

## Newton

Newton(1642-1727) est né l'année de la mort de Galilée.Tous les deux sont des mathématiciens hors pair, mais en même temps très habiles de leurs mains et très intéressés par la technique . Comme mathématicien , Newton s'occupe de l' étude des mouvements . Il comprend le caractère vectoriel des notions de vitesse et d'accélération. En particulier il est capable de saisir très vite la notion de force centrifuge associée à l'accélération normale d'un mouvement circulaire uniforme.	1 5
Galilée était pratiquement arrivé au principe de l'inertie mais il lui manquait la perception fine des notions de force et de cinématique que possède Newton. Celui-ci comprend en effet rapidement la notion de force dont il repère les effets par rapport à son absence : il en donnera une définition dynamique illustrée par des expériences menées sur les pendules en particulier.	10
Exercée parallèlement au mouvement initial,cette force est capable de freiner ou d'accélérer un objet , la trajectoire restant la droite support de la vitesse initiale.Exercée autrement,la force courbe la trajectoire.Newton a pu établir, mathématiquement, que l'accélération centripète a pour valeur $V^2/R$ , $R$ étant le rayon de courbure de la trajectoire.	15
Cette définition de la force est d'une grande portée car elle n'est que le reflet d'une loi prédictive par essence .	
Nanti de son bagage mathématique et d'un ensemble très réduit de lois, Newton peut ainsi aborder tous les problèmes de la mécanique-en particulier la mécanique céleste.	20
Pourquoi la lune ne tombe-t-elle pas sur terre ? Il faut situer ici l'anecdote de la pomme; peut-être pure invention , mais invention due à Newton lui-même : la lune tombe sur la terre comme la pomme , comme une pomme lancée dont la trajectoire s'incurve, mais dans le cas de la lune cette courbure est juste celle qui la maintient à distance constante de la terre, est juste son rayon orbital.La lune est donc attirée par la terre : que vaut donc cette force d'attraction ? Il est possible d'entrevoir le caractère universel de cette force : les planètes seraient tout autant attirées par le soleil,qu'un astéroïde par la lune et deux astéroïdes entre eux ;deux corps quelconques devraient s'attirer mutuellement.	25
La mesure directe de cette force d'attraction interviendra beaucoup plus tard avec l'expérience de Cavendish,et encore s'agira-t-il plutôt de mesurer une certaine constante.	30
Alors que dans les lycées modernes actuels on a bien souvent recours à un matériel sophistiqué (imprécis par ailleurs) , tels que tables à coussin d'air ou encore table à digitaliser, pour mettre en évidence ses fameuses lois, Newton utilise, pour établir la loi des interactions gravitationnelles,une immense « table à coussin d'air » :l'univers.	35
<i>Képler avait établi expérimentalement que le carré de la période de révolution d'une planète est proportionnel au cube du rayon de la trajectoire (circulaire) ; or pour un mouvement circulaire uniforme <math>T=2\pi R/V</math> et <math>F= mV^2/R</math> :</i>	40
par suite $F=k m/R^2$ . Avec le principe des interactions Newton aboutit finalement à la loi d'attraction universelle $F= Gmm'/R^2$	45
Il faut noter que les résultats de Képler n'expriment pas une relation de cause à effet ; bien que d'un aspect indéniablement scientifique, <i>ils ne que la quantification d'une simple corrélation</i>	50

Newton reprend alors les expériences de Galilée sur la chute libre et vérifie que la masse n'intervient pas ; physiquement la première interprétation est relativement simple : il sait que  $P = mg$ , par suite, plus  $m$  est grand, plus la force qui met en mouvement l'objet est grande, et donc son accélération ; mais dans le même temps l'inertie de l'objet augmente qui représente sa répugnance à être mis en mouvement.  $P = mg$  n'est qu'une forme de  $F = Gmm' / R^2$  ; cette première interprétation revient donc à identifier masse inertielle et masse gravitationnelle, deux grandeurs a priori fondamentalement différentes.

55

Inattaquable de son vivant par son caractère exécrationnel, Newton a laissé un monument de sciences à la postérité en même temps qu'une certaine idolâtrie qui a gelé la science pendant plus d'un siècle. Il faudra attendre Einstein pour remettre en cause la mécanique de Newton en postulant l'équivalence des mouvements inertiels et gravitationnels.

60

Questions :

Ligne 4 : préciser le caractère auquel il est fait allusion.

Ligne 10,11 : comment cette notion de force s'accorde-t-elle avec le principe de l'inertie ?

Ligne 20 : Quel est cet ensemble ?

Ligne 35 : Quelle est cette constante ?

Ligne 42-43-44: formuler mathématiquement le texte en italique. Que représente alors  $k$  dans la ligne 46 ?

Ligne 49-50: expliciter la phrase en italique.

Ligne 56 : expliciter le sens du terme « répugnance ».

Ligne 58 : dans quelles formules respectives se trouvent ces deux masses ?

Ligne 62 : préciser le sens du terme « gelé ».

## Réponses

Ligne 4 : les vitesses et les accélérations sont des grandeurs vectorielles qui se composent ou se décomposent comme les forces et non pas comme des scalaires selon la règle du parallélogramme.

Ligne 10,11 : En l'absence de force le corps persévère dans son état de mouvement ou plus exactement maintient sa vitesse ?

La force apparaît donc comme la cause engendrant une modification de vitesse. Newton lui donne ainsi une définition dynamique bien éloignée de sa définition (cause permettant de déformer un corps) .

Ligne 20 : Principe de l'inertie- deuxième loi ( $\Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a}_G$ ) – Principe des interactions.

Ligne 35 : constante de gravitation universelle.

Ligne 42-43-44:  $T^2 / R^3 = Cste = \lambda$

$$F = mV^2/R = m(4\pi^2 R^2/T^2) / R, \text{ en remplaçant } T^2 \text{ par } \lambda R^3$$

$$F = 4\pi^2 m / (\lambda R^2) \quad k = 4\pi^2 / \lambda$$

Ligne 49-50: Kepler ne prétend pas trouver une cause ; il se contente de mettre de l'ordre- et quel ordre !

Cette remarquable idée lui serait venue d'une volonté de mettre en harmonie le mouvement des planètes comme les notes de musique (point de vue pythagoricien sans doute)

Le résultat paraît simple mais le mot remarquable n'est pas trop fort.

Il est assez facile de rechercher une loi du type  $y=ax$  ou  $a/x$  ou encore  $ax^2$  Dans tous les cas il suffit de proposer un choix de puissance pour une seule des grandeurs ( $x$ , ici).

Une loi comme celle de Kepler fait, elle, intervenir des puissances différentes sur les deux grandeurs.

Il faut noter cependant que Newton n'était pas particulièrement " fier de sa loi " dans la mesure où il lui paraissait difficilement concevable qu'un objet puisse, à distance et dans le vide, imposer sa présence, sa loi.

C'est un aspect que Newton a volontairement occulté. En ce sens la loi de Newton rejoint donc le rang d'une simple corrélation et le camp de Képler . Le débat est ouvert.

Ligne 56 : l'inertie d'un corps traduit la difficulté qu'il y a à le mettre en mouvement.

Ligne 58 : la masse inertielle se retrouve dans  $\Sigma \mathbf{F} = m \mathbf{a}_G$  expression qui montre bien que pour obtenir une même accélération ( un même changement de vitesse par seconde) , il faut exercer une force d'autant plus grande que la masse est plus grande.

La masse gravitationnelle intervient comme dit dans l'énoncé dans  $P=mg$ , variante de l'expression de la loi de gravitation universelle.

Ligne 62 : la science est restée figée en l'état.