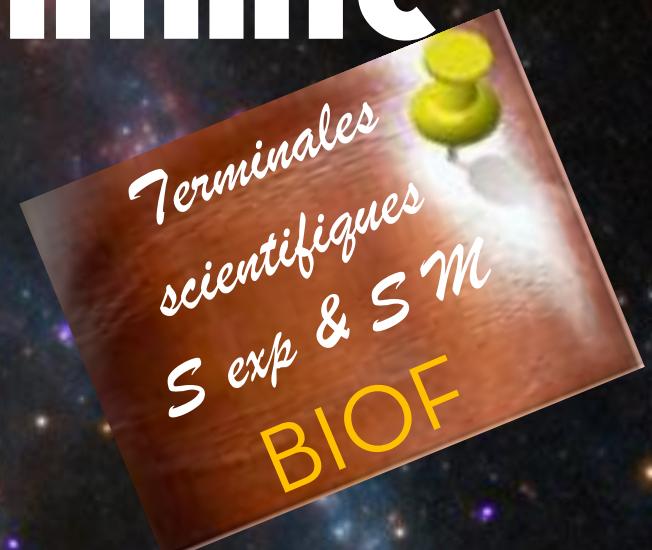


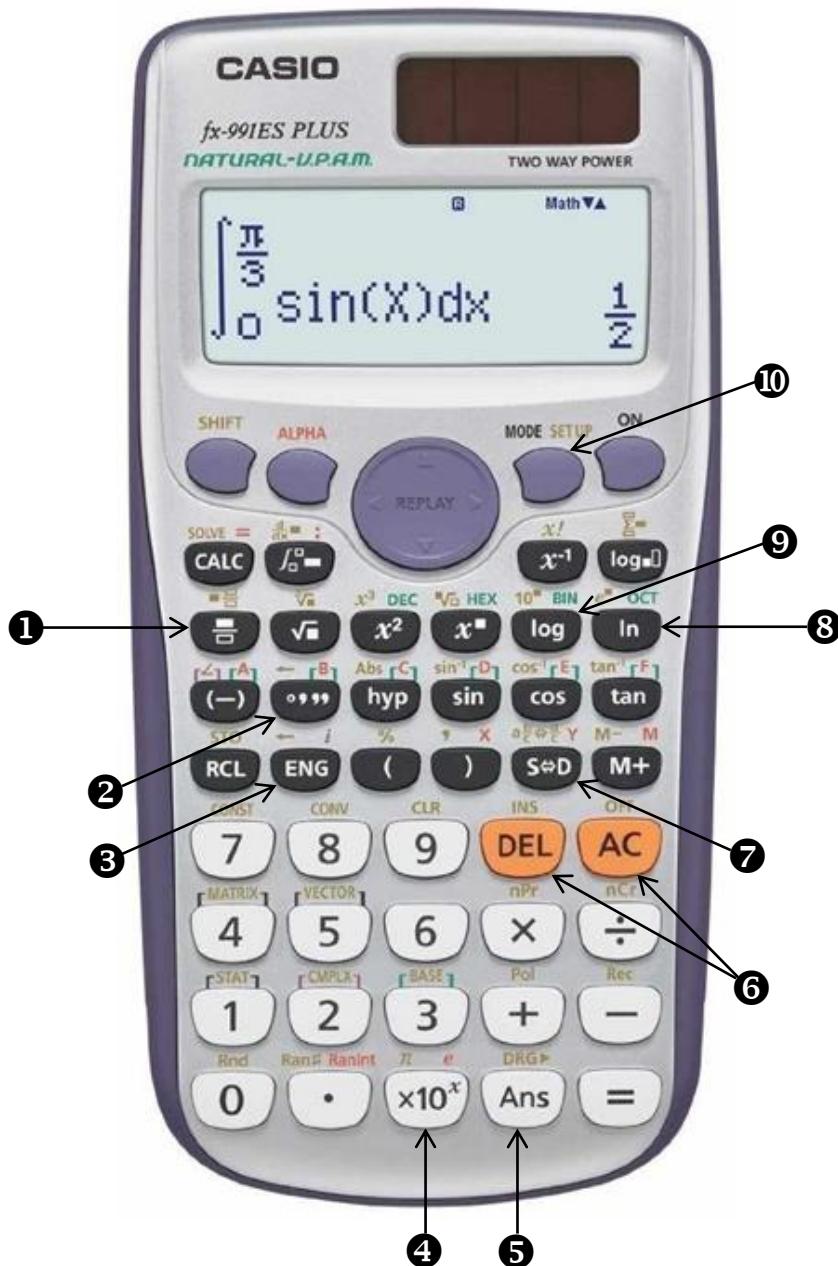
Résumés de cours

Physique - Chimie



Préparé par : Fazazi Driss

Utilisation d'une calculatrice scientifique



1 : Pour écrire une fraction. Utiliser les touches de direction pour basculer entre numérateur et dénominateur.

2 : Pour manipuler une durée en : heure, minute, seconde.

Exemples :

- 2 h 35 min 25 s : 2 ↼ 35 ↼ 25 = . On obtient la valeur en heures.
- 9225 s : 0 ↼ 0 ↼ 9225 = . On obtient la valeur en h.min.s.

3 : Pour approcher le résultat de l'écriture scientifique.

4 : Puissance de 10.

Exemple : Pour écrire $2,5 \cdot 10^{-5}$, on écrit : 2 ↼ 5 ×10^x ↵ 5.

L'intérêt c'est que le nombre et la puissance de 10 sont reliés.

Appuyer : (SHIFT) $\times 10^x$ pour obtenir : π .

5 : Pour afficher le dernier résultat de calcul.

Même si on éteint la calculatrice, on peut récupérer le dernier résultat.

6 : **AC** Effacer tout, **DEL** Effacer le dernier nombre écrit.

7 : Pour convertir une fraction en nombre décimal et inversement.

8 : Logarithme népérien.

9 : Logarithme décimal.

10 : MODE/SETUP.

➤ Appuyer (SHIFT MODE) pour choisir l'une des applications affichées (Table 1):

Exemple : DEG(3), RAD(4), écriture scientifique (7), Revenir en mode normal (8)

➤ Appuyer directement (MODE) pour choisir l'une des applications affichées (Table 2):

Exemple : Résoudre une équation (5) :

- Équation du 2nd degré (3) (Table 3):

Entrer par ordre les valeurs de : a, b et c, en appuyant après chaque nombre sur =, et pour obtenir les résultats sur = puis =

- Un système d'équations à 2 inconnues (1) (Table 3):

Entrer par ordre a, b et c pour les deux équations, en appuyant après chaque nombre sur =, et pour obtenir les résultats sur = puis =

```

1:MTHIO 2:LineIO
3:Deg 4:Rad
5:Gra 6:Fix
7:Sci 8:Norm

```

Table 1

```

1:COMP 2:CMPLX
3:STAT 4:BASE-N
5:EQN 6:MATRIX
7:TABLE 8:VECTOR

```

Table 2

```

1:aₙX+bₙY=cₙ
2:aₙX+bₙY+cₙZ=dₙ
3:a₂X²+b₂X+c=0
4:a₃X³+b₃X²+c₃X+d=0

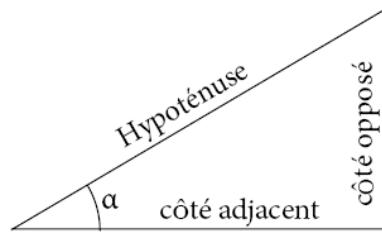
```

Table 3

Complément mathématique

1- Formules trigonométriques :

