PHYSIQUE CHIMIE

TERMINALE S

FICHES DE REVISION PHYSIQUE

RAYONNEMENT DANS L'UNIVERS

Rayonnement : *propagation d'énergie émise par une source*
Rayonnement de particules si l'énergie se propage avec de la matière.
Rayonnement électromagnétique dans le cas contraire.

Les détecteurs *de rayonnement utilisent le phénomène d'effet photoélectrique : libération d'électrons par certains matériaux exposés à un rayonnement. Les électrons libérés produisent un courant électrique mesurable.*

Les rayonnements sont majoritairement stoppés par l'atmosphère Terrestre :seuls les rayonnements visbles et radio atteignent la surface de la Terre.

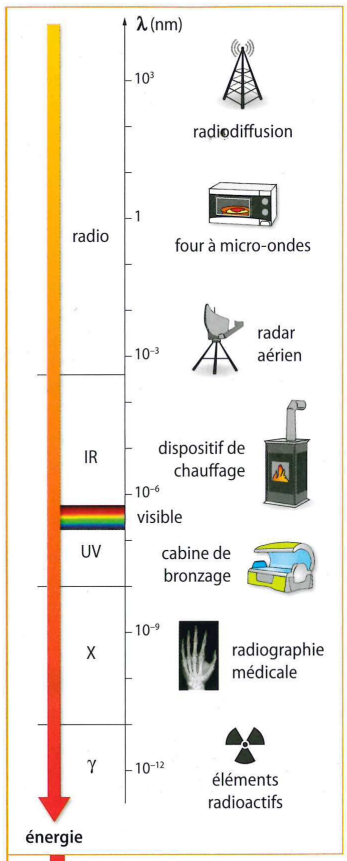
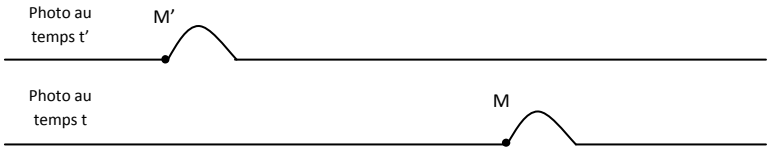


Fig. 1 Spectre électromagnétique et sources de rayonnement.

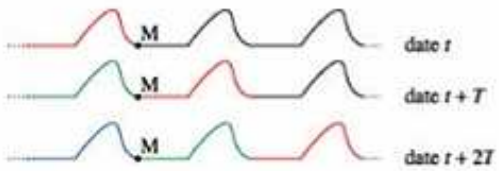
CARACTERISTIQUES DES ONDES

Points de cours	Explications ou utilisations
• Vitesse d'une onde : $\boxed{v = \frac{d}{\Delta t}}$ v en m.s^{-1}, d en m, Δt en s • **Onde transversale** : onde dont la perturbation se fait perpendiculaire à la direction de propagation (ex : corde) **Onde longitudinale** : onde dont la perturbation se fait dans le même sens que sa propagation (ex : ondes sonores) • Deux ondes se croisent sans se perturber.	Cette formule est connue, elle permet aussi de calculer la vitesse moyenne d'un mobile en mécanique.

• **Notion de retard :**
Soit une onde émise par une source et se propageant avec la célérité v le long d'une corde :



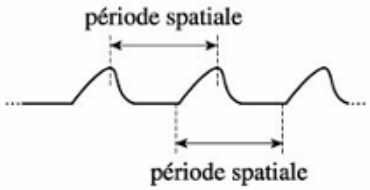
La perturbation en un point **M** du milieu, à l'instant **t**, est **celle qui existait auparavant** en un point **M'** au temps **t' = t – τ**, **τ étant le retard** (dans un milieu non dispersif). *Comme* $v = \frac{M'M}{t - t'} = \frac{M'M}{\tau}$ *alors* $\tau = \frac{M'M}{v}$



Le point M se met en mouvement vers le haut à t, $t+T$, $t+2T$...

Période temporelle : T en s

• **Double périodicité** des ondes progressives :



Les perturbations sont régulièrement espacées

Période spatiale : λ (longueur d'onde) en m

• Relation entre **période temporelle et fréquence** : $\boxed{\nu(nu) = \frac{1}{T}}$; ν (nu) en Hz, T en s

• Relation entre **période temporelle et période spatiale** : $\boxed{\lambda = v(vé) \times T = \frac{v(vé)}{\nu(nu)}}$

λ (lambda) en m, v(vé) en m/s, T en s, ν (nu) en Hz

• Un **milieu est dispersif** si dans celui-ci la vitesse de propagation des ondes dépend de leur fréquence.
ex : milieu dispersif = verre pour les ondes lumineuses (les radiations bleu vont moins vite dans le verre que les radiations rouge)
cex : milieu non dispersif : l'air pour les ondes sonores.

ANALYSE D'UN SON

- L'oreille humaine « normale » perçoit les sons compris entre 20 Hz et 20 000 Hz avec un pic de sensibilité à 3000 Hz.

- **L'<u>intensité sonore</u>** est liée à l'**amplitude** de la **vibration** sonore perçue et dépend de la **puissance** transmise
  Soit I l'intensité sonore et P la puissance acoustique transférée à travers la surface d'aire S :

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

  I s'exprime donc en $W.m^{-2}$

  P s'exprime en Watt (W)

  Deux valeurs références :
  le seuil d'audibilité est fixé à I_0 = **10^{-12} W.m^{-2}**
  le seuil de douleur est atteint pour I = **25 W.m^{-2}**

- Niveau sonore : grandeur liée à la sensibilité de l'oreille est définie par :

- $$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

  L : niveau sonore en décibel acoustique (dBA)

  I : intensité sonore du son perçu en Watt par mètre carré (W.m^{-2})

- La **<u>hauteur d'un son</u>** dépend de la **fréquence** du fondamental de celui-ci. Plus la fréquence du fondamental est grande, plus le son perçu est haut (aigu).

- La perception auditive d'une note est caractérisée par son **<u>timbre</u>** qui correspond au **spectre des harmoniques** : la richesse des différents harmoniques dans ce spectre change la perception.

Mais le timbre est aussi déterminée par les transitoires d'attaque et d'extinction de la note, c'est à dire la manière dont l'intensité sonore de la note s'établit et disparait lorsque l'instrument joue la note. L'enveloppe du son nous permet de « visualiser » les transitoires d'attaque et d'extinction, ainsi que le corps du son :

- L'attaque du son : il s'agit de la montée en amplitude de la vibration sonore au début de l'émission.
- L'extinction du son : il s'agit de la phase pendant laquelle l'amplitude de la vibration diminue avant de s'annuler, à la fin de l'émission.
- Le corps du son : c'est la phase entre l'attaque du son et son extinction

<u>Octave et gamme tempérée :</u>

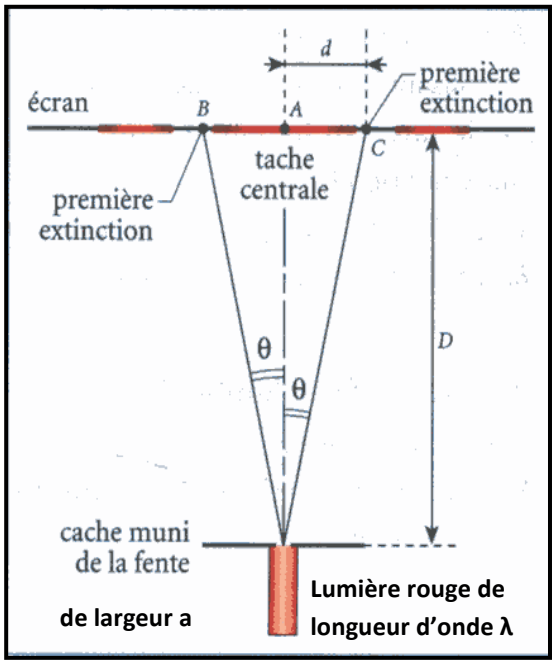
- L'intervalle entre deux notes (ou deux sons) est le rapport de leurs fréquences : la fréquence la plus grande (plus aigu) par la fréquence la plus faible (plus grave).
- Une octave correspond à un intervalle égal à 2. La gamme tempérée divise l'octave en 12 intervalles égaux, appelés demi-ton, de valeur $2^{1/12}$.
- La gamme tempérée basée sur les intervalles nécessite une fréquence de référence. Par convention, il s'agit de la fréquence du La3 égale à 440 Hz.

