

Physique

1 Dynamique

1.1 Rappels: Théorème de l'énergie mécanique/cinétique

$$\Delta E_c = \sum W(\vec{F}) \quad \text{et} \quad \Delta E_m = \sum W(\vec{F}_{NC})$$

1.2 Loi de Newton

$$\sum F_{ext} = m \cdot \vec{a}$$

1.3 Principe général

Dans un repère $(O, \vec{u}_1, \vec{u}_2)$, l'objet étudié est modélisé par le point M .

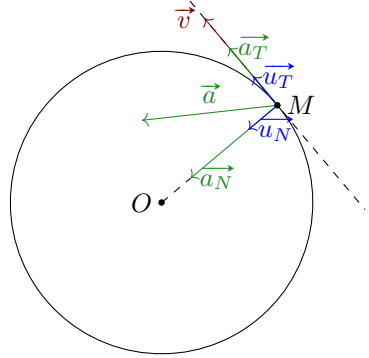
$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2 \vec{OM}}{dt^2}$$

1.4 Mouvement circulaire

Dans la base de Frenet $(O, \vec{u}_T, \vec{u}_N)$, $\vec{a} \left(\frac{dv}{dt} \right) :$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d(v\vec{u}_T)}{dt} = \frac{dv}{dt}\vec{u}_T + \frac{v^2}{r}\vec{u}_N$$

- \vec{a}_T est l'accélération **tangentielle**.
- \vec{a}_N est l'accélération **centripète**.



1.5 Satellites

La force d'attraction gravitationnelle entre deux corps de masse m_A et m_B se note:

$$\vec{F}_G = G \frac{m_A m_B}{r^2} \vec{u}_N \quad \text{avec} \quad G \approx 6.67 \cdot 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$$

Si $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{F}_G$, pour un satellite de masse m en orbite autour d'un corps de masse M :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_N = G \frac{m \times M}{r^2} \vec{u}_N \iff \vec{a}_N = \frac{GM}{r^2}$$

Nous savons que $\vec{a}_N = \frac{v^2}{r}$, ce qui nous donne:

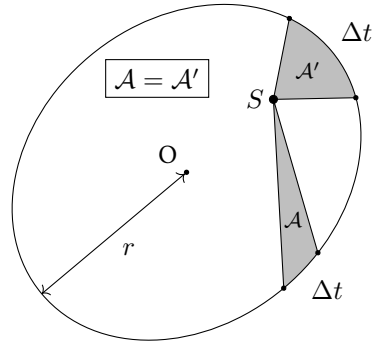
$$\frac{v^2}{r} = \frac{GM}{r^2} \iff v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

Nous pouvons alors calculer la période de rotation T du satellite:

$$T = \frac{2\pi r}{v} = 2\pi \frac{\sqrt{r^2}}{v} = 2\pi \sqrt{r^2 \times \frac{r}{GM}} = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}} \quad (1)$$

1.6 Lois de Kepler

1. Les planètes du système solaire décrivent des trajectoires elliptiques, dont le Soleil occupe un des foyers.
2. Des aires égales sont balayées dans des temps égaux (aires grises ci-contre).
3. $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM} = cte$ (à partir de (1))



2 Thermodynamique

2.1 Système thermodynamique

- **Système ouvert**: Échange de matière et d'énergie avec l'extérieur.
- **Système fermé**: Échange d'énergie uniquement.
- **Système isolé**: Aucun échange avec l'extérieur.

2.2 Modèle du gaz parfait

Pour un gaz parfait (gaz dont les molécules n'interagissent que lors de chocs et dont la taille est insignifiante face à la distance intermoléculaire moyenne):

$$PV = nRT \quad \text{avec} \quad R \approx 8.31 \, J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$$

2.3 Energie interne

L'énergie totale d'un système E_{globale} se note:

$$E_{\text{globale}} = E_{\text{cin,macro}} + E_{\text{pot,macro}} + U$$

où U est l'énergie interne. Si le système est au repos à l'échelle macroscopique:

$$\Delta E_{\text{globale}} = \Delta U = W + Q$$

2.4 Systèmes incompressibles (ρ constante)

$$\Delta U = mc\Delta T \quad \text{où } c \text{ représente la capacité thermique massique}$$

2.5 Transferts thermiques

Trois modes de transferts: **conduction** (de proche en proche) / **convection** (transferts induits par les mouvements d'un fluide) / **rayonnement** (rayonnement électromagnétique).