- $\cos \alpha = \frac{\text{coté adjacent}}{\text{hypoténuse}}$
- $\sin \alpha = \frac{\text{coté opposé}}{\text{hypoténuse}}$
- $\tan \alpha = \frac{\text{coté opposé}}{\text{coté adjacent}} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$
- $\cos^2(\alpha) + \sin^2(\alpha) = 1$
- $2.\cos(\alpha).\sin(\alpha) = \sin(2.\alpha)$
- $\cos(a + b) = \cos(a).\cos(b) - \sin(a).\sin(b)$
- $\sin(a + b) = \sin(a).\cos(b) + \sin(b).\cos(a)$



2- Dérivée :

La dérivée $f'(t)$ est notée : $\frac{df(t)}{dt}$ (notation différentielle)

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • $(af)' = a.f'$ • $(f.g)' = f'.g + g'.f$ • $\left(\frac{f}{g}\right)' = \frac{f'.g - g'.f}{g^2}$ • $(f(g))' = f'(g).g'$ | <ul style="list-style-type: none"> • $(f^n)' = n.f^{n-1}.f'$ • $(\sqrt{f})' = \frac{f'}{2\sqrt{f}}$ • $(\cos(a.t+b))' = -a \sin(a.t+b)$ • $(\sin(a.t+b))' = a \cos(a.t+b)$ |
|---|--|

3- Logarithmes :

4-1- Logarithme népérien :

a- Quelques formules :

- $\ln(a.b) = \ln(a) + \ln(b)$
- $\ln\left(\frac{a}{b}\right) = \ln(a) - \ln(b)$
- $\ln(a^n) = n. \ln(a)$
- $\ln(1) = 0$
- $\ln(e) = 1$ ($e \approx 2,718$)
- $(\ln f)' = \frac{f'}{f}$

b- Fonction réciproque :

C'est la fonction exponentielle noté (e) tel que : $\ln(x) = a \Leftrightarrow x = e^a$

Sa dérivée : $(e^f)' = f'.e^f$, (Exemple : $(e^{a.t})' = a.e^{a.t}$)

4-2- Logarithme décimal :

a- Définition :

$$\log(x) = \frac{\ln(x)}{\ln(10)}$$

Mêmes formules que \ln , sauf : $\log(10) = 1$

b- Fonction réciproque :

C'est la fonction puissance de base 10

$$\log(x) = a \Leftrightarrow x = 10^a$$

Remarque : \ln et \log sont des fonctions croissantes.

$$a > b \Leftrightarrow \ln(a) > \ln(b)$$

4- Équation différentielle du premier ordre :

C'est une équation de la forme : $\frac{dy}{dt} + \frac{1}{\tau}.y = b$

- « τ » la constante de temps du système ;
- « b » la valeur de y en régime permanent (lorsque y devient constante).

La solution de cette équation s'écrit sous la forme : $y(t) = A.e^{-\alpha.t} + B$

NB : α et A doivent être non nulles, B le peut selon le cas.

Méthode à suivre pour résoudre cette équation différentielle :

- Remplacer l'expression de $y(t)$ dans l'équation différentielle.

$$-\alpha A e^{-\alpha t} + \frac{1}{\tau} \cdot (A e^{-\alpha t} + B) = b$$

- Factoriser sous la forme : $A.e^{-\alpha t} \left(-\alpha + \frac{1}{\tau}\right) = b - \frac{B}{\tau}$

- Imposer la condition pour que cette égalité (entre un terme variable et un autre constant), soit vérifiée : $\begin{cases} -\alpha + 1/\tau = 0 \\ b - B/\tau = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \alpha = 1/\tau \\ B = b\tau \end{cases}$

- Utiliser les conditions initiales Pour déterminer A .

Exemples : * $y(0) = 0 \Rightarrow A + B = 0 \Leftrightarrow A = -B$

* $y(0) = E \Rightarrow A + B = E \Leftrightarrow A = E - B$

Equation aux dimensions

1- Unités internationales et équation aux dimensions :

- ❖ Deux grandeurs A et B sont homogènes, s'il existe un nombre α tel que $A = \alpha B$, on dit que A et B ont la même dimension.
- ❖ On associe à chaque relation une équation dont les deux membres sont les dimensions des grandeurs utilisées dans la relation.
- ❖ Le système international d'unités (SI) se compose de sept unités :

Grandeur	Longueur	Masse	Durée	Intensité du courant	Quantité de matière	Température	Intensité lumineuse
Unité	mètre	kilogramme	seconde	Ampère	mol	Kelvin	Candela
Symbol de l'unité	m	kg	s	A	mol	K	Cd
Symbol de la dimension	L Longueur	M Masse	T Temps	I Intensité	N Nombre de moles	Θ	J

- ❖ On utilise souvent les quatre premières unités.
- ❖ On désigne la dimension d'une grandeur par son symbole entre crochets sauf les grandeurs du système international.

Exemple : $[F]$ désigne la dimension de la force

2- Règles d'écriture des équations aux dimensions :

- ❖ Une équation aux dimensions s'écrit entre les scalaires associés aux grandeurs de la relation.
- ❖ Les deux membres d'une égalité ont la même dimension.
- ❖ Les éléments d'une somme ou soustraction ont la même dimension.

$$[A+B] = [A] = [B] \quad \text{et} \quad [A-B] = [A] = [B]$$

- ❖ La dimension d'un produit est égale au produit des dimensions.

$$[A \cdot B] = [A] \cdot [B]$$

- ❖ La dimension d'un rapport est égale au rapport des dimensions.

$$\left[\frac{A}{B} \right] = \left[\frac{[A]}{[B]} \right]$$

- ❖ Le rapport de deux grandeurs de même dimension est sans dimension.

$$[A] = [B] \quad \Rightarrow \quad \left[\frac{A}{B} \right] = 1$$

3- Applications :

3-1- Détermination de la dimension d'une grandeur :

Exemple1 : Dimension de la force.

Relation	Équation aux dimensions
$W(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB}$ $E_c = \frac{1}{2} m v^2$	$[F] = \frac{[W]}{L}$ $[W] = [E] = M(L T^{-1})^2$ $[F] = \frac{ML^2 T^{-2}}{L} = ML T^{-2}$

Exemple2 : Dimension de l'intensité de pesanteur g .

Relation	Équation aux dimensions
$P = mg$	$[g] = \frac{[P]}{M} = \frac{MLT^{-2}}{M}$ $[g] = LT^{-2}$

3-2- S'assurer de l'homogénéité d'une relation :

Exemple : La période des oscillations d'un pendule pesant est donnée par la

$$\text{relation : } T = 2\pi \sqrt{\frac{J_\Delta}{mgd}}$$

Relation	Équation aux dimensions
$T = 2\pi \sqrt{\frac{J_\Delta}{mgd}}$ $J_\Delta = \sum m_i r_i^2$	$\left[\sqrt{\frac{J_\Delta}{mgd}} \right] ?$ $[J_\Delta] = M \cdot L^2$ $\left[\sqrt{\frac{J_\Delta}{mgd}} \right] = \sqrt{\frac{ML^2}{M \cdot LT^{-2} \cdot L}} = T$

1- Onde mécanique progressive :

1-1- Onde mécanique :

L'onde mécanique est un phénomène de propagation d'un ébranlement, dans un milieu matériel élastique, sans transport de matière.

Elle est dite progressive parce qu'elle progresse d'un point à un autre voisin.

1-2- Onde transversale et onde longitudinale :

- Une onde est transversale lorsque le déplacement des points du milieu de propagation s'effectue perpendiculairement à la direction de propagation.