PROPRIETES DES ONDES

La diffraction

- On observe un phénomène de **diffraction** lorsqu'une onde traverse une ouverture ou rencontre un obstacle dot la dimension est voisine de la longueur d'onde.
  Plus la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle est petite grande, plus le phénomène de diffraction est marqué.

- **Diffraction d'une onde lumineuse par une fente :**



Soit :

λ : longueur d'onde de la lumière utilisée **(m)**

a : largeur de la fente **(m)**

θ : demi largeur angulaire de la tâche centrale de diffraction (entre le milieu de la tâche et le centre de la première extinction) **(rad)**

on a : $\theta = \frac{\lambda}{a}$

Cela confirme nos observations :

plus a est petit, plus θ est grand.

<u>Attention !!!</u>

L'apparence de la figure de diffraction dépend aussi de la distance entre la fente et l'écran puisque :

$$\tan\theta \approx \theta = \frac{d}{D}$$

- **Indice de réfraction** d'un milieu : $\boxed{n = \frac{c}{v(vé)}}$

avec c vitesse de la lumière dans le vide

v(vé) vitesse de la lumière dans le milieu considéré

On rappelle que v<c donc n>1, car la vitesse de la lumière dans le vide constitue une limite.

Les interférences

Le phénomène d'**interférence** est commun à toutes les ondes.

- Les sources doivent être **cohérentes (**synchrones) entre elles
  ⇔ **même fréquence** (même longueur d 'onde) et **relation de phase** (sources en phase par exemple)

- On observe alors un phénomène d'interférence avec :
  - zones d'interférences constructives : intensité lumineuse maximale, zone brillante
  - zones d'interférences destructives : intensité lumineuse minimale, zone sombre
  - Remarque : si les sources sont incohérentes (indépendantes entre elles), il n'y pas d'interférence

L'effet Doppler

Lorsqu'un émetteur sonore produit un son dans l'air de fréquence f_S , la fréquence f_R mesurée par un récepteur dépend de la vitesse de l'émetteur v_S et de la vitesse du récepteur v_r . La vitesse du son c (vitesse de l'onde par rapport à son milieu qui est l'air) est également un facteur à considérer dans la relation.

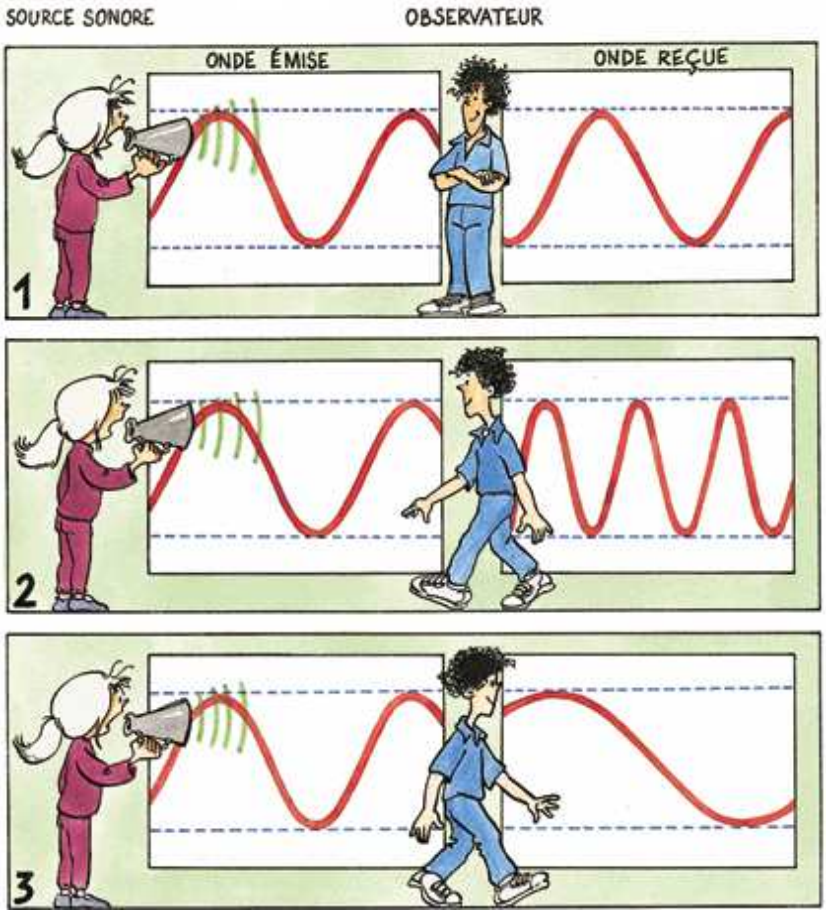
$$f_R = \frac{1 - \frac{\vec{v}_R . \vec{u}_{S\to R}}{c}}{1 - \frac{\vec{v}_S . \vec{u}_{S\to R}}{c}} . f_S$$

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\lambda_R - \lambda_S}{\lambda_S} \simeq -\frac{(\vec{v}_S - \vec{v}_R).\vec{u}_{S\to R}}{c}$$

La source et le récepteur sont mobile, par rapport au milieu de propagation, avec les vitesses respectives v_S et v_R. La relation entre la fréquence émise f_S et la fréquence reçue f_R est telle que :

$$f_R = \frac{1 - \frac{v_R}{c}}{1 - \frac{v_S}{c}} \times f_S = \frac{c - v_R}{c - v_S} \times f_S$$

Remarque : Les vitesses v_S et v_R sont comptées positivement dans le sens de la propagation.



LA MECANIQUE DE NEWTON

Système mécanique : objet ou ensemble d'objets considérés du point de vue de leur mouvement ou des forces qu'ils subissent.

Force extérieure : force exercée sur le système par un objet n'appartenant pas au système.

Force intérieure : force s'exerçant entre deux parties d'un même système.

Référentiel : solide de référence par rapport auquel on va décrire le mouvement du système mécanique.

Centre d'inertie : point particulier du système pour lequel le mouvement est plus facile à décrire car le plus simple.

1ère loi de Newton : dans un référentiel galiléen tout corps demeure au repos ou en mouvement rectiligne uniforme si les forces qu'il subit se compensent (et réciproquement)

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = \vec{0} \Leftrightarrow \overrightarrow{v_G} = \overrightarrow{cte} \qquad \vec{V}_{G/R} = \overrightarrow{cste} \Rightarrow \vec{p}_{G/R} = m\vec{V}_{G/R} = \overrightarrow{cste} \Rightarrow \frac{d\vec{p}_{G/R}}{dt} = \vec{0}$$

(un référentiel est galiléen si dans celui-ci, le principe d'inertie (1ère loi de Newton) est vérifié)

2ème loi de Newton (**théorie du centre d'inertie, principe fondamental de la dynamique**) : dans un référentiel galiléen, la somme de forces extérieures s'appliquant à un système à un instant t est proportionnelle à l'accélération du centre d'inertie G du système, le coefficient de proportionnalité étant la masse du système :

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m \times \overrightarrow{a_G}$$

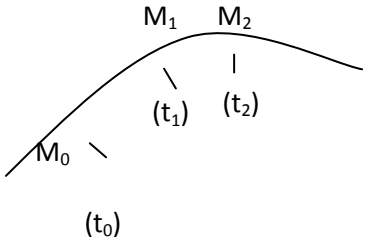
3ème loi de Newton (ou **principe des actions réciproques**) : si A et B sont deux objets en interactions alors, la force exercée par A sur B se note $\overrightarrow{F_{A/B}}$ et est l'opposée de la force exercée par B sur A.

$$\overrightarrow{F_{A/B}} = -\overrightarrow{F_{B/A}}$$

Vecteur vitesse

1) Vitesse instantanée :

La vitesse instantanée $V_1(t)$ d'un point d'un mobile à la date t_1 est **approximativement égale** à la vitesse moyenne de ce point, calculée entre **deux instants voisins** et encadrant la date t.