Le flux thermique (chaleur) ϕ d'un corps de temp. T_1 à un corps de temp. T_2 s'exprime:

$$\phi = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{th}}} \quad \text{avec } R_{\text{th}} \text{ la résistance thermique de la paroi}$$

2.6 Loi de Newton

Elle décrit les transferts thermiques entre un système **incompressible** de température T et une **paroi thermostatée** de température T_e .

$$\phi = hS(T_e - T)$$

Pour établir l'éq. diff. Supp. $W = 0 \Rightarrow Q = mc\Delta T$ et $Q = \phi\Delta t = hS(T_e - T)\Delta t$ puis diviser par mc et Δt

3 Bilan radiatif terrestre

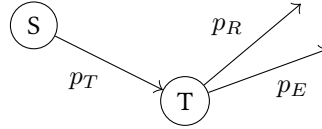
3.1 Loi de Stefan-Boltzmann

La puissance surfacique p émise par un corps noir (réémet tout rayonnement qu'il absorbe):

$$p = \sigma T^4 \quad \text{avec} \quad \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$$

La température sur terre est constante:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \cancel{W} + Q = Q_T + Q_R + Q_E = 0 \\ (\div \Delta t) &\iff \phi_T + \phi_R + \phi_E = 0 \\ (\div S) &\iff p_T + p_R + p_E = 0 \end{aligned}$$



La terre étant un corps noir:

$$-p_E = \sigma T_T^4 \implies T_T = \sqrt[4]{\frac{-p_E}{\sigma}} = \sqrt[4]{\frac{p_T + p_R}{\sigma}}$$

3.2 L'albédo

$$\alpha = \left| \frac{p_R}{p_T} \right|$$

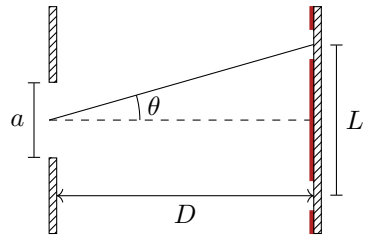
4 Diffraction et interférences

4.1 Diffraction

C'est le changement de direction de propagation d'une onde à l'encontre d'une ouverture de l'ordre de sa longueur d'onde (ou plus dans le cas d'ondes électromagnétiques).

L'angle caractéristique θ (angle du rayon passant par la première zone d'extinction) s'écrit:

$$\tan \theta = \frac{L}{2D} \approx \theta \quad \text{car } \theta \text{ petit}$$



Et aussi (Le coefficient 1.22 est spécifique aux ouvertures circulaires):

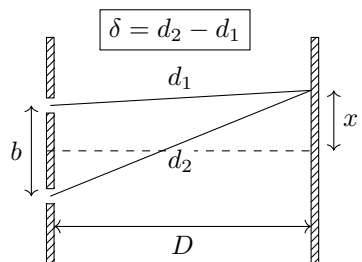
$$\sin \theta = 1.22 \times \frac{\lambda}{a} \approx \theta \quad \text{car } \theta \text{ petit}$$

4.2 Interférences

- **Constructives:** $\delta = k\lambda, k \in \mathbb{Z}$
- **Destructives:** $\delta = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}, k \in \mathbb{Z}$

Dans le dispositif des **fentes d'Young**, la différence de marche δ en un point d'abscisse x :

$$\delta = \frac{bx}{D}$$



4.3 Interfrange

On peut alors calculer l'interfrange i , distance entre deux franges brillantes ou sombres consécutives:

$$i = x_{k+1} - x_k = \frac{(k+1)\lambda D}{b} - \frac{k\lambda D}{b} = \frac{\lambda D}{b}$$

5 Dynamique du dipôle RC

Loi des nœuds: La somme des intensités des courants qui entrent par un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui sortent du même nœud.

Loi des mailles: La somme algébrique des différences de potentiel le long d'une maille est constamment nulle.

Loi d'Ohm: $U = Ri$

5.1 Capacité

La capacité C en Farads d'un condensateur dont q est la charge de la borne positive s'écrit:

$$C = \frac{q}{U_c} \iff q = CU_c$$

5.2 L'intensité électrique

Elle correspond au débit des charges électriques:

$$i = \frac{dq}{dt} (=) C \frac{dU_c}{dt}$$

5.3 Temps caractéristique

Le temps caractéristique τ est le temps nécessaire pour charger un condensateur à 63% de sa capacité¹. On le note:

$$\tau = RC$$

6 Lunette astronomique

6.1 Lentille mince convergente

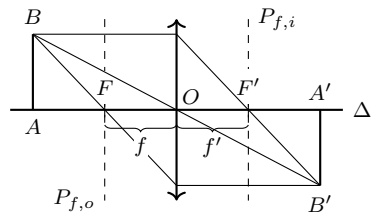
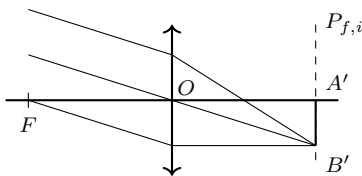
Δ : Axe optique ; O : Centre optique

AB : Objet ; $A'B'$: Image

F (resp. F'): Foyer objet (resp. image)

f (resp. f'): Distance focale objet (resp. image)

$P_{f,i}$ (resp. $P_{f,o}$): Plan focal image (resp. objet)

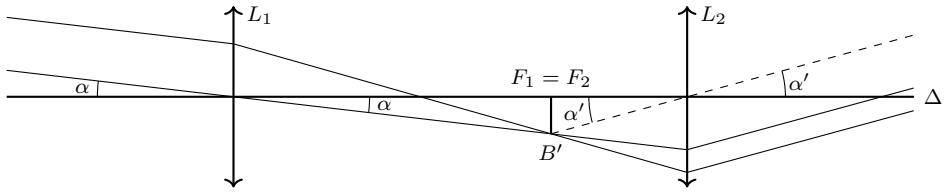


6.2 Objet à l'infini / au foyer objet

L'image d'un objet situé à l'infini se forme sur le plan focal, et l'image d'un objet situé sur le plan focal se forme à l'infini.