Exemple : onde à la surface de l'eau, onde le long d'une corde

- Une onde est longitudinale lorsque le déplacement des points du milieu de propagation s'effectue dans la même direction que celle de la propagation.

Exemple : onde le long d'un ressort, onde sonore dans l'air

1-3- Célérité de propagation – retard temporel :

- Soit d la distance parcourue pendant la durée Δt :

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

- Un point M d'un milieu, reproduit le même mouvement que celui de la source S

après un retard temporel :

$$\tau = \frac{SM}{v}$$

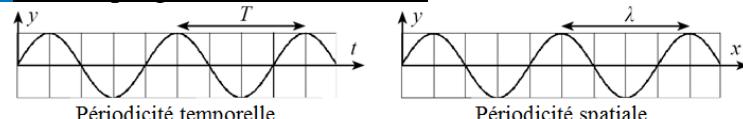
2- Onde mécanique progressive périodique :

- Une onde est périodique si les vibrations de la source sont entretenues.
- L'onde périodique est caractérisée par une périodicité temporelle et une périodicité spatiale.
- La période est la plus petite durée au bout de laquelle le phénomène se reproduit identiquement à lui-même.

- La fréquence N est le nombre de périodes par seconde :

$$N = \frac{1}{T}$$

Exemple : l'onde progressive sinusoïdale :



- La distance λ parcourue par l'onde pendant une période T est appelée : longueur d'onde :

$$\lambda = vT = \frac{v}{N}$$

2-1- Phénomène de diffraction :

Lorsqu'une onde rencontre un obstacle ou une ouverture de largeur a ($a \approx \lambda$), sa forme change, ce phénomène est appelé : diffraction.

2-2- Phénomène de dispersion :

Un milieu est dit dispersif si la célérité des ondes qui se propagent dans ce milieu dépend de leur fréquence

3- Onde lumineuses :

- Ce sont des ondes électromagnétiques qui se propagent dans le vide à la célérité $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$, et à la vitesse $v < c$ dans les autres milieux.

$$n = \frac{c}{v}$$

- La fréquence est invariable au passage d'un milieu à un autre.

3-1- Phénomène de diffraction :

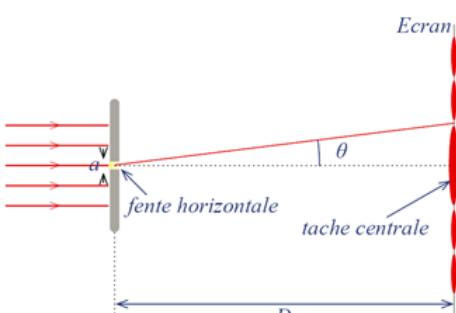
Lorsque la lumière rencontre un obstacle ou traverse une fente de petites dimensions a , elle se diffracte.

L'écart angulaire entre le milieu de la tache centrale et le milieu de la 1^{ère} extinction est :

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

Avec θ généralement très petit

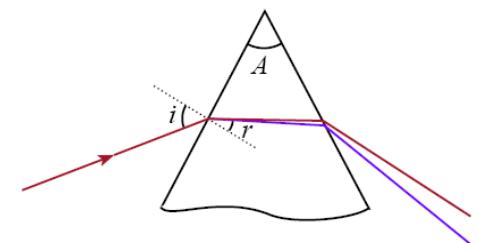
$$\tan \theta \approx \theta, \text{ on trouve } \frac{\lambda}{a} \simeq \frac{L}{2D}$$



3-2- Phénomène de dispersion :

- Des rayons lumineux arrivant avec la même incidence i , se séparent à la traversée du prisme.

- D'après la loi de Descartes : $\sin i = n \sin r$ on conclut que n dépend de la fréquence de l'onde incidente.



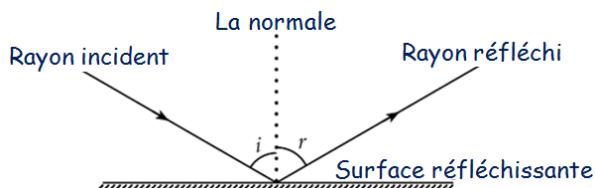
- Et d'après la relation $n = \frac{c}{v}$, on déduit

que la vitesse dépend de la fréquence.

La matière du prisme est donc dispersive pour les rayons lumineux.

Complément : Lois de Descartes:

1- Réflexion des rayons lumineux :



Lorsqu'on éclaire un miroir par un faisceau lumineux mince , celui-ci se réfléchit tel que :

- ↳ Les rayons incident et réfléchi appartiennent au même plan .
- ↳ Les angles : d'incidence (i) et de réflexion (r) , son égaux .

$$i = r$$

2- Réfraction des rayons lumineux :

On envoie le faisceau lumineux sous une incidence i_1 .

On mesure l'angle de réfraction i_2 .

Pour différentes valeurs de i_1 et i_2 , on trouve :

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = C^{\text{te}}$$

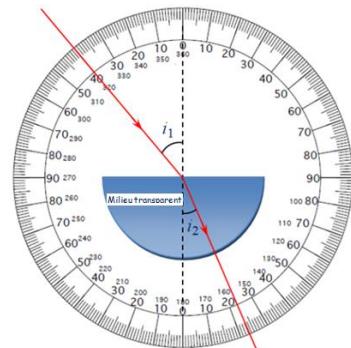
2-1- Indices de réfraction :

La constante (C^{te}) dans la relation précédente est appelée **indice relatif** du milieu (2) par rapport au milieu (1) et notée $n_{2/1}$.

L'**indice absolu** d'un milieu est son indice relatif par rapport au vide , on le note n . (l'air est assimilé au vide)

Càd : $n_1 = n_{1/\text{air}}$ et $n_2 = n_{2/\text{air}}$

d'où , si le milieu (1) est l'air , alors : $n_{2/1} = \frac{n_{2/\text{air}}}{n_{1/\text{air}}} = \frac{n_2}{n_1}$



2-2- Lois de Descartes pour la réfraction :

D'après ce qui précède, on peut écrire :

$$n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2$$

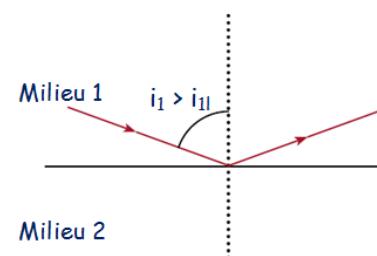
Dans le cas d'une incidence normale ($i_1 = 0$) on a ($i_2 = 0$), le rayon ne dévie donc pas .

2-3- Réflexion totale des rayons lumineux :

- ❖ Si $n_2 > n_1$ (le rayon passe d'un milieu à un autre plus réfringent) . On a toujours $i_2 < i_1$: le rayon se réfracte toujours en s'approchant de la normale .
- ❖ Si $n_2 < n_1$ (le rayon passe d'un milieu à un autre moins réfringent) .
 - Si $n_2 < 90^\circ$, le rayon se réfracte ($i_2 > i_1$) en s'éloignant de la normale .
 - Si $n_2 = 90^\circ$, n_1 atteint une valeur maximale appelée valeur limite tel que :

$$\sin i_{1\ell} = \frac{n_2}{n_1}$$

- Si $i_1 > i_{1\ell}$, le rayon se réfléchit totalement .



3- Application au prisme :

2-1- Définition :

On appelle **prisme** , tout milieu transparent limité par deux faces planes non parallèles.

i : angle d'incidence sur la première face.

r : angle de réfraction sur la première face.