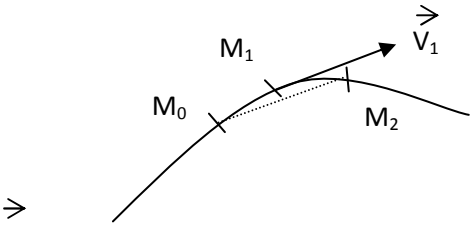


$$V_1(t) = \frac{\text{longueur } \overset{\frown}{M_0M_2}}{t_2 - t_0} \approx \frac{M_0M_2}{t_2 - t_0}$$

2) Comment représenter graphiquement cette vitesse : le vecteur vitesse :

Soit un point du solide ayant la position M_1 à la date t_1, **par rapport à un référentiel donné**, son vecteur vitesse possède les caractéristiques suivantes :

- **Origine :** le point M_1.
- **Direction :** celle de la tangente en m1 à la trajectoire.
- **Sens :** Celui du mouvement du mobile.
- **Valeur :** la vitesse instantanée V_1 à la date t_1.



Remarque :

- Vu que la durée t_2-t_0 est très petite, la direction de V_1 est voisine de celle de la droite (M_0M_2).
- Pour représenter le vecteur, il faut donner une **échelle de vitesse** :
  Ex : on dira que 1 $m.s^{-1}$ est représenté par 1 cm.
- Un mouvement est qualifié d'**uniforme** lorsque la valeur de la vitesse est constante au cours du temps.
- Un mouvement est qualifié de **rectiligne uniforme** lorsque le vecteur vitesse est constant (même sens, même direction, même valeur).

3) Vecteur accélération :

On appelle vecteur accélération de G, à la date t, le vecteur définit par : $\overrightarrow{a_G} = \frac{d\overrightarrow{v_G}}{dt}$

$\overrightarrow{v_G}$ est donc la vecteur vitesse instantanée à la date t et s'exprime en $m.s^{-1}$.

$\overrightarrow{a_G}$ est le vecteur accélération qui s'exprime en $m.s^{-2}$.

Forces

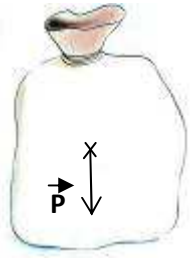
1) Poids d'un objet :

Le poids d'un objet est la **force gravitationnelle exercée par la Terre sur l'objet**.C'est une action à distance.

Expression : $F_{T/objet} = G.\frac{m\ m_T}{R_T^2}$ $F_{T/objet} = P = \frac{G.m_T}{R_T^2} m$ D'où $g = \frac{G.m_T}{R_T^2}$ et $P = mg$

P en N ; m en kg ; g en $N.kg^{-1}$

Représentation :



On représente donc le poids d'un objet par **force résultante** qui s'applique au **centre de gravité** (**ou centre d'inertie**) du solide considéré.

Caractéristique Direction : la verticale du lieu

Sens : de haut en bas

2) Réaction d'un plan sur un objet :

- Une action de contact répartie :

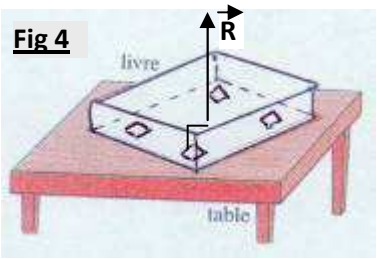


Fig 4

L'action d'une table sur un livre est la **résultante** des forces de contact exercée par la table **en chaque point** de la surface du livre.
La réaction est dans ce cas **perpendiculaire** (normale) à la table

- Si le plan est incliné :

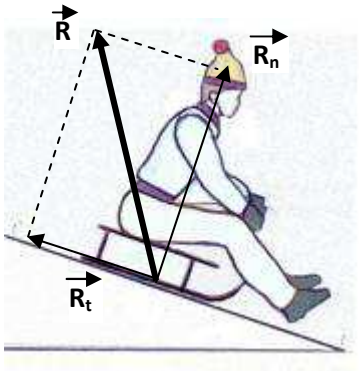


Fig 5

Il est commode, comme pour la force de contact ponctuel, de décomposer la réaction :

- La **réaction normale** du support $\overrightarrow{R_n}$. Elle est perpendiculaire au plan du support. C'est la réaction à l'enfoncement.
- La **réaction tangentielle** de la table $\overrightarrow{R_t}$. Elle est parallèle au plan de la table. C'est la force de frottement exercée par la table sur le solide en glissement.

On a la relation : $\boxed{\vec{R} = \vec{R}_n + \vec{R}_t}$

- Contact sans frottement :

Dans le cas où les surfaces sont lisses ou lubrifiées ou que l'objet glisse sur coussin d'air, la **réaction tangentielle est négligée.**

3) La poussée d'Archimède :

Elle représente l'action qu'exerce un fluide (air, eau) sur un solide. Ses caractéristiques sont :

- C'est une force verticale.
- Elle est ascendante.
- Elle est appliquée au centre d'inertie du fluide déplacé.
- Sa valeur est égale au poids du fluide déplacé :

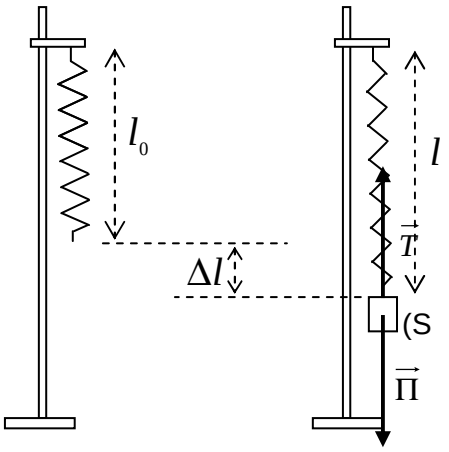
$$\Pi = \rho_{fluide} * V_{déplacé} * g$$

Π : poussée d'Archimède (N)

ρ_{fluide} : masse volumique du fluide déplacé (kg/m^3)

$V_{déplacé}$: volume du fluide déplacé (m^3)

4) Action d'un ressort :



$l_0 =$ longueur à vide du ressort

$l =$ longueur du ressort en charge

$\Delta l = l - l_0 =$ allongement du ressort

Forces exercées par l'extérieur sur le solide :

$\vec{T}$: tension du ressort

T = k Δl ou encore : T = k (l – l_0).

LA MECANIQUE DE NEWTON

Chute vertical d'un solide sans frottements

On laisse tomber en chute libre une bille du haut du toit d'une maison, sans vitesse initiale. Quel est le mouvement de la bille ?

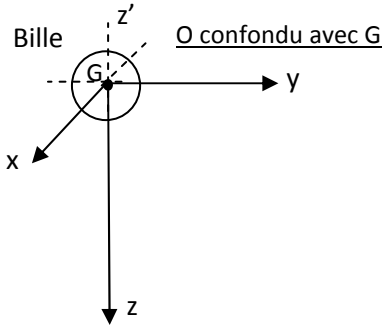
1) Qu'est-ce qu'une chute libre ?

