

1. MECANIQUE

Cinématique = étude du mouvement (espace, temps)

- 1) **Espace** : La **position** se mesure en **mètre** 1 m = 1/40'000'000 du tour de la Terre. Les mesures sont prises dans un **référentiel** : Ox, Oxy ou Oxyz.
- 2) **Temps** : se mesure en **seconde** grâce à une horloge.
- 3) **Horaire** : Relation entre espace et temps.
Horaire par points = horaire de chemin de fer par exemple.
Horaire sous forme analytique : l'espace en **fonction** du temps $x(t)$.
- 4) **Vitesse** $v = Dx/Dt$: distance divisée par le temps.
- 5) **Mouvement uniforme** : la vitesse est constante. (Voir points 6 et 7)
- 6) **Mouvement rectiligne uniforme (MRU)** : mouvement le plus simple, trajectoire rectiligne et vitesse v constante. $x = x_0 + vt$.
- 7) **Mouvement circulaire uniforme (MCU)** : trajectoire circulaire de **rayon R** et vitesse constante. Il est caractérisé par sa **période T** (temps pour faire un tour).
 $v = 2\pi R/T = \omega R$ (ω : vitesse angulaire = angle/temps).
- 8) **Accélération** $a = \Delta v/\Delta t$: variation de la vitesse au cours du temps.
- 9) **Mouvement rectiligne uniformément accéléré (MRUA)** : Accélération constante donc la vitesse croît ou décroît régulièrement (par exemple de 1 m/s chaque s.).
- 10) **Accélération dans le MCU** : toujours dirigée vers le centre du cercle $a = v^2/R$.

Dynamique = étude des causes du mouvement (masse,...)

- 1) **Masse m** : mesure la quantité de matière en **kilogramme**.
- 2) **Masse volumique** ρ : masse divisée par volume en kg/m^3 .
- 3) **Force F** : Résultat de l'interaction entre deux corps (force de pesanteur = résultat de l'interaction entre vous et la Terre) Types : pesanteur. Traction, soutien, frottement, électromagnétique.
- 4) **Equilibre** : lorsque la somme des forces est nulle (cas particulier du point suivant).
- 5) **Loi fondamentale de Newton** : La somme des forces (ou le déséquilibre des forces) donne lieu à l'accélération. $\vec{SF} = m\vec{a}$.
- 6) **Loi de la gravitation** = Tous les corps s'attirent avec une force inversement proportionnelle au carré de leur distance. $F = GMm/d^2$ ($G = 6.67 * 10^{-11} Nm^2/kg^2$).

Énergie = travail d'une force = force * distance (parallèle)

- 1) **Travail d'une force E** = force * distance si elles sont parallèles et 0 si elles sont perpendiculaires. Energie = travail en réserve se mesure en joules [J]
- 2) **Puissance P** = E/t : débit d'énergie = énergie / temps se mesure en watt [W].
- 3) **Energie cinétique** = énergie du mouvement (corps de masse m lancé à la vitesse v) $E_c = \frac{1}{2}mv^2$.
- 4) **Energie potentielle** = énergie de position (pesanteur mgh et du ressort $\frac{1}{2}kx^2$).
- 5) **Energie mécanique** = énergie cinétique + énergie potentielle : elle est **conservée** si l'on peut négliger les frottements.
- 6) **Rendement h** : pour tenir compte de l'énergie Q perdue en frottements lors d'une transformation des états 1 à 2 : $E_1 = E_2 + Q$, on définit le rendement $\eta = E_2/E_1 < 1$

Moment de force => rotation du système

- 1) **Moment de force M(F)** = force * bras de levier (distance de l'axe à la force).
- 2) **Equilibre** si la somme des moments est nulle ou si les moments à droite compensent les moments à gauche.
- 3) Rappelons que les deux conditions d'équilibre des solides sont : $\sum \vec{F} = 0$ et $\sum \vec{M} = 0$

Statique des fluides

- 1) **Pression** = force / surface se mesure en N/m² ou Pa.
- 2) **Principe de Pascal** : Dans un fluide homogène et un volume restreint, la pression est la même dans toutes les directions.
- 3) **Pression hydrostatique** : $p = \rho gh$: la pression augmente proportionnellement à la profondeur h.
- 4) **Poussée d'Archimède** : Dirigée de bas en haut et proportionnelle au volume de fluide déplacé (immergé). $F_A = \rho gV$