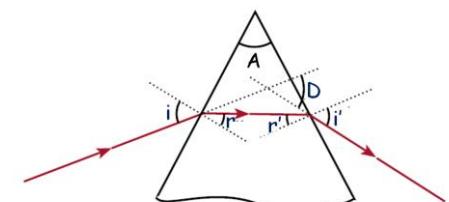
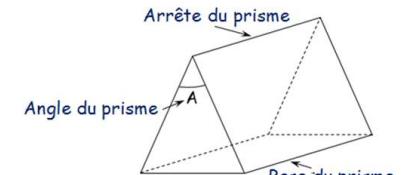
r' : angle d'incidence sur la deuxième face.

i' : angle de réfraction sur la deuxième face.

D : angle de déviation (angle entre la direction du rayon incident sur la première face et le rayon réfracté sur la deuxième face)

2-2- Relations du prisme :

- $\sin i = n \sin r$.
- $\sin i' = n \sin r'$.
- $A = r + r'$.
- $D = i + i' - A$.



$$n = \frac{\sin(\frac{D_m + A}{2})}{\sin(\frac{A}{2})}$$

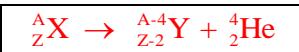
Physique nucléaire

1- Décroissance radioactive :

1-1- Radioactivité :

- Conservation de la charge
Conservation de Z
- Conservation du nombre de nucléons
Conservation de A

Loi de Soddy • Radioactivité α :



4_2He : Noyer d'Hélium ou particule α .

• Radioactivité β- :



$^0_{-1}e$ Électron ou particule β-, qui résulte de la transmutation de neutron en proton ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e$

• Radioactivité β+ :



$^0_{+1}e$ Positon ou particule β+, qui résulte de la transmutation de proton en neutron ${}^1_1p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e$

• Radioactivité γ :

Le noyau fils Y, obtenu dans un état excité, évacue l'énergie excédentaire en émettant un rayonnement électromagnétique γ .



1-2- Loi de décroissance radioactive :

Un échantillon contient à t = 0, N_0 noyaux radioactifs, à un instant t :

• Le nombre de noyaux restant :

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

• La masse restante :

$$m = m_0 e^{-\lambda t}$$

• La quantité de matière restante :

$$n = n_0 e^{-\lambda t}$$

Avec :

$$N = \frac{m}{m(X)} = \frac{m}{M(X)} N_A = n N_A$$

et :

$$\lambda = \frac{1}{\tau}$$

m(X) : masse d'un noyau et M(X) : masse molaire

λ : constante radioactive et τ : constante de temps

• Demi-vie $t_{1/2}$:

C'est la durée nécessaire pour la désintégration de la moitié des noyaux initialement présents :

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

• Activité a :

C'est le nombre de désintégrations par seconde.

$$\begin{aligned} a &= -\frac{dN}{dt} \\ a &= \lambda N \\ a &= a_0 e^{-\lambda t} \end{aligned}$$

Unité : Becquerel (Bq)

2- Noyaux – masse et énergie :

2-1- Constituants du noyau :

- Z : nombre de protons ;
- A : nombre de nucléons ;

$$A = N + Z$$

- N : nombre de neutrons

2-2- Défaut de masse :

$$\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - m \quad (\Delta m > 0)$$

2-3- Énergie de liaison :

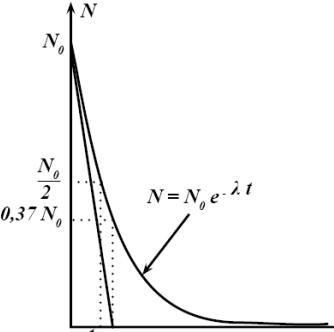
• Énergie de liaison du noyau :

C'est l'énergie minimale qu'on doit fournir à un noyau au repos pour séparer ses nucléons et rester au repos :

$$E_\ell = \Delta m c^2$$

• Énergie de liaison par nucléon :

$$\varepsilon = \frac{E_\ell}{A} \quad (\text{MeV / nucléon})$$



Un noyau est d'autant plus stable, que son énergie de liaison par nucléon est grande.

2-4- Énergie libérée par une réaction :

• Énergie de masse :

Énergie emmagasinée par tout système au repos :

$$E = m c^2$$

• Variation d'énergie :

$$\Delta E = \Delta m c^2$$

Avec : $\Delta m = (\sum m(\text{produits}) - \sum m(\text{réactifs}))$

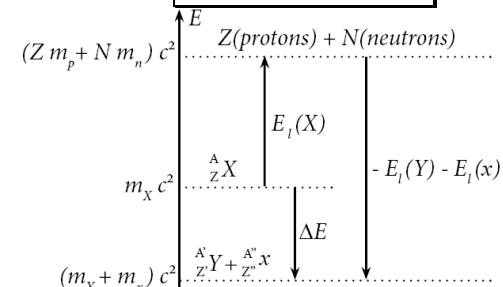
$$\Delta m < 0 \rightarrow \Delta E < 0$$

• Énergie libérée :

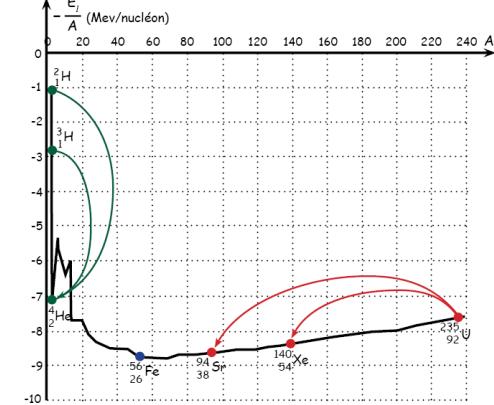
$$E_{\text{libérée}} = |\Delta E|$$

• Par un noyau :

$$E_t = N |\Delta E|$$



• Courbe d'Aston :



Réponse d'un dipôle à un échelon de tension

1- Dipôle RC :

1-1- Condensateur :

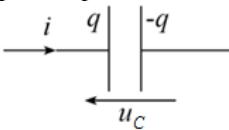
Le condensateur est formé de deux armatures en regards, séparées par un isolant.

✓ Charge du condensateur :

En convention récepteur, l'armature recevant la courant porte la charge (q) appelée charge du condensateur

✓ Tension aux bornes du condensateur :

$$q = C \cdot u_C$$



Avec : C capacité du condensateur en Farad (F)

✓ Intensité du courant :

$$i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{du_C}{dt}$$

✓ Énergie électrique :

$$E_e = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} C \cdot u_C^2$$

✓ Association de condensateurs :

En série :

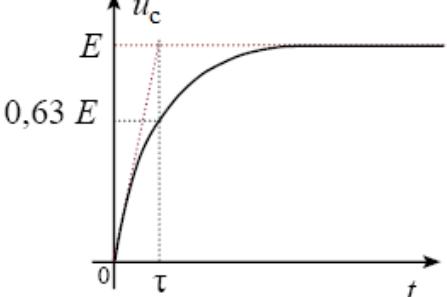
$$\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{C_i}$$

En parallèle :

$$C = \sum C_i$$

1-2- Réponse du dipôle RC à un échelon de tension :

Échelon de tension ascendant (Charge)	Échelon de tension descendant (Décharge)
$u_C + u_R = E$ u_C et q croissantes (positives) u_R et i décroissantes (positives)	$u_C + u_R = 0$ u_C et q décroissantes (positives) u_R et i croissantes (négatives)



$$\tau = RC$$

: Constante de temps (s)

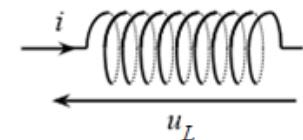
2- Dipôle RL :

2-1- Bobine :

✓ Tension aux bornes de la bobine

En convention récepteur :

$$u_L = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$$



r : résistance interne de la bobine (Ω)