Un solide est en chute libre lorsque l'on étudie son **mouvement par rapport à un référentiel terrestre** et qu'il est **soumis qu'à la force de pesanteur** (ce n'est vrai que dans le vide).

2) Equation différentielle du mouvement :

Il faut encore une fois appliquer la deuxième loi de Newton au centre d'inertie du solide :

$$\Sigma\vec{F} = m\times\overrightarrow{a_G} \Leftrightarrow \vec{P} = m\times\vec{g} = m\times\overrightarrow{a_G} = m\times\frac{d\overrightarrow{v_G}}{dt}$$



On peut projeter cette relation sur l'axe z'Oz :

$$g = a_{Gz} = \frac{dv_{Gz}}{dt}$$

L'équation différentielle du mouvement s'écrit donc :

$$\boxed{\frac{dv_{Gz}}{dt} = g}$$

Conséquences :

- ✓ **L'accélération du solide suivant l'axe vertical est constante** car elle est égale à l'intensité du champ de pesanteur qui est constant puisque le champ est uniforme.
- ✓ L'accélération du solide a étant égale à l'intensité de la pesanteur g, on dit qu'il y a **identité entre la masse inertielle** (celle qui intervient dans la 2ème loi de Newton) **et masse gravitationnelle** (celle qui intervient dans la force de pesanteur ou de gravitation).
- ✓ Ceci explique **pourquoi l'accélération d'un solide en chute libre est indépendante de la masse du solide.**

3) Résolution

On s'intéresse toujours au point G du solide, nous n'indicerons plus les différents paramètres pour ne pas alourdir les équations.

➢ Mouvement à une dimension :

Le vecteur $\vec{g}$ n'étant dirigée que dans une seule direction, le mouvement se fera dans une seule direction (celle de l'axe z'Oz). En effet :

- ✓ On a $\frac{dv_x}{dt} = 0$ d'où $v_x = cte = v_x(t=0) = 0$ or $v_x = \frac{dx}{dt} = 0$ d'où $x = cte = x(t=0) = 0$
- ✓ Le même raisonnement peut-être fait dans la direction de l'axe y'Oy

➢ Quel est donc le mouvement dans la direction considérée (6) ?

- ✓ $\frac{dv_z}{dt} = g$ donc $v_z(t) = g\,t + v_z(0)$ ($v_z(t)$ est une **primitive** de $a_z(t)$)

✓ $v_z(t) = \frac{dz}{dt} = g\,t + v_z(0)$ <u>donc</u> $z(t) = 1/2 \times g \times t^2 + v_z(0) \times t + z(0)$

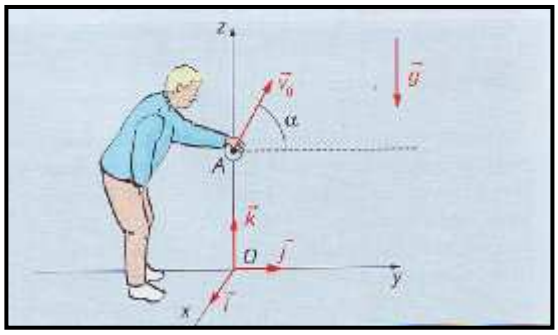
Donc si comme nous l'avions énoncé v(0) = 0 :

$v_z(t) = g\,t$: la **vitesse augmente proportionnellement au temps : c'est la définition d'un mouvement uniformément accéléré.**

Nous avons pu obtenir l'évolution de la position et de la vitesse de la bille au cours du temps : on connaît donc son mouvement.

Mouvement parabolique

1) <u>Schéma de la situation :</u>



2) <u>Les bases à définir avant tout problème de mécanique :</u>

On travaille dans le **référentiel du joueur, fixe**, dont les pieds sont liés au sol. C'est un référentiel terrestre supposé galiléen le temps du lancer de la boule.

Le **système** étudié est la **boule de pétanque**.

Le **bilan des forces**, si on néglige les forces exercées par l'air sur le système, ne fait apparaître que le **poids de la boule**.

Un solide en mouvement dans le champ de pesanteur uniforme, qui n'est soumis qu'à son poids, est appelé un projectile.

3) <u>Application de la deuxième loi de Newton [1] :</u>

On a donc, vu la seule force appliquée : $\vec{P} = m \times \vec{a} \Leftrightarrow m \times \vec{g} = m \times \vec{a} \Leftrightarrow \vec{a} = \vec{g}$

4) Equations horaires paramétriques :

a. Obtention de l'accélération sur les trois axes :

On projette sur les différents axes du repère :

Sur Ox : $a_x = 0$ / Sur Oy : $a_y = 0$ / Sur Oz : $a_z = -g$

b. Obtention de la vitesse en fonction du temps sur les trois axes :

On a a = dv/dt. Donc pour avoir v = f(t), nous devons intégrer l'expression de l'accélération :

Sur Ox : $v_x(t) = 0 + cte_1$ / Sur Oy : $v_y(t) = 0 + cte_2$ / Sur Oz : $v_z(t) = -gt + cte_3$

Pour avoir la valeur de ces constantes, on regarde la valeur de v (t = 0) :

$$v_x(t = 0) = 0 \; ; \; v_y(t = 0) = v_0 \cos\alpha \; ; \; v_z(t = 0) = v_0 \sin\alpha$$

D'où :

Sur Ox : $v_x(t) = 0$ / Sur Oy : $v_y(t) = v_0 \cos\alpha$ / Sur Oz : $v_z(t) = -gt + v_0 \sin\alpha$

c. Obtention de la position en fonction du temps sur les trois axes :

On a v = dpos/dt. Donc pour avoir p = f(t), nous devons intégrer l'expression de la vitesse :

Sur Ox : $x(t) = 0 + cte'_1$ / Sur Oy : $y(t) = v_0 \cos\alpha \times t + cte'_3$ / Sur Oz : $z(t) = -1/2gt^2 + v_0 \sin\alpha \times t + cte'_3$

Pour avoir la valeur de ces constantes, on regarde la valeur de p (t = 0) :

$$x(t = 0) = 0 \; ; \; y(t = 0) = 0 \; ; \; z(t = 0) = z_0$$

D'où :

Sur Ox : $x(t) = 0$ / Sur Oy : $y(t) = v_0 \cos\alpha \times t$ / Sur Oz : $z(t) = -1/2gt^2 + v_0 \sin\alpha \times t + z_0$

5) Conséquences : mouvement plan et équation de la trajectoire [(2) et (3)] :

a. Mouvement plan :

Puisque x = 0, le mouvement de la boule de pétanque ne s'effectue que dans le plan (yOz).

Ainsi, en exprimant z = f(y) ou y = g(z) on obtient l'équation de la trajectoire :

b. Equation de la trajectoire :

- D'après l'équation paramétrique sur Oy, on peut écrire : $t = \dfrac{y}{v_0 \cos\alpha}$
- On reporte alors cette expression dans l'équation paramétrique selon Oz :

$$z(t) = -\frac{1}{2}\frac{g \times y^2}{{v_0}^2 \cos^2\alpha} + \frac{v_0 \sin\alpha \times y}{v_0 \cos\alpha} + z_0$$

$$z(t) = \frac{-g}{2{v_0}^2 \cos^2\alpha} \times y^2 + \tan\alpha \times y + z_0$$

Remarque :

On parle généralement de **portée** pour la **distance horizontale maximale** que peut atteindre un tir. Zp=0m

On parle de **flèche** pour la **hauteur maximale** que peut atteindre un tir. Vz = 0 m/s

SATELLITES ET PLANETES EN MOUVEMENT CIRCULAIRE

Dans le repère de Frénet, le vecteur accélération peut se décomposer de la façon suivante :

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt}\vec{T} + \frac{v^2}{R}\vec{N}$$

Dans le cas d'un mouvement **circulaire uniforme,** on a :

$$v = cte\ d'où\ \frac{dv}{dt} = 0\ ainsi\ \vec{a} = \frac{v^2}{R}\vec{N}$$

1ère loi de Kepler : Chaque planète décrit autour du soleil une ellipse dont le soleil occupe un des foyers.

