Chapitre 14 : Les lois de Newton

I) Premiers éléments cinétiques d'un système

I.1) Masse $m = m_{inerte} = m_{gravitationnelle}$

I.2) Quantité de mouvement

a) pour un point matériel $\vec{p} = m\vec{v}$

b) pour un système de deux points matériels $\vec{P} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{v}(G)$

c) pour un système matériel $\vec{P} = \sum m_i\vec{v}_i$ (ou $\int \vec{v}(M) dm$) $= m\vec{v}(G)$ où $m = \sum m_i$

Barycentre G d'un système : $\sum m_i \vec{OG}_i = \vec{0}$
 $(\sum m_i) \vec{OG} = \sum m_i \vec{OM}_i$

II) Les trois lois de Newton

II.1) Première loi de Newton : principe d'inertie

II.2) Deuxième loi de Newton :

principe (ou relation) fondamental(e) de la dynamique (PFD) ou

théorème de la quantité de mouvement (TQM) ou loi de la quantité de mouvement

a) Cause du mouvement : forces

b) Enoncé du PFD $\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum \vec{F}_{ext}$

c) Conséquences

II.3) Troisième loi de Newton : principe des actions réciproques ou principe de

l'action et de la réaction

a) Pour deux points matériels en interaction $\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = -\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$ colinéaire à $\vec{M}_1 M_2$

b) Pour deux systèmes matériels en interaction $\vec{F}_{\Sigma_1 \rightarrow \Sigma_2} = -\vec{F}_{\Sigma_2 \rightarrow \Sigma_1}$

III) Limite de validité de la mécanique classique

III.1) Les hypothèses de la mécanique classique

III.2) Les limites de la mécanique classique si $v \ll c$, si $L \gg \lambda_{DB}$, si proche objet massif

IV) Classification des forces

IV.1) Les quatre interactions fondamentales

IV.2) Forces à distance

a) Force gravitationnelle $\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = -\frac{Gm_1 m_2}{r^2} \vec{u}_{12} = m_2 \vec{g}(M_2)$

b) Le poids $\vec{P} = m\vec{g}$

c) Force électrostatique $\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{u}_{12} = q_2 \vec{E}_{ext}(M_2)$

d) Généralisation : force électromagnétique ou force de Lorentz $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})$

IV.3) Forces de contact

a) Tension d'un fil

b) Force de rappel élastique exercée par un ressort $\vec{F} = -k(l-l_0) \vec{u}_r$

c) Force de contact entre deux solides (lois du frottement de Coulomb) $|\vec{R}_T| < \mu_s |\vec{R}_N|$ | $|\vec{R}_T| = \mu_s |\vec{R}_N|$

d) Action exercée par un fluide : poussée d'Archimède, force de traînée, force de portance

$\vec{T}_A = -\text{poids des fluides déplacés}$

$|\vec{R}_T| = \mu_s |\vec{R}_N|$

$v_g = 0$

V) Résolution d'un problème de mécanique du point

VI) Mouvement dans le champ de pesanteur (tir balistique et chute libre)

VI.1) En négligeant les frottements de l'air $m\vec{a} = m\vec{g}$ $\vec{v}(t)$ parabolique

VI.2) Avec frottement fluide linéaire $m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{g} - k_1 \vec{v} \rightarrow \vec{v}_{lim} = m\vec{g}/k_1$

VI.3) Avec frottement fluide quadratique $m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{g} - k_2 v \vec{v} \rightarrow \vec{v}_{lim} = -\sqrt{mg/k_2} \vec{u}_z$

VII) Le pendule simple

$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{T}$
 sur $\vec{u}_\theta$: $m l \ddot{\theta} = -mg \sin \theta$
 $\ddot{\theta} + \frac{g}{l} \sin \theta = 0$

$\rightarrow$ Si petits angles : $\ddot{\theta} + \frac{g}{l} \theta = 0$