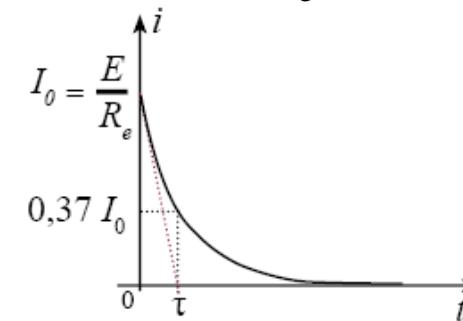
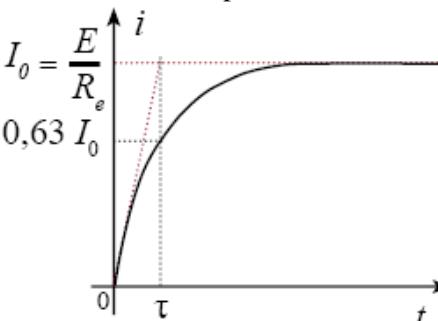
L : coefficient d'inductance de la bobine en Henry (H)

✓ Énergie magnétique :

$$E_m = \frac{1}{2} L \cdot i^2$$

2-2- Réponse du dipôle RL à un échelon de tension :

Échelon de tension ascendant (établissement de courant)	Échelon de tension descendant (annulation de courant)
$u_R + u_L = E$ u_R et i croissantes (positives) u_L décroissante (positive)	$u_R + u_L = 0$ u_R et i décroissantes (positives) u_L croissante (négative)



Avec :

$$R_e = R + r :$$

$$\tau = \frac{L}{R_e}$$

résistance totale du circuit

Constante de temps (s)

$$I_0 = \frac{E}{R_e}$$

Intensité du courant en régime permanent

Oscillations libres dans un circuit RLC série

1- Circuit idéal (LC) :

La résistance du circuit est négligeable.

1-1- Équation différentielle vérifiée par u_C :

$$\text{On a : } u_C + u_L = 0$$

$$\text{On trouve : } \frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{1}{LC} u_C = 0$$

1-2- Solution de l'équation différentielle :

La solution s'écrit sous la forme :

$$u_C(t) = U_{C\max} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \phi\right)$$

1-3- Période et fréquence :

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

1-4- Étude énergétique :

a- Énergie totale :

$$E = E_e + E_m$$

$$E = \frac{1}{2}Cu_C^2 + \frac{1}{2}Li^2$$

La dérivée par rapport au temps de cette énergie est :

$$\frac{dE}{dt} = C u_C \frac{du_C}{dt} + L i \frac{di}{dt} = LC^2 \frac{du_C}{dt} \left(\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{1}{LC} u_C \right)$$

b- Conservation de l'énergie :

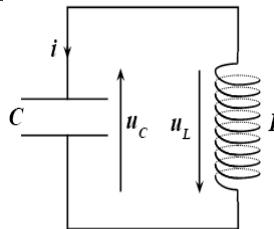
$$\frac{dE}{dt} = LC^2 \frac{du_C}{dt} \left(\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{1}{LC} u_C \right) = 0$$

Donc : $E = \text{Cte}$

D'où : $E = (E_e)_{\max} = (E_m)_{\max}$

Remarque :

La période de l'énergie est la moitié de la période de la tension.



2- Circuit réel (RLC) :

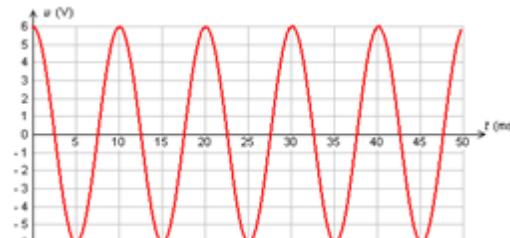
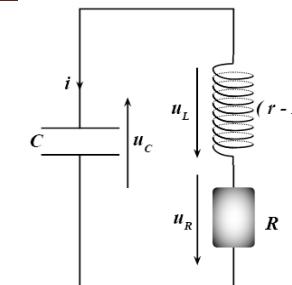
La résistance totale du circuit est non nulle : $R_e = R + r$

2-1- Équation différentielle vérifiée par u_C :

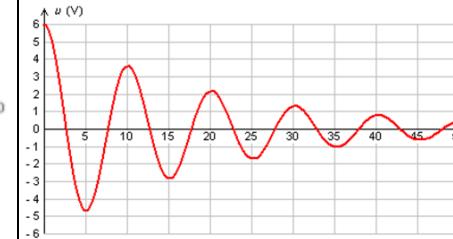
$$\text{On a : } u_C + u_R + u_L = 0$$

$$\text{On trouve : } \frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{R_e}{L} \frac{du_C}{dt} + \frac{1}{LC} u_C = 0$$

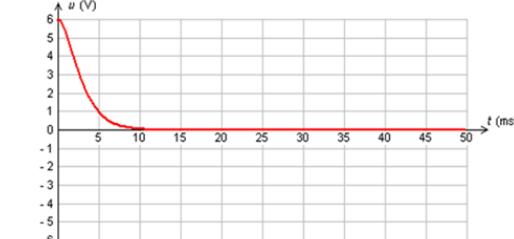
2-2- Représentation des variations de u_C :



Régime périodique



Régime pseudopériodique $T \approx T_0$



Régime apériodique

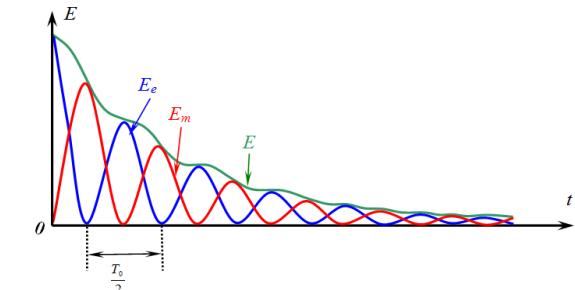
2-3- Variation d'énergie :

$$\frac{dE}{dt} = LC^2 \frac{du_C}{dt} \left(\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{1}{LC} u_C \right)$$

On montre que :

$$dE = -R_e i^2 dt < 0$$

l'énergie est donc dissipée par effet Joule.



2-4- Entretien des oscillations :

$$\text{On a : } u_C + u_R + u_L = u_g$$

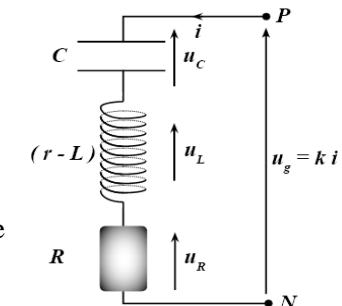
$$\text{donc : } \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R_e - K}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC} q = 0$$

pour que les oscillations deviennent entretenues, il faut :

$$K = R_e$$

Le générateur compense les pertes d'énergie, mais ne change pas la période des oscillations T_0 .

Les oscillations sont toujours libres.



Oscillations forcées dans un circuit RLC série (SM)

1- Grandeur alternatives sinusoïdale :

- Lorsqu'on alimente un circuit par une tension alternative sinusoïdale, il en résulte un courant alternatif sinusoïdal.
- Le générateur oblige ces deux grandeurs à osciller avec sa période et non leur période propre. On dit que les oscillations sont forcées.

On écrit : $i(t) = I_m \cos(\omega t)$ et $u(t) = U_m \cos(\omega t + \phi)$

- U_m et I_m : les valeurs maximales.