2ème loi de Kepler : le rayon qui joint le centre de la planète au centre du soleil balaye des surfaces égales en des temps égaux.

3ème loi de Kepler : Le carré de la période de révolution T de chaque planète est proportionnel au cube de son demi grand axe a de son orbite elliptique. $\frac{T^2}{a^3} = cte = \frac{4\pi}{GM_S}$

3ème loi de Newton : $\overrightarrow{F_{A/B}} = -\overrightarrow{F_{B/A}} = -G \times \frac{m_A \times m_B}{d_{AB}^{\ 2}}\overrightarrow{u_{AB}}$

Application de la seconde loi de Newton lorsque la terre gravite autour du soleil :

$$\sum \overrightarrow{F_{ext}} = M_p \times \overrightarrow{a_P}$$

$$-G \times \frac{M_S \times M_P}{d^2}\overrightarrow{u_{SP}} = M_p \times \overrightarrow{a_P}$$

$$-G \times \frac{M_S \times M_P}{d^2}\overrightarrow{u_{SP}} = M_P \times \frac{v^2}{d}\vec{N}$$

$$Or\ par\ définition, \overrightarrow{u_{SP}} = -\vec{N}$$

$$Par\ suite\ G \times \frac{M_S \times M_P}{d^2} = M_P \times \frac{v^2}{d} \Leftrightarrow \frac{GM_S}{d} = v^2$$

$$\Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{GM_S}{d}}$$

Période de révolution :

$$T = \frac{circonférence\ de\ l'orbite}{v} = \frac{2\Pi r}{\sqrt{\frac{GM_S}{r}}}$$

$$d'où\ T = 2\Pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_S}}$$

TEMPS ET OSCILLATEUR

Travail d'une force constante : pour un déplacement rectiligne $\overrightarrow{AB}$ de son point d'application est le produit scalaire de $\vec{F}$ par $\overrightarrow{AB}$. $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} . \overrightarrow{AB} = F*AB*\cos\alpha$

- $W_{AB}(\vec{F})$: travail exprimé en Joules (J).
- F : valeur de la force en Newton (N).
- AB : longueur du déplacement (m)

Le travail est une **grandeur algébrique**

Travail élémentaire $\delta W = \overrightarrow{F} \bullet \overrightarrow{dl}$

Expression générale du travail d'une force $W_{AB}(\vec{F}) = \int_A^B \delta W = \int_A^B \overrightarrow{F} \bullet \overrightarrow{dl}$

- **Application au travail du poids :**

$$W_{AB}(\vec{P}) = \int_A^B \vec{P} \bullet \overrightarrow{dl} = \vec{P} \bullet \int_A^B \overrightarrow{dl} \qquad W(P) = \vec{P} \bullet \overrightarrow{AB} = P \times AB \times \cos\theta = m \times g \times (z_A - z_B)$$

- **Travail de la force électrique :** $W_{AB}(\overrightarrow{F}) = \int_A^B k.\frac{q_1.q_2}{r^2} \bullet \overrightarrow{dr} = q(V_A - V_B)$

- **Travail de la tension d'un ressort :** $W_{12}(\overrightarrow{F_{op}}) = \int_{x_1}^{x_2} \delta W(\overrightarrow{F_{op}}) = \int_{x_1}^{x_2} k\,x\,dx = \left[\frac{1}{2} k\,x^2\right]_{x_1}^{x_2} = \frac{1}{2} k\,(x_2{}^2 - x_1{}^2)$

- **Deux types de forces**

1) les ***forces conservatives*** qui sont les forces dont le travail **ne dépend pas du chemin suivi** mais que du point de départ et du point d'arrivée. Exemples rencontrés : travail du poids, travail de la tension du ressort, travail d'une force constante.

2) les ***forces non conservatives*** dont le travail **dépend du chemin suivi** comme par exemple les forces de frottement.

Energie cinétique $E_C = \frac{1}{2} m v^2$ E_c : énergie cinétique en joules (J) m en kg et v en $m.s^{-1}$

Energie potentielle Energie **qui peut être, ou non, convertie en une autre forme d'énergie** ou transférée par travail, transfert thermique ou rayonnement.

- **Energie potentielle de pesanteur :** $E_{pp} = m.g\,z$
  par convention que $E_{pp} = 0$ pour l'altitude $z = 0$. L'axe des z est vertical dirigé vers le haut.
- **Energie potentielle élastique d'un ressort** $E_{Pél} = \frac{1}{2} k\,x^2$

Energie mécanique $E_m = E_C + E_P$

- **Si le système évolue sans frottements, alors l'énergie mécanique de ce système se conserve** $E_m = cte$
- On a donc une **conversion d'énergie cinétique en énergie potentielle et vice-versa**.
- **Si les frottements ne sont pas négligeables, il y dissipation d'énergie vers le milieu extérieur sous forme de chaleur.**

Horloge atomique

Les horloges atomiques ont été mises au point dès le milieu des années 1950. **« la seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133 ».**
Le comptage du temps est ensuite assuré par une division des **oscillations** de l'oscillateur à quartz, associé à un circuit électronique affichant par exemple l'heure comme dans une montre à quartz.

Les oscillations peuvent aussi être utilisées directement pour piloter des dispositifs ou équipements nécessitant une fréquence de fonctionnement stable.

TEMPS ET RELATIVITE RESTREINTE

Postulat d'Einstein

Les deux postulats d'Einstein s'énoncent classiquement de la manière suivante :

- Invariance des lois de la physique : les lois de la physique se formulent de la même manière dans tous les référentiels galiléens.
- Constance de la vitesse de la lumière : la vitesse de la lumière est la même dans tous les référentiels galiléens.

Les tests expérimentaux

La vitesse de la lumière (valeur, influence de la vitesse de la source ou de l'observateur, nature du milieu « support » de l'onde lumineuse,…) a préoccupé les physiciens ; des expériences ont été ainsi réalisées dès le début du XIXème et sont encore réalisées actuellement.

Expérience d'Alväger12 (1964**)** Il est pertinent d'insister sur le résultat - la vitesse de la lumière est indépendante de la vitesse de la source - et de montrer que l'on doit accompagner cette affirmation d'une incertitude relative de l'ordre de 10-4.

Un événement est un phénomène objectif observable : « quelque chose se passe », un flash de lumière, un éclair, l'aiguille d'une horloge qui coïncide avec une indication du cadran, une explosion, un astronaute qui fête ses 20 ans en regardant la date sur l'horloge de la fusée, etc.

Repérer un événement

Il convient de se donner un **référentiel** (réseau tridimensionnel) et une horloge. On attribue des coordonnées spatio-temporelles à cet événement, ce sont les coordonnées d'espace-temps.

Le terme de **« temps propre »** est l'intervalle de temps mesuré par une horloge fixe d'un système de référence où deux événements se produisent au même point.

FORMULE DE LA RELATIVITE $\Delta t_m = \gamma . \Delta t_p$ *Avec* $\gamma = (1 - V^2/c^2)^{-1/2}$

γ *(gamma)* est appelé ***facteur de Lorentz***

Définition de la seconde

D'après le site du BIPM23, la seconde est définie de la manière suivante :

La seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133.