¹Pour établir l'équation différentielle: Loi des mailles, puis d'Ohm, puis réécrire l'intensité

6.3 Composition d'une lunette astronomique



Elle est constituée d'un **objectif** (L_1) et d'un **oculaire** (L_2). La lunette est dite **afocale** si $F_1 = F_2$. Dans ce cas, l'image est formée à l'infini. On note le *grossissement* de la lunette

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{f_1}{f_2} \quad \text{en supposant} \quad \tan \theta \approx \theta$$

7 Sons et effet Doppler

7.1 Intensité sonore

$$I = \frac{P}{S}$$

7.2 Niveau d'intensité sonore (Level)

$$L = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \iff I = I_0 \cdot 10^{\frac{1}{10}L} \quad \text{où} \quad I_0 = 1.0 \cdot 10^{-12} \text{W} \cdot \text{m}^2$$

Remarque: $I' = 2I \implies L' = 10 \cdot \log \left(\frac{2I}{I_0} \right) = 10 \cdot \log \left(\frac{I}{I_0} \right) + 10 \cdot \log(2) \approx L + 3$

7.3 Atténuation : différence de niveaux sonores. Si on double la distance à la source, $r' = 2r \implies S' = 4\pi(2r)^2 = 4S \implies I' = \frac{I}{4} \implies L' = L - 10 \cdot \log(4) \approx L - 6$

7.4 Effet Doppler

$\Delta f = f_R - f_E$ est positif quand E et R se rapproche et négatif si ils s'éloignent.

Pour un émetteur se rapprochant à la vitesse v d'un récepteur et émettant onde de longueur d'onde λ et de période T , on peut déterminer la fréquence $f' = c/\lambda'$ perçue par le recepeteur:

$$\lambda' = \lambda - vT \iff \frac{c}{f'} = \frac{c}{f} - vt = \frac{c-v}{f} \iff f' = f \frac{c}{c-v} = \frac{f}{1 - \frac{v}{c}}$$

8 Description d'un fluide au repos / modélisation de l'écoulement

8.1 Pression et force pressante

$$F = \frac{P}{S} \quad \text{et à température constante,} \quad PV = nRT = \text{cte}$$

8.2 Pression dans un fluide incompressible au repos: augmente avec la profondeur

$$\Delta P = \rho gh \iff P + \rho gz = \text{cte} \quad \text{car} \quad h = \Delta z$$

8.3 Poussée d'archimède

Elle est due à la différence de pression du fluide environnant entre le point haut et bas du système. Elle est une force opposée au poids du fluide déplacé.

$$\vec{F}_P = -\rho V \vec{g}$$

8.4 Écoulement d'un fluide

Régime permanent indép. du temps (stationnaire): Vitesse indépendante du temps. Le débit volumique, **constant en régime permanent** pour un fluide incompressible vaut

$$D_V = \frac{V}{\Delta T} = \frac{Sl}{\Delta T} = Sv$$

où l est la distance parcourue par le fluide dans une section S en un temps ΔT .

8.5 Relation de Bernoulli

Pour un fluide incompressible, le long d'une ligne de courant,

$$\begin{aligned}\Delta Em = W_{AB}(\vec{F}) &= P_A V_A - P_B V_B \implies \frac{1}{2}mv^2 + mgz + PV = \text{cte} \\ &\implies \underbrace{\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gz + P}_{\text{Correction dynamique appliquée à 8.2}} = \text{cte}\end{aligned}$$

Correction dynamique appliquée à 8.2

8.6 Effet Venturi

C'est une conséquence de la relation de Bernoulli: pour une conduite horizontale, lorsque la section diminue, la vitesse augmente et la pression diminue.

9 La lumière, un flux de photons

9.1 Interaction avec la matière

Lorsqu'un atome émet ou absorbe un photon, son niveau d'énergie E change:

$$\Delta E = |E_f - E_i| = E_{\text{photon}} = h\nu = h\frac{c}{\lambda} \quad (\text{relation de Planck-Einstein})$$

où ν est la fréquence du rayonnement associé au photon absorbé et h la constante de Plank.

9.2 Effet photoélectrique

Quand un photon entre en collision avec un électron présent dans un métal, il lui transmet son énergie. Si celle-ci est suffisamment grande, l'électron est éjecté. L'énergie minimale pour arracher un électron est le **travail d'extraction**, noté $W_{\text{extraction}}$. Le surplus éventuel d'énergie fourni par le photon est convertie en énergie cinétique Ec_{max} . On a donc

$$E_{\text{photon}} = h\nu = W_{\text{extraction}} + \frac{1}{2}mv^2$$

Cet effet est utilisé dans les cellules photoélectriques (photorésistances, cellules photovoltaïques...) où les photons sont captés, et dans les diodes électroluminescentes (DEL) où ils sont émis.