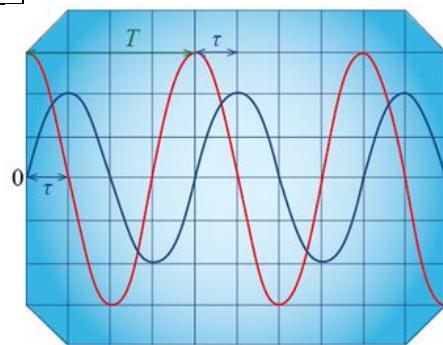
Avec : • ϕ : phase de $u(t)$ par rapport à $i(t)$

$$\omega = 2\pi N$$
 : pulsation

: soient U et I les valeurs efficaces :

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$
 et $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

Les oscilloscopes ci-contre représentent $u(t)$ et $u_R(t)$



2- Impédance du circuit :

$$U_m = Z I_m$$
 et $U = Z I$

Avec : Z impédance du circuit (Ω)

$$\text{On écrit aussi : } U_{Rm} = R I_m$$

$$\text{Donc : } Z = \frac{U_m}{U_{Rm}} R$$

3- Déphasage :

Graphiquement :

$$|\phi| = 2\pi \frac{\tau}{T}$$

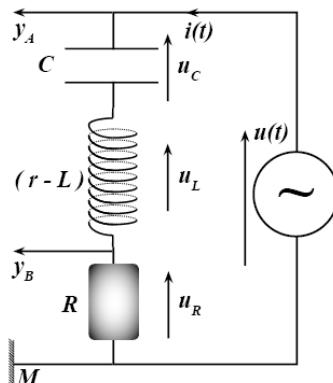
τ : retard temporel

$\phi > 0$: circuit inductif (tension en avance)

$\phi < 0$: circuit capacitif (tension en retard)

La grandeur en avance atteint son maximum avant l'autre.

Cas particuliers : { Dans un circuit RL la tension est toujours en avance
Dans un circuit RC la tension est toujours en retard



4- Résonance électrique :

$$N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

• L'impédance devient minimale :

• La tension et le courant deviennent en phases :

$$Z = R + r$$

$$\phi = 0$$

5- Bande passante

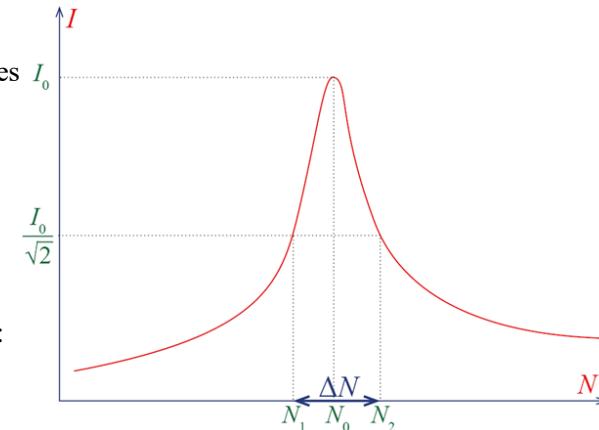
C'est l'ensemble des fréquences I_0 pour lesquelles :

$$I \geq \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

Avec : $I_0 = \frac{U}{R+r}$

La largeur de cette bande est :

$$\Delta N = N_2 - N_1$$



6- Coefficient de qualité :

$$Q = \frac{N_0}{\Delta N}$$

Q : s'appelle aussi coefficient de surtension.

NB : Q dépend de la résistance du circuit.

7- Puissance en régime alternatif sinusoïdal :

7-1- Puissance instantanée :

$$\mathcal{P}(t) = u(t)i(t)$$

7-2- Puissance moyenne :

$$\mathcal{P} = \frac{1}{T} \int_0^T \mathcal{P}(t) dt$$

$$\mathcal{P} = U I \cos \phi \quad (\text{W})$$

$\cos \phi$: est appelé facteur de puissance

On montre aussi que : $P = R_e I^2$

Modulation – Démodulation d'amplitude

1- Ondes électromagnétiques

Les ondes électromagnétiques se caractérisent par leur fréquence v reliée à la longueur d'onde λ et à la célérité c dans le vide par la relation :

$$\lambda = \frac{c}{v}$$

2- Modulation d'amplitude:

En considérant : $S(t) = S_m \cos(2\pi f t)$ et $P(t) = P_m \cos(2\pi F t)$

Et avec : $u_s(t) = k (S(t) + U_0) P(t)$

Où k est une constante caractéristique du circuit multiplicateur (V^{-1})

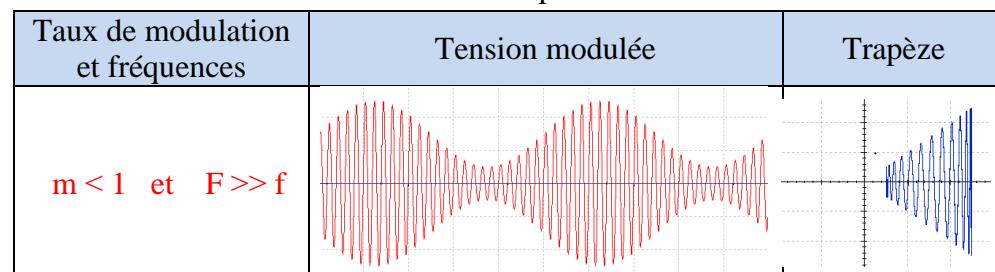
On trouve : $u_s(t) = U_m(t) \cos 2\pi F t$

Avec : $U_m(t) = A (m \cos 2\pi f t + 1)$ amplitude de $u_s(t)$

Où: $A = k P_m U_0$ et $m = \frac{S_m}{U_0}$ Taux de modulation

La tension $u_s(t)$ est donc sinusoïdale de fréquence F , et d'amplitude aussi sinusoïdale de fréquence f . On dit qu'on a modulé l'amplitude de la porteuse $P(t)$ par la tension modulante $S(t)$, pour obtenir une tension modulée $u_s(t)$.

Le tableau suivant résume les conditions pour avoir une bonne modulation.

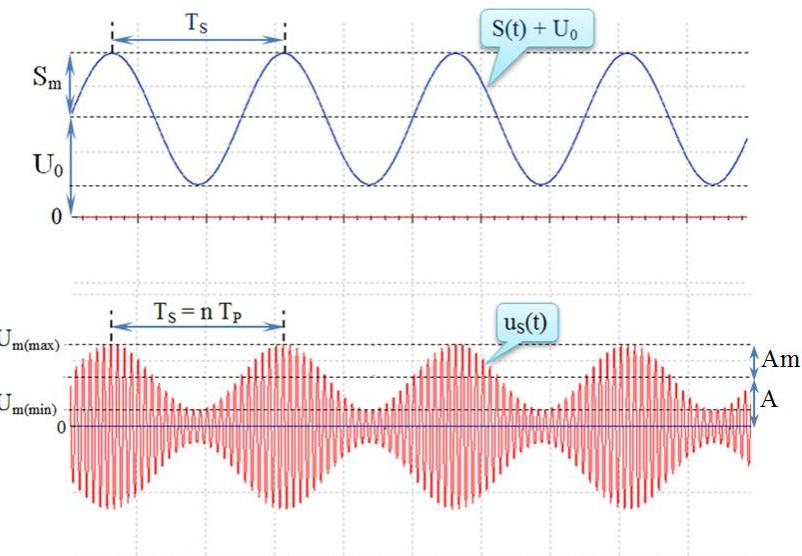


Remarque :

$$-1 \leq \cos 2\pi f t \leq +1$$

On trouve : $U_{m\max} = A (m + 1)$ et $U_{m\min} = A (-m + 1)$

On déduit : $m = \frac{U_{m\max} - U_{m\min}}{U_{m\max} + U_{m\min}}$



3- Démodulation d'amplitude:

Il faut tout d'abord sélectionner l'onde module par un circuit RLC bouchon

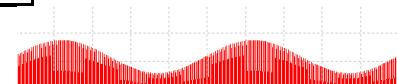
où :

$$F = N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Pour réaliser une bonne démodulation, il faut suivre les étapes suivantes:

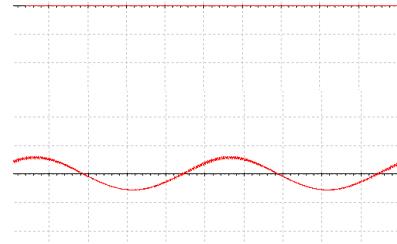
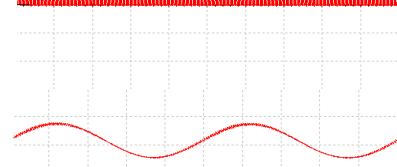
✓ Détection des crêtes:

- Élimination de la partie négative par la diode.
- Ajout d'un filtre passe-bas tel que : $T_p \ll \tau = RC < T_s$



✓ Élimination de la composante continue :

- Ajout d'un filtre passe-haut, qui bloque le courant continu résultant de la tension U_0 .



Lois de Newton

1- Mouvement d'un point d'un solide :

1-1- Vecteur position :

$$\vec{OM} = x\vec{i} + y\vec{j}$$

Son module sera donc : $\|\vec{OM}\| = \sqrt{x^2 + y^2}$ (m)

1-2- Vecteur vitesse instantanée :

a- Définition :

On définit le vecteur vitesse instantanée de M à un instant t par :

b- Composantes :

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x} \quad \text{et} \quad v_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y}$$

Le module : $\|\vec{v}\| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

Unité : (m.s⁻¹)

1-3- Vecteur accélération :

a- Définition :

On définit le vecteur accélération de M à un

instant t par : $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{OM}}{dt^2}$

b- Composantes :

- Dans un repère cartésien :

Le repère cartésien (O, \vec{i}, \vec{j}) est un repère lié à la terre, il est considéré galiléen.

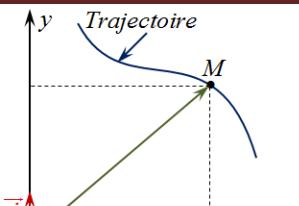
$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x} \quad \text{et} \quad a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} = \ddot{y}$$

Le module sera donc : $\|\vec{a}\| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$

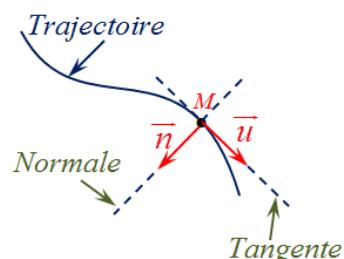
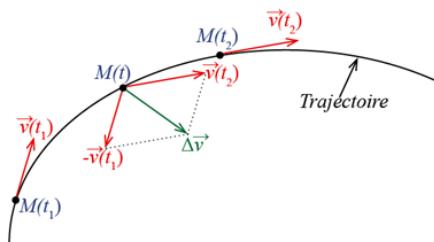
Unité : m.s⁻²

- Selon les axes du repère de Freinet :

Le repère de Freinet (M, \vec{n}, \vec{u}) est un repère lié au mobile, les directions des axes change au cours du mouvement. Il n'est donc pas galiléen.



$$\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt}$$



Composante tangentielle \vec{a}_t :

Direction :

Tangente à la trajectoire.

Sens :

Dépend de la nature du mouvement.

Module :

$$|a_t| = \left| \frac{dv}{dt} \right|$$

Composante normale \vec{a}_n :

Direction :

Normale à la trajectoire.

Sens :

Vers l'intérieur de la courbure.

Module :

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

(R rayon de courbure)

Le module : $\|\vec{a}\| = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$

$$\vec{a} \cdot \vec{v} = a_x v_x + a_y v_y = \|\vec{a}\| \|\vec{v}\| \cos(\vec{a} \cdot \vec{v}) \Rightarrow \cos(\vec{a} \cdot \vec{v}) = \frac{a_x v_x + a_y v_y}{\|\vec{a}\| \|\vec{v}\|}$$

$$\vec{a} \cdot \vec{v} = (\vec{a}_t + \vec{a}_n) \cdot \vec{v} = \vec{a}_t \cdot \vec{v} \quad (\vec{a}_n \perp \vec{v})$$

$\vec{a} \cdot \vec{v} > 0$: mouvement accéléré

$\vec{a} \cdot \vec{v} < 0$: mouvement retardé

2- Lois de Newton :

2-1- Première loi : (Principe d'inertie) :

Tout corps persévere en son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent.

2-2- Deuxième loi : (Principe fondamental de la dynamique) :

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

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{a}_G = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{v}_G = \vec{C}^{\text{te}}$$

La première loi de Newton est donc un cas particulier de sa deuxième loi .

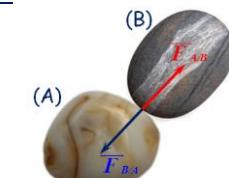
2-3- Troisième loi : (Principe des actions réciproques) :

Lorsqu'un corps A agit sur un corps B, ce dernier réagit aussi de façon à ce que les deux forces associées aux interactions ont à chaque instant :

Même direction, sens opposés et même intensité.

On écrit :

$$\vec{F}_{A/B} + \vec{F}_{B/A} = \vec{0}$$



Remarque : La première et la deuxième loi s'appliquent sauf dans les repères galiléens, tandis que la troisième loi s'applique dans tous les repères quel que soit l'état des corps (mouvement ou repos)

Applications des lois de Newton (mouvements rectilignes)

1- Chute verticale avec frottements :

1-1- Équation différentielle :

Par application de la 2^{ème} loi de Newton,

on écrit : $\vec{P} + \vec{F}_a + \vec{f} = m \vec{a}_g$

Par projection de la relation sur un axe (O,z) :

$$\frac{dv_i}{dt} = A - Bv_i^n \quad (1)$$

On pose : $A = (1 - \frac{\rho V}{m})g$ et $B = \frac{k}{m}$

1-2- Grandeur caractéristiques :

a- Vitesse limite :

En régime permanent : $\frac{dv}{dt} = 0$, D'où :

b- Temps caractéristique :

C'est la durée au bout de laquelle la tangente à la courbe $v(t)$ à $t = 0$ coupe son asymptote horizontale.

La pente de la tangente à la courbe à $t = 0$ représente l'accélération initiale de la bille.

$$a_0 = (\frac{dv}{dt})_{t=0} = \frac{v_\ell}{\tau}$$

1-3- Résolution de l'équation différentielle par la méthode d'Euler :

Si Δt (appelé : pas de calcul), est suffisamment petit, on écrit : $\frac{\Delta v_i}{\Delta t} = \frac{dv_i}{dt}$

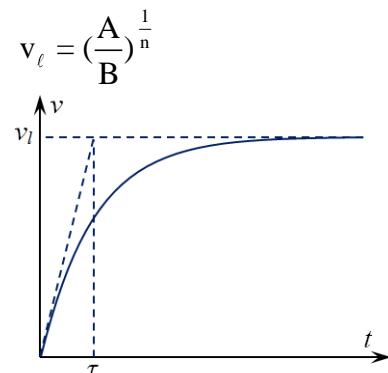
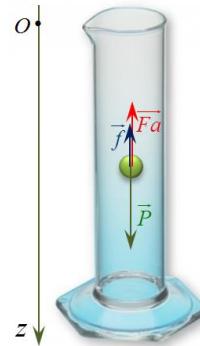
D'où : $v_{i+1} = v_i + a_i \cdot \Delta t$ (2) (relation d'Euler)

Connaissant la valeur de v_i à un instant t_i , on peut calculer à l'aide de l'équation

(1) la valeur de $\frac{dv_i}{dt}$ au même instant, et en remplaçant dans l'équation (2), on

peut calculer la valeur de v_{i+1} (après un pas).