TRANSFERTS D'ENERGIE

Energie interne

Les diverses formes d'énergie stockées dans le système, en dehors de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle d'interaction, constituent l'énergie interne du système, notée U et comme toutes énergies exprimée en Joules (J) et résulte de contributions microscopiques.

Transfert thermique

Transfert d'énergie qui s'effectue spontanément du corps le plus chaud vers le corps le plus froid.

L'énergie qu'un corps reçoit par transfert thermique sera notée Q et sera exprimée en Joules (J).

Flux thermique

Le flux thermique traduit la vitesse du transfert thermique : c'est une puissance exprimée en watts (W).

Définition 3 : On appelle flux thermique, noté Φ, à travers une paroie, la puissance thermique qui la traverse. Il évalue la rapidité du transfert thermique. Il s'obtient par la relation

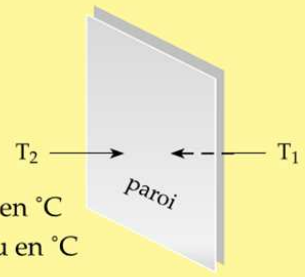
$$\Phi = \frac{Q}{t} \quad \text{avec}$$

$\Phi =$ flux thermique en watts
$Q =$ quantité de chaleur tranférée à travers la paroie, en joules
$t =$ temps en secondes

Resistance thermique

Définition 4 : La résistance thermique R_{th} d'une paroie traduit sa capacité à s'opposer au transfert thermique. Elle est définie comme le rapport de la différence de températures entre les faces de la paroi sur le flux thermique. On a alors :

$$R_{th} = \frac{T_2 - T_1}{\Phi} \quad \text{avec}$$



$R_{th} =$ résistance thermique en $K.W^{-1}$
$T_1 =$ température absolue de la face froide en K ou en °C
$T_2 =$ température absolue de la face chaude en K ou en °C
$\Phi =$ flux thermique

Remarque : Lorsque la paroie, de surface S et d'épaisseur e, est homogène et isotrope (même résistance dans toute les directions), on définit la conductivité thermique λ en $W.m^{-1}.K^{-1}$. On a alors : $R_{th} = \frac{e}{\lambda S}$

Un bon isolant thermique a une résistance thermique importante.

Modes de transferts thermiques

- Conduction :
  Microscopiquement parlant, la température rend compte de l'agitation des particules d'un gaz ou d'un liquide. Le transfert par conduction signifie que cette agitation se propage de proche en proche, de molécule en molécule.Il n'y a pas de déplacement des molécules.

- Convection :
  Au contraire ici, la température se propage par déplacement de molécule (casserole d'eau sur le feu).

- Transfert d'énergie par rayonnement :
  L'énergie interne d'un corps (et sa température) augmente sous l'effet d'un rayonnement (de même type que la lumière, il peut être visible ou non (U.V)). Sa particularité est qu'il peut se faire dans le vide.

Energie et principe de conservation

On regroupe sous le terme d'énergie d'un système son énergie cinétique, son énergie potentielle et son énergie interne. $\boxed{E = E_c + E_{pp} + U}$

L'énergie d'un système varie s'il est soumis à des tranferts énergétiques, soit sous forme de travail soit par transfert thermique, soit par rayonnement. $\boxed{\Delta E = W + Q}$

Si le système est immobile : $\Delta U = W + Q$
Si ce n'est pas le cas, on dit que le système est **isolé. Alors son énergie ne varie pas, c'est le principe de conservation de l'énergie.**

Variation d'énegie interne pour un corps sous phase condensée

La variation d'énergie interne d'une masse m de substance dont la température varie d'une valeur initiale θ_i à une valeur finale θ_f est donnée par la relation suivante :

$$\boxed{\Delta U = m \,.\, c \,.\, (\theta_f - \theta_i)}$$

ΔU en joule J **m** en kilogramme kg **c** capacité thermique massique $J.kg^{-1}.°C^{-1}$
$\theta_f - \theta_i$ températures en °C

TRANSFERTS QUANTIQUES D'ENERGIE

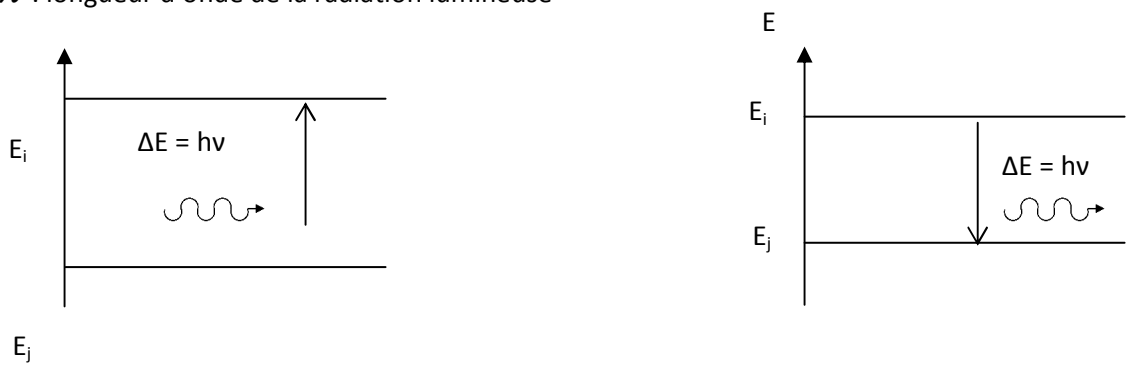
$$E_{photons} = h \times \nu \text{ ou } E_{photons} = \frac{h \times c}{\lambda}$$

h : constante de Planck exprimée en J.s

ν : fréquence de la radiation lumineuse exprimée en Hz

c : célérité de la lumière

λ : longueur d'onde de la radiation lumineuse



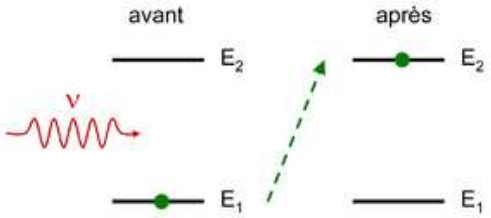
ABSORPTION EMISSION

- Pour les ondes lumineuses : $\lambda = c \times T = \frac{c}{\nu(nu)}$ avec c = 3,00×10^{8} m.s^{-1}
- Les différents domaines de radiations pour les ondes lumineuses :
  - ✓ Si 400 nm (violet) < λ < 800 nm (rouge) : lumière visible
  - ✓ Si λ < 400 nm : ultraviolet (UV)

Si λ > 800 nm : infrarouge (IR)

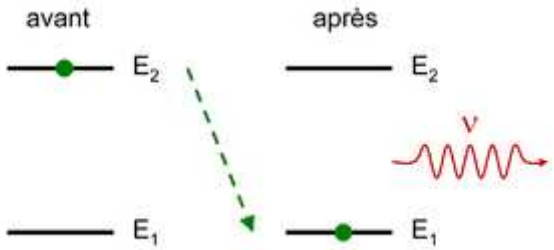
L'absorption quantique

Un atome peut passer d'un état nà un état $n' > n$, en prélevant l'énergie correspondante sur le rayonnement : absorption d'un photon du rayonnement faisant passer l'atome du niveau d'énergie $E_n$vers le niveau d'énergie $E_{n'}$. **Le phénomène d'absorption d'énergie est quantifiée**.



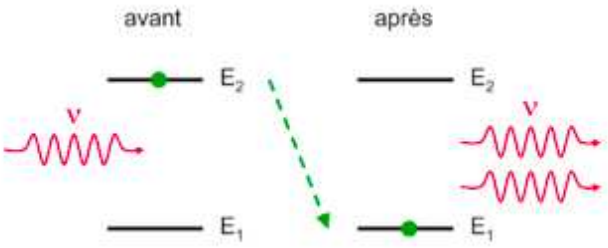
L'émission spontanée

Un atome dans un état excité n'peut se désexciter vers un état n : émission d'un photon. Le phénomène d'émission spontanée.