2. CHALEUR

Température = mesure de l'agitation des atomes ou molécules

- 1) **Dilatation linéique** : l'allongement d'un solide est proportionnel à l'augmentation de température et à la longueur initiale. On définit un **coefficient de dilatation linéique** α .
- 2) **Dilatation volumique** : Idem : l'accroissement du volume d'un solide est proportionnel à l'augmentation de température et au volume initial. On définit un **coefficient de dilatation volumique** $\beta = 3\alpha$. Même chose pour les liquides.
- 3) **Thermomètre** : Cet instrument pour mesurer la température est basé sur le principe de la dilatation. Il y a à l'alcool, mercure, bilame et électronique. Il y a deux échelles principales de température : L'échelle **Celsius ou centigrade** [°C] utilisée habituellement et l'échelle **Kelvin** [K] qui part au zéro absolu soit -273°C .

Gaz parfaits : Pression, volume et température

- 1) **Modèle de gaz parfait** : formé de particules ponctuelles, sans forces de cohésion et se mouvant de manière parfaitement désordonnée. On peut considérer beaucoup de gaz selon ce modèle si la pression et la température sont dans des limites acceptables. Pratiquement, le gaz parfait n'existe pas ! Il y a que de l'énergie cinétique, pas d'énergie potentielle.
- 2) **Loi des gaz** : $pV = nRT$ où $R = 8.32 \text{ J}/(\text{mol K})$ est la constante des gaz parfaits. Les unités sont S.I. ($[p] = \text{Pa}$; $[V] = \text{m}^3$; $[T] = \text{K}$).
- 3) **La mole (mol)** contient un nombre fixe (**Avogadro**) d'atomes, molécules ou ions. $N_{\text{Av}} = 6,02 \cdot 10^{23}$
La masse d'une mole en gramme est la valeur de la masse atomique (12 g pour une mole de C).

Calorimétrie = Mesure de l'énergie en fonction de la température

- 1) **Chaleur** = énergie cinétique désordonnée (entropique) des atomes ou molécules. Elle se mesure en joules [J]. Les lois de conservation de l'énergie sont valables et on atteint un **équilibre thermique** lorsque le corps chaud a donné une partie de son énergie au corps froid
- 2) **Chaleur massique** : $c = Q/(m\Delta T)$ mesure la capacité d'un corps à augmenter sa température en fonction de l'énergie fournie et de sa masse. Pour la mesurer, il faut donc connaître l'énergie fournie ($P \cdot t$), la masse du corps et l'élévation de température.
- 3) **Premier principe = Bilan** de conservation de l'énergie : la chaleur reçue par un corps permet l'accroissement de son énergie interne ainsi que de fournir un travail mécanique (moteur, turbine à vapeur...). L'énergie est conservée et la chaleur est en partie transformée en énergie mécanique.
- 4) **Modes de transmission (propagation) de la chaleur** : **Rayonnement** par une onde électromagnétique ; **conduction** dans les métaux et **convection** dans les fluides.

Changement d'état : augmenter l'énergie à température constante

- 1) **Changement d'état** : L'augmentation de l'énergie interne modifie les liaisons entre atome ou molécules mais n'augmente pas la température. Dans les 3 états de la matière (solide, liquide et gaz) les liaisons sont de plus en plus faibles pour être inexistantes dans le gaz.
- 2) **Chaleur latente** : $L = Q/m$ Energie nécessaire pour changer l'état d'une masse unité (à température constante).

