

Les lois de Newton

1. APERÇU HISTORIQUE

(*texte tiré d'un article de Marie Verdier, journaliste*)

« Dans l'élégance d'un mot, l'Anglais Isaac Newton, au XVII^{ème} siècle, a réuni la loi de chute des corps et l'attraction des planètes. Un coup de maître dans une réflexion déjà ouverte par Aristote et qui n'est toujours pas achevée ».

« Tout a bien sûr commencé avec une pomme. En 1665, l'Angleterre est ravagée par une épidémie de peste bubonique. Cet **annus horribilis** fut pour Isaac Newton, un **annus mirabilis**, une année merveilleuse ! Alors qu'il méditait par un beau soir de pleine lune sous un pommier, **le savant vit tomber de l'arbre ou, selon les versions, reçut une pomme sur la tête.** »

Assommé par une grosse pomme tombant du ciel ! Cette scène qui constitue certainement en partie une légende fit faire un pas de géant à l'humanité.

« génie parmi les génies, Newton comprit que la pomme et la Terre tombaient de la même manière, toutes deux attirées irrésistiblement par la force d'attraction entre deux corps qui décroît à mesure que les distances qui les séparent s'allongent. Ainsi, contrairement aux apparences, la Lune tombe. Sauf que sa chute est infinie en raison d'un mouvement transverse qui l'empêche d'atteindre le sol et la maintient en orbite pour, justement, graviter autour de Terre »



Newton, physicien anglais, est né l'année de la mort de Galilée. Entré au Trinity College de l'université de Cambridge en 1661, il y effectuait ses propres recherches et enseigna alors qu'il était encore étudiant.

Son ouvrage "**Philosophiæ naturalis principia mathematica**", paru en 1687, comporte trois sections et contient l'énoncé de la loi de la gravitation universelle et celui des trois fameuses lois de Newton de la dynamique

« En un éclair de génie, Newton a réuni le ciel et la terre. Il énoncera la loi de la gravitation universelle qui unifie les mouvements terrestres et célestes dans son œuvre magistrale : les Principes Mathématiques de Philosophie Naturelle, publiée en 1687 et connue sous le nom abrégé de **PRINCIPIA**.

Cette publication mettra fin aux conceptions d'Aristote vieilles de deux millénaires sur le mouvement. En fait, Newton fut aidé, même s'il ne le dit pas, par les découvertes de Galilée et de Képler pour élaborer cette œuvre monumentale d'unification.

2. LES LOIS DE LA DYNAMIQUE :

Ces lois mettent en relation les grandeurs qui caractérisent le mouvement (vitesse, accélération) et les causes physiques qui le produisent , c'est à dire essentiellement les forces.

2.1 Première loi de Newton ou principe d'inertie :

Dans un référentiel galiléen(*), si la somme vectorielle des forces qui s'exercent sur un solide est nulle (on dit alors que les forces se compensent) , le vecteur vitesse \vec{V}_G de son centre d'inertie ne varie pas. (le vecteur vitesse peut-être nul, et dans ce cas le solide est en équilibre, c'est un cas particulier).

Réciproquement, si le vecteur vitesse \vec{V}_G du centre d'inertie d'un solide ne varie pas, la somme vectorielle des forces qui s'exercent sur ce solide est nulle.

2.2 Deuxième loi de Newton:

Dans un référentiel galiléen(*), la somme vectorielle des forces extérieures appliquées à un solide est égale au produit de la masse du solide par le vecteur accélération \vec{a}_G de son centre d'inertie.

2.3 Troisième loi ou principe d'interaction :

Lorsqu'un corps A exerce sur un corps B une force $\vec{F}_{A \rightarrow B}$, alors le corps B exerce sur A la force $\vec{F}_{B \rightarrow A}$

Que les corps soient au repos ou en mouvement, ces forces ...

-sont opposées,

-ont le même support , soit :

$$\vec{F}_{A \rightarrow B} = -\vec{F}_{B \rightarrow A}$$

Remarques:

Ce troisième principe constitue une définition de la force . Une force résulte d'une **interaction** entre deux corps . Une force dite « centrifuge » n'est qu'une apparence ou « pseudo-force » inventée pour interpréter nos sensations dans un référentiel tournant (non galiléen) et qui résulte en fait de notre masse qui tend à nous faire aller tout droit. (on l'appelle pour cette raison « force d'inertie »)

(*)Qu'est-ce qu'un référentiel galiléen ?

Pour répondre simplement à cette question, disons qu'un observateur lié à ce référentiel «ne sent pas» le mouvement s'il existe! Tout se passe comme s'il était au repos. En terme plus physique disons que **ce référentiel n'accélère pas**. Sa trajectoire ne peut être que rectiligne et dans ce cas sa vitesse ne doit pas varier. S'il est en mouvement , celui-ci est donc rectiligne et uniforme.

La Terre peut être considérée en première approximation comme un référentiel galiléen si les mouvements étudiés par rapport à elle sont de faible durée .

Bien des expériences célèbres comme celle du pendule de Foucault mettent en évidence la rotation de la Terre sur elle même , ce qui démontre son caractère non galiléen .

Formulation mathématique des lois précédentes:

Applicables dans un référentiel « galiléen »

1ère LOI : (principe d'inertie)

$$\vec{\Sigma F}_{ext} = \vec{0} \iff \vec{V}_G = cte$$

(Système isolé ou pseudo isolé)

Les forces appliquées se compensent

2ème LOI (ou théorème du centre d'inertie)

$$(\vec{\Sigma F}_{ext} \neq \vec{0})$$

Cas où les forces ne se compensent pas sur le système

$$\vec{\Sigma F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G$$

Applicable dans tout référentiel (galiléen ou non)

3ème LOI : loi des actions réciproques (ou action et réaction)

Force exercée par 1 sur 2	Force exercée par 2 sur 1
$\vec{F}_{1/2}$	$-\vec{F}_{2/1}$

3. LA LOI DE LA GRAVITATION UNIVERSELLE :

Loi de la gravitation universelle :
Deux corps quelconques s'attirent en raison directe de leur masse et en raison inverse du carré de la distance de leurs centres de gravité

$$\vec{F}_{B/A} = \vec{u} \cdot G \cdot m_A \cdot m_B / r^2$$

La Lune et la Terre s'attirent mutuellement selon cette loi. Mais elles ne se rencontrent pas! La Lune est un satellite animé d'une grande vitesse de rotation par rapport à la Terre . Sa masse crée une force qui l'attire vers la Terre (la force de gravitation) et en même temps son inertie (c'est à dire sa masse) la maintient en rotation et l'empêche de tomber !

Nous mettons en évidence ici les deux effets de la masse : masse grave et masse inertielle.

G est la constante de gravitation universelle $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$ SI.