L’émission stimulée

Le phénomène d'émission stimulée. La désexcitation de l'atome est stimulée par l'arrivée du photon incident d’énergie E2-E1. Le photon émis vient s'ajouter au champ incident : il y a amplification

- 

Le LASER

Le mot **laser** provient de l'acronyme anglais *« light amplification by stimulated emission of radiation »* (en français : « amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement »).

Directivité : les photons se propageant exactement dans l’axe de la cavité.

Pureté spectrale La lumière LASER a une longueur d’onde clairement identifiée : **elle est monochromatique**

Concentration spatio-temporelle L’ensemble de l’énergie produite est dirigé selon une direction contrairement aux sources classiques.

Le LASER peut fournir son énergie de façon continue ou pulsée. Dans ce dernier cas, plus l’impulsion est brève, plus il délivre une puissance instantanée importante.

Fonctionnement

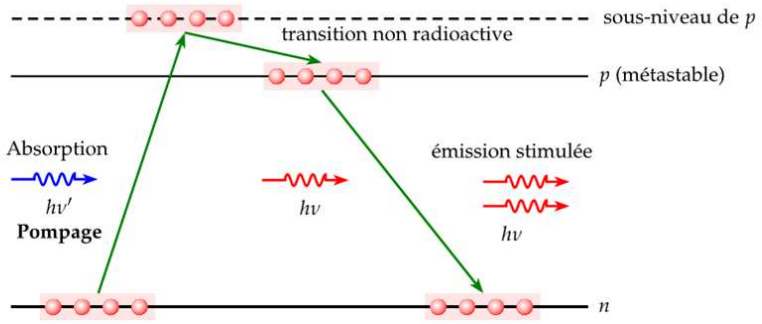
Le LASER émet des photons par **émission stimulée** : le laser est fondamentalement un *amplificateur* de lumière.

Un **pompage optique** permet de placer une majorité de particules de la cavité du LASER dans un état excité : c’est l’**inversion de population**.

La cavité est placée entre deux miroirs : seuls les photons de direction perpendiculaire aux miroirs peuvent sortir de la cavité : les **miroirs sélectionnent la direction des photons**.

La multiplication des passages permet d’augmenter le nombre de photons produits par émission stimulée.

En réalité, les atomes se trouvent à des sous-états énergétiques dans un premier temps pour passer dans la suite à l'état exité p.
Lors de l'émission stimulée, un grand nombre d'atomes parmi cette population va passer à l'état fondamental n en émettant un rayonnement de fréquence ν



Remarque : Tous les atomes ne possèdent pas d'état métastable qui évite les émissions spontanées. C'est par exemple le cas avec le laser à rubis.

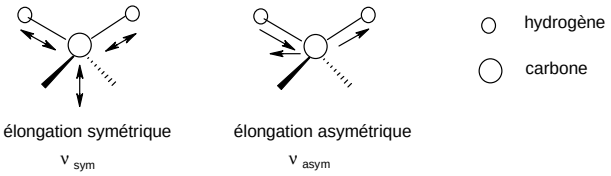
Transitions d'énergie

L'absorption d'une radiation, par un atome, une molécule, provoque un passage de l'état d'énergie fondamental (normal) vers un état d'énergie excité.

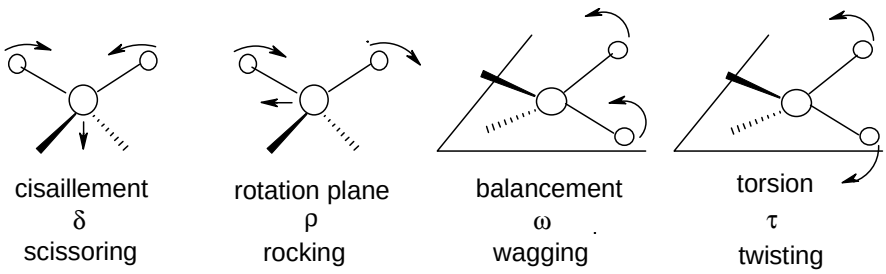
Une même molécule peut absorber plusieurs radiations électromagnétiques dans des domaines très différents, ce qui correspond à des excitations de natures diverses. L'absorption peut entraîner :

- des modifications d'angle ou de longueur de liaisons : il s'agit de **transitions d'énergie vibratoire** dans le domaine de **l'infra-rouge**
- de niveaux d'énergie des électrons de liaison : il s'agit de **transitions d'énergie électronique** dans le domaine **visible ou Ultra-Violet.**

Vibrations d'élongation ou de valence (streching)



Vibrations de déformation angulaire (bending)



DUALITE ONDE CORPUSCULE

Comportement particulaire

On place une plaque photographique au lieu de l'écran.
Chaque photon de la lumière provoque un impact : l'aspect corpusculaire est mis en évidence.

Une autre expérience : l'effet Compton met en évidence la collision d'un photon et d'un électron.

Comportement aléatoire

L'impact de photons arrivant sur une plaque est **aléatoire**. Il s'agit d'une **approche probabiliste** : seule **l'étude d'un grand nombre de particules permet d'établir un comportement.**

Dualité onde particule

La lumière se comporte selon les conditions d'expérience comme une onde ou comme un corpuscule

Relation de de Broglie

Il généralise la notion de dualité en affirmant que tout corpuscule matériel, d'énergie E et d'impulsion p, peut avoir un aspect ondulatoire grâce à une onde de longueur d'onde λ

À chaque particule en mouvement est associée une **onde de matière** de longueur d'onde λ, liée à la quantité de mouvement p de la particule par la **relation de Broglie** :

$p = h/\lambda$

- h, constante de Planck ($h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J · s) ;
- p, quantité de mouvement en kg · m · s^{-1} ;
- λ, longueur d'onde de matière en m.

Quand doit-on privilégier l'aspect ondulatoire ?

Si la longueur d'onde est du même ordre de grandeur que la taille de l'obstacle.

Application à l'étude cristalline.

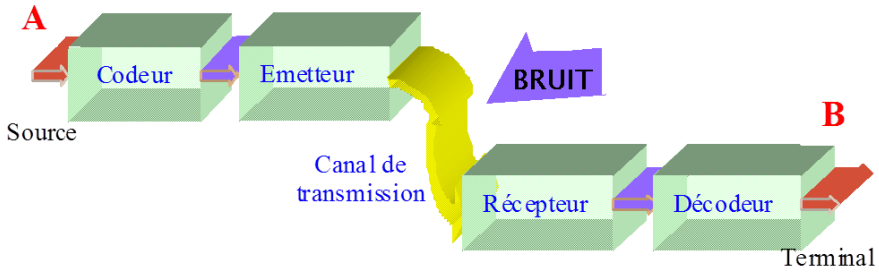
Pour une onde incidente, les atomes d'un cristal disposés régulièrement peuvent former un réseau de diffraction provoquant une diffusion et des interférences.
Diffraction des électrons : on étudie alors la surface (première couche atomique du cristal)
Diffraction des neutrons : ils pénètrent fortement dans la matière, on obtient des structure en 3D.