3. ELECTRICITE

Électrostatique = étude de la charge immobile

- 1) **Charge électrique q ou Q** : Notion fondamentale de l'électricité (comme la masse en mécanique). La **charge** se mesure en **coulomb** (1 C = 1 As). Un coulomb est une charge énorme (environ un éclair). La matière est **neutre** et tend à la neutralité (principe de neutralité).
- 2) La charge de l'électron est la **charge élémentaire $q_e = 1,6 * 10^{-19}$ C**. Elle n'est pas divisible. Toute charge est constituée d'un nombre entier de charges élémentaires (principe de quantification).
- 3) **La loi de Coulomb $F = kqQ/d^2$** ($k = 9*10^9$ Nm²/C²) permet de calculer la force entre 2 charges q et Q situées à la distance d l'une de l'autre ; elle est semblable à la loi de la gravitation.
- 4) La **tension U ou différence de potentiel** entre deux points mesure la différence d'**énergie** (potentielle) électrique de la charge entre ces deux points. Elle se mesure en volts V. **$U = DW/q$** .

Électrodynamique = étude de la charge en mouvement

- 1) Le **courant électrique I** mesure le débit de charges en **ampère A** ou coulomb par seconde. $I = \Delta q/\Delta t$. C'est lui qui contracte les muscles et peut agir sur le cœur. Nous commençons à sentir un courant de 0.5 mA et un courant d'environ 15 mA peut être fatal.
- 2) La **résistance électrique $R = U/I$** donne la tension U nécessaire au travers d'un conducteur pour faire passer un certain courant I. $U=RI$ est appelé (1^{ère}) **loi d'Ohm**. Chaque matériau est caractérisé par sa **résistivité** électrique r qui mesure le degré de difficulté du passage du courant. La résistance **$R = r L/S$** d'un conducteur est proportionnelle à sa longueur L et inversement proportionnelle à sa section S. La résistance de notre corps varie entre 10 et 100 kΩ. Avec ces valeurs, une tension d'environ 50 V commence à devenir dangereuse pour l'homme.
- 3) **La puissance** électrique $P = W/t = QU/t = UI$ (PUIssance) d'après la définition de la tension électrique. C'est la **loi de Joule** qui, au moyen de la loi d'Ohm $U = RI$ peut aussi être exprimée sous la forme $P = RI^2 = U^2/R$. La puissance électrique se transforme en chaleur et peut être la cause d'incendies.
- 4) **Mesures de protection** contre l'incendie : fusible et disjoncteur ; mesures de protection contre l'électrocution : mise à terre et disjoncteur à courant de défaut.

Électromagnétisme = effet des charges en mouvements ou courants

- 1) Le **champ d'induction magnétique B** est produit par une charge en mouvement (ou un courant) Il peut être produit par un aimant permanent ou un électro-aimant (formé d'un bobinage et d'un noyau de fer). Comme le champ électrique (produit par un charge fixe), le champ peut être **uniforme** (fer à cheval intérieur ou solénoïde), **radial** (aimant rond) **dipolaire** (fer à cheval extérieur) ou **circulaire** autour d'un courant.
- 2) La **force de Laplace** s'applique sur une portion de conducteur de longueur L plongée dans un champ magnétique B et parcourue par un courant I. Elle vaut **$F_{La} = ILB$** si I et B sont perpendiculaires et 0 s'ils sont parallèles. On l'utilise pour faire tourner les moteurs ou pour mouvoir les haut-parleurs.

4. LA LUMIÈRE

- 1) La lumière se propage en ligne droite en mettant un temps minimum entre deux points (principe du moindre temps de Fermat).
- 2) La loi de la réflexion montre que les angles entre la normale au miroir et le rayon incident i et la normale au miroir et le rayon réfléchi r sont égaux $i = r$. On peut aussi la démontrer en utilisant l'**image virtuelle** symétrique à l'objet derrière le miroir.
- 3) Dans un milieu transparent, la lumière est freinée dans un rapport n appelé **indice de réfraction**. Par exemple, pour le verre $n = 1,5$ et $c_{\text{verre}} = 300'000/1,5 = 200'000$ km/s.
- 4) La loi de la réfraction dit que : $n_1 \sin i = n_2 \sin r$ où i est l'angle entre le rayon incident et la normale (à la surface de séparation des milieux) et r l'angle entre le rayon réfracté et la normale.
- 5) Une **lentille mince convergente** fait converger un faisceau parallèle de l'autre côté de la lentille en un point appelé **foyer F** à la **distance focale f** de la lentille (de l'autre côté de la lentille).
- 6) Une **lentille mince divergente** fait diverger un faisceau parallèle de l'autre côté de la lentille depuis un point appelé **foyer F** à la **distance focale f** de la lentille (du même côté de la lentille).
- 7) Un rayon passant par le centre de la lentille n'est pas dévié et un rayon parallèle à l'axe de la lentille (perpendiculaire à la lentille) est dévié vers le foyer (convergent) ou du foyer (divergent).
- 8) Pour former une image sur un écran, il faut utiliser une lentille convergente. Mais avec la loupe, l'image est **virtuelle** comme avec une lentille divergente.

