, autant qu'il est possible, à la même cause."
- 3 - "Les qualités des corps qui ne sont susceptibles ni d'augmentation ni de diminution, et qui appartiennent à tous les corps sur lesquels on peut faire des expériences, doivent être regardées comme appartenant à tous les corps en général."
- 4 - "Dans la philosophie expérimentale, les propositions tirées par induction des phénomènes doivent être regardées malgré les hypothèses contraires, comme exactement ou à peu près vraies, jusqu'à ce que quelques autres phénomènes les confirment entièrement ou fassent voir qu'elles sont sujettes à exceptions."

Après quoi Newton reprend la description et la justification mécanique des phénomènes du système solaire. En tenant compte,

évidemment, des connaissances de son temps ce qui limite la physique au système solaire, l'univers des fixes restant un simple décor, une toile de fond. D'où "l'hypothèse première : le centre du système du monde est en repos", ce qui entraîne la "Proposition XI : le centre commun de gravité du Soleil, de la Terre et de toutes les planètes est en repos."

Sont ensuite étudiés les mouvements des satellites de Jupiter, ceux de la Lune et des planètes, le mouvement des noeuds de l'orbite lunaire, la précession des équinoxes (avec l'hypothèse causale du renflement équatorial de la Terre), enfin le mouvement des comètes et le phénomène des marées.

L'ouvrage se termine par une scolie générale (la Marquise écrivait "scolie général") dans laquelle Newton critique pertinemment la théorie des tourbillons que préconisaient les cartésiens et précise ainsi sa position :

"J'ai expliqué jusqu'ici les phénomènes célestes et ceux de la mer par la force de la gravitation mais je n'ai assigné nulle part la cause de cette gravitation. Cette force vient de quelque cause qui pénètre jusqu'au centre du Soleil et des planètes, sans rien perdre de son activité... Je n'ai pu encore parvenir à déduire des phénomènes la raison de ces propriétés de la gravité et je n'imagine point d'hypothèses. Car tout ce qui ne se déduit point des phénomènes est une hypothèse : et les hypothèses soit métaphysiques soit physiques soit mécaniques soit celles des qualités occultes ne doivent pas être reçues dans la philosophie expérimentale. Dans cette philosophie, on tire les propositions des phénomènes et on les rend ensuite générales par induction." (tome II, p.179)

Clairaut, qui avait conseillé la Marquise de très près (de trop près jugeait perfidement Voltaire) dans son travail de traduction ajouta à l'ouvrage, de son cru, un "exposé abrégé du système du monde" qui lui permit en particulier de développer ses propres travaux sur la figure de la Terre.

Pour conclure

===== Je vois dans cette addition le discret hommage des savants du XVIII^{ème} siècle tout imprégnés de la pensée newtonnienne. Comme nous le sommes encore : si nous rejetons facilement la fixité du centre des masses du système solaire, ne restons-nous pas habitués par la notion d'un temps absolu, le t des équations de la mécanique newtonnienne qui n'est qu'une variable mathématique, $t \in]-\infty, +\infty[$...

Un mot encore : il est temps d'arrêter ici ce feuilleton sur les errances qui se voulait introduction à un exposé sur les mécaniques rédigé pour l'Ecole d'été 1982. Feuilleton et exposé ne sont pourtant que faibles prolégomènes à une étude qui devrait être approfondie et développée sur le sujet "mécanique et astronomie".

K.Mizar

Indications bibliographiques : A.Koyré "Etudes newtonniennes" (éd Gallimard, Paris 1968) ; E.N. da C. Andrade Sir Isaac Newton (éd Collins, London 1954),...