CHAINE DE TRANSMISSION D'INFORMATION

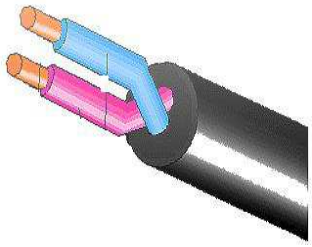
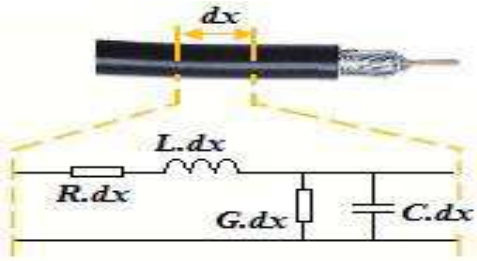
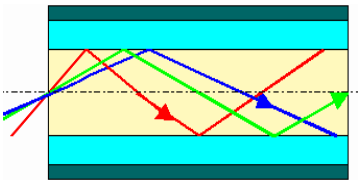
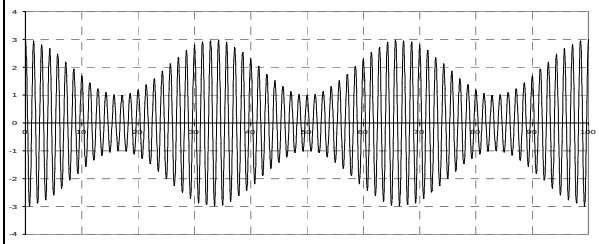
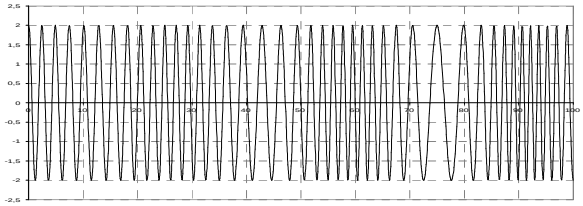
Chaîne de transmission

Elle comprend trois éléments : source, canal, destinataire.

L'émetteur et le récepteur convertissent le message à délivrer en un signal facile à transmettre et inversement.



Différents canaux de transmission

<table>
<tr><td colspan="2">Transmission guidée : le signal est contraint de se déplacer dans un espace limité</td><td>Transmission libre : le signal peut se propager dans toutes les directions.</td></tr>
<tr><td>Câble : il guide un signal électrique
 
<u>Bifilaire</u> (éthernet : 4 paires)
 
<u>Coaxial</u> : antenne télé</td><td>Fibre optique : il guide un signal lumineux. Seuls certains chemins de la fibre peuvent êtes utilisés : ce sont les modes de propagation
 
Fibre multimodes</td><td>Onde radio : Une onde électromagnétique de haute fréquence (la porteuse) permet de transmettre le signal basse fréquence.
Modulation d'amplitude AM
 
Modulation en fréquence FM
  </td></tr>
</table>

Atténuation d'un signal

<table>
<tr><td>L'atténuation est l'affaiblissement de l'amplitude du signal au cours de la transmission : il s'agit de la diminution de la puissance du signal dans le canal de transmission</td><td>Le coefficient d'atténuation linéique entre deux points A et B s'écrit :
$\alpha = \frac{-\ln(10)}{AB} \cdot \log\left(\frac{P_B}{P_A}\right)$
α, coefficient d'atténuation (en dB · m⁻¹)
AB, distance entre A et B (en m)
P_A et P_B, puissances du signal aux points A et B (en W)
Exemple
Un coefficient d'atténuation linéique de 0,7 dB.km⁻¹ correspond à une diminution de la puissance du signal de moitié sur un kilomètre. En effet, dans ce cas :
$\alpha = (-\ln(10)/10^3) \times \log(0,5) = 7 \times 10^{-4}$ dB · m⁻¹ = 0,7 dB · km⁻¹.</td></tr>
</table>

NUMERISATION D'UN SIGNAL

Un **signal analogique** est une fonction continue du temps.
Il a l'inconvénient d'être sensible à toute perturbation électromagnétique.

Un **signal numérique** est une succession de 0 et 1 appelés bits.

Le traitement numérique des signaux se fera donc sur des **valeurs discrètes.**

ÉCHANTILLONNAGE

Découper le signal électrique analogique à intervalle de temps régulier Te (en s) appelé période d'échantillonnage.
La fréquence d'échantillonnage fe (en Hz) définie par fe = 1/Te correspond au nombre de points retenus par seconde sur le signal analogique.
Plus la fréquence utilisée sera grande, plus les mesures seront fidèles au signal original.

THEOREME DE SHANON

La fréquence d'échantillonnage doit être au moins le double de la fréquence du signal

$$F_{ech} > 2 \times F_{max}$$

QUANTIFICATION

Approximer toutes les valeurs prises par la tension du signal par un ensemble limité de valeurs.

Associer à chaque valeur de la tension retenue après échantillonnage un nombre binaire constitué de 0 et de 1.
Un bit (BInary digiT) ne peut prendre que 2 valeurs : 0 ou 1.
La quantité de nombres binaires possibles est appelée **résolution R** : $\boxed{R = 2^k}$ où k est le nombre de bits utilisés.
Le signal numérique est l'ensemble des nombres binaires (comportant une quantité identiques de bits) quantifiant chaque valeur retenue par l'échantillonnage.

Les processeurs équipant les ordinateurs traitent les bits par paquets multiples de 8 (8, 16, 32, 64 ….) . Un paquet de 8 bits est un **octet**.

Plus le nombre de bits N est grand et plus l'erreur de quantification est faible.
Valeur de q : résolution de la conversion analogique → numérique.
Valeur de q avec U = 10 V pour quelques valeurs de N :

N	8	10	12	14
nombre de niveaux	256	1024	4096	16 384
q	39 mV	9.77 mV	2.44 mV	0.61 mV

IMAGES NUMERIQUES ET STOCKAGE OPTIQUE

L'image numérique enregistrée

- le pixel :

Image numérique : ensemble de points (pixels).
Le pixel est le plus petit élément constitutif de l'image.
L'ensemble des pixels est contenu dans un tableau à deux dimensions qui constitue l'image.
La précision est le nombre de bits décrivant un pixel de l'image

- enregistrement d'image en niveaux de gris : La luminance (c'est à dire le niveau de gris) de chaque pixel est codé par un nombre compris entre 0 (point noir) et 255 (point blanc) donc il faut 8 bits c'est à dire un octet pour décrire un pixel.
Le nombre d'octets de l'image est donc égal au nombre de pixels.

- enregistrement d'image en couleurs, *image en 24 bits/pixels : la chrominance*
Pour chaque pixel la couleur est obtenue par synthèse additive à partir des 3 couleurs primaires (RVB) codée chacune sur 8 bits (1 octet par couleur donc 3 octets par pixel).
Il y a donc 16.8 millions de couleurs possibles pour chaque pixel et chaque pixel est décrit par 24 bits.

- la résolution de l'image affichée ou imprimée
Nombre de pixels par unité de longueur exprimée en pouces : exprimée en PPP (points par pouce) ou en anglais DPI (dots per inch). Un pouce mesure 2.54 cm.

Une image 40 x 40 pixels mesurant 4 x 4 pouces a une résolution : 40/4=10 dpi
Exemple Pour un écran d'ordinateur LCD sous Windows la résolution recommandée est de 96 dpi
Un écran de 15'' a une largeur de 12'' et une hauteur de 9'' Une résolution de 96 dpi correspond donc à un affichage de 1152 x 864 : nombre de lignes = 9 x 96 = 864 nombre de colonnes = 12 x 96 = 1152

Stockage optique de l'image numérique

Le stockage optique consiste à écrire et à lire des informations en utilisant des phénomènes optiques.

Le langage binaire peut être retrouvé :
- par **réflexion** d'un faisceau LASER sur un creux ou un plat du support CD
- par **interférences destructives** des faisceaux réfléchis sur un creux et un plat.

La capacité de stockage d'un disque optique est limitée par le phénomène de diffraction. En diminuant la longueur d'onde du LASER, et donc la dimension de la tache de diffraction, on parvient à stocker davantage d'informations