Dualité onde - corpuscule

- 1) Une onde est une perturbation qui se déplace dans l'espace et dans le temps. L'amplitude A est la grandeur de la perturbation. Il y a des **ondes à support matériel** (sur une corde, sur l'eau, dans l'air...) et des ondes dans le vide ou **électromagnétiques** (radio..., IR, UV, lumière, X, γ).
- 2) La lumière est une **onde électromagnétique** transversale qui se déplace avec une célérité $c = 300'000$ km/s environ. Elle résulte de la variation d'un champ électrique E et d'un champ magnétique B . Avec une fréquence et une énergie croissante, on trouve : Les ondes radio, TV et radar, les micro-ondes, IR, la lumière, UV, les rayons X et γ .
- 3) La **période T** est la durée d'une oscillation de l'onde sinusoïdale (crête à crête) et la **fréquence f** est le nombre d'oscillations par seconde. $f = 1/T$. **La longueur d'onde l** d'une onde sinusoïdale est la distance entre deux crêtes à un temps t fixé. La **célérité c** ou vitesse de l'onde relie les caractéristiques spatiale et temporelle de l'onde : $c = l/T = l \cdot f$.
- 4) Dualité onde – corpuscule : La lumière est une onde de fréquence f et un corpuscule appelé **photon** d'énergie hf . La **constante de Planck h** ou quantum d'action relie la fréquence et l'énergie : $W = hf$.

5. Physique nucléaire

- 1) Le noyau qui se trouve au centre de l'atome (10^{-10} m) mesure environ 10^{-15} m. Il est composé de **neutrons**, vecteurs de la force nucléaire attractive et de **protons** qui se repoussent grâce à la force de Coulomb. C'est la force nucléaire qui maintient la cohésion du noyau.
- 2) La relation d'Einstein $E = Dm c^2$ nous donne l'énergie libérée lors de la perte de masse dans une réaction. **L'énergie de liaison** d'un atome grâce à la différence de masse entre ses composants (neutrons et protons) et sa masse
- 3) Un **rayon a** est un noyau d'hélium ionisé (2 protons et 2 neutrons). Il est arrêté par la peau ou une feuille de papier mais il est nocif pour les poumons.
- 4) Un **rayon b** (β^- ou β^+) est un électron (ou un positron). Il résulte de la désintégration d'un neutron en proton (β^-) ou d'un proton en neutron (β^+). Un neutrino (β^+) ou un antineutrino (β^-) est aussi émis. Il faut une petite couche d'aluminium pour l'arrêter.
- 5) Un **rayon g** est une onde électromagnétique de haute énergie et de faible longueur d'onde. Il est très pénétrant et il faut une dizaine de cm de plomb ou un mètre de béton pour l'arrêter.
- 6) Un élément radioactif est caractérisé par une **demi-vie** T pendant laquelle la moitié des éléments se désintègrent. La courbe de décroissance est exponentielle ($N = N_0(\exp(-t \ln 2/T))$). Toutes les demi vies, la population diminue de moitié.
- 7) La **fission nucléaire** d'un gros atome (uranium 235 par exemple) casse le noyau en deux parties appelées produits de fission et libère des particules (α , β , γ ...) et de l'énergie $\Delta m c^2$ à cause de la perte de masse. Les centrales nucléaires actuelles sont basées sur la fission.
- 8) La **fusion nucléaire** de deux petits atomes (deutérium (H_2) et tritium (H_3)) en un plus gros atome (He) libère de l'énergie $\Delta m c^2$ à cause de la perte de masse. On étudie des nouveaux réacteurs à fusion nucléaire qui produiraient beaucoup d'énergie et moins de déchets encombrants.