La méthode d'Euler est une méthode numérique itérative.



2- Chute verticale libre :

2-1- Équation différentielle :

Par application de la 2^{ème} loi de Newton :

On écrit : $\vec{P} = m \vec{a}_G$, Donc : $\vec{a}_G = \vec{g}$

Par projection sur un axe (O,z) descendant, on trouve : $\frac{dv_z}{dt} = g$

2-2- Équations horaires :

Conditions initiales : $v_z(t=0) = v_0$ et $z(t=0) = z_0$

Par intégration de l'équation différentielle précédente, on trouve :

$$v_z = gt + v_0 \quad \text{puis} \quad z = \frac{1}{2}gt^2 + v_0t + z_0$$

3- Mouvement rectiligne uniformément varié :

Un MRUV est un mouvement au cours duquel $\vec{a} = \vec{C}^{te}$.

Soit (O,x) l'axe modélisant la trajectoire .

$$v = \frac{dx}{dt} = \dot{x} \quad \text{et} \quad a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x}$$

3-1- Équations différentielles :

$$a = \frac{dv}{dt} \quad \text{et} \quad v = \frac{dx}{dt}$$

3-2- Équations horaires :

Conditions initiales : $v_x(t=0) = v_0$ et $x(t=0) = x_0$

Par intégration des équations différentielles précédentes, on trouve :

$$v = at + v_0 \quad \text{puis} \quad x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$$

Remarque :

Lorsqu'un mobile parcourt un segment de droite AB, pendant une durée t, selon un MRUV,

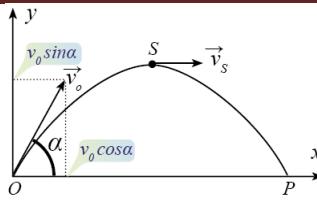
On écrit : $v_B = at + v_A$ et $AB = \frac{1}{2}at^2 + v_A t$

Applications des lois de Newton – Mouvements plans

1- Mouvement d'un projectile:

$$\text{À } t = 0 : \begin{cases} v_{0x} = v_0 \cos \alpha \\ v_{0y} = v_0 \sin \alpha \end{cases} \quad \text{et} \quad \begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases}$$

Par application de la 2^{ème} loi de Newton : $\vec{a} = \vec{g}$



Projections	Suivant (O,x)	Suivant (O,y)
\vec{a}	$a_x = 0$	$a_y = -g$
\vec{v}	$V_x = v_0 \cos \alpha$	$V_y = -gt + v_0 \sin \alpha$
x et y	$x = v_0 \cos \alpha t$	$y = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin \alpha t$

- Équation de la trajectoire : $y = \frac{-g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2 + \tan \alpha x$ (trajectoire parabolique)
- Portée : $y_P = 0 \Rightarrow X = x_P = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$ ($X_m = \frac{v_0^2}{g}$ pour $\alpha = \frac{\pi}{4}$)
- Sommet : $v_{Sy} = 0 \Rightarrow v_S = v_x \Rightarrow x_S = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$ et $y_S = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

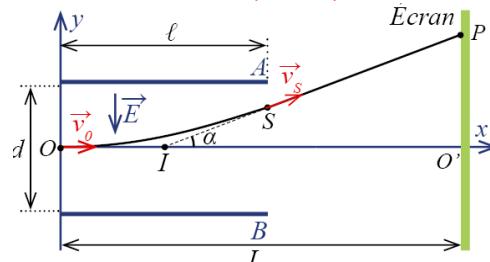
2- Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme (SM):

On considère : $q < 0$

$$\text{À } t = 0 : \begin{cases} v_{0x} = v_0 \\ v_{0y} = 0 \end{cases} \quad \text{et} \quad \begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases}$$

On néglige le poids des charges,
Par application de la 2^{ème} loi de Newton :

$$\vec{a} = \frac{q}{m} \vec{E} \quad (\vec{E} = \frac{\vec{U}}{d})$$



Projections	Suivant (O,x)	Suivant (O,y)
\vec{a}	$a_x = 0$	$a_y = -\frac{qU}{md}$
\vec{v}	$V_x = v_0$	$V_y = -\frac{qU}{md} t$
x et y	$x = v_0 t$	$y = -\frac{1}{2} \frac{qU}{md} t^2$

- Équation de la trajectoire : $y = -\frac{1}{2} \frac{q}{m} \frac{U}{d} \frac{1}{v_0^2} x^2$ (trajectoire parabolique)

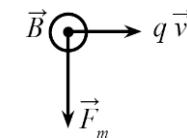
- Pour que les particules n'heurtent pas la plaque supérieure il faut : $y_S < \frac{d}{2}$.

- La déviation électrique est : $D_e = O'P$; $\tan \alpha = \left| \frac{V_{Sy}}{V_{Sx}} \right| = \frac{D_e}{L - OI} \approx \frac{D_e}{L}$

3- Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme:

3-1- Force de Lorentz :

$$\vec{F}_m = q \vec{v} \wedge \vec{B}$$



- Direction : normale au plan formé par \vec{v} et \vec{B} ;

- Sens : de telle sorte que le trièdre $(q \vec{v}, \vec{B}, \vec{F}_m)$ soit direct ;

- Module : $F_m = |q v B \sin(qv, B)|$

Cette force s'annule si : $q = 0$, $v = 0$, $(qv, B) = \begin{cases} 0 \\ \pi \end{cases}$.

3-2- Cas particulier : $\vec{v} \perp \vec{B}$:

On considère : $q < 0$,

On néglige le poids des charges,

Par application de la 2^{ème} loi de Newton :

$$\vec{F}_m = m \vec{a} = q \vec{v} \wedge \vec{B} \Rightarrow \vec{a} = \frac{q}{m} \vec{v} \wedge \vec{B}$$

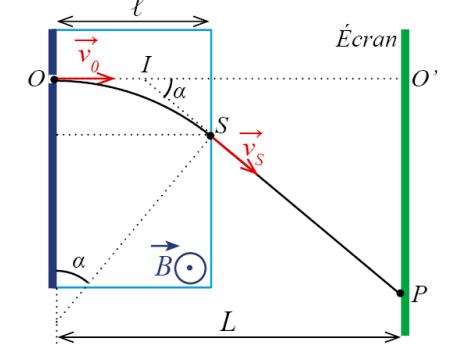
On déduit : $\vec{a} \perp \vec{v} \Rightarrow a = a_n$ et $a_t = 0$

$$\bullet \quad a_t = 0 \Rightarrow \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = C^{te}$$

$$\bullet \quad a = a_n \Rightarrow \frac{|q|}{m} v_0 B = \frac{v_0^2}{R} \Rightarrow R = \frac{m v_0}{|q| B} = C^{te} \quad \text{le mouvement est circulaire uniforme}$$

$$\bullet \quad \text{Déviation magnétique : } (D_m = O'P) \quad \tan \alpha = \frac{D_m}{L - OI} \approx \frac{D_m}{L} \quad \text{et} \quad \sin \alpha = \frac{\ell}{R}$$

$$\text{Si l'angle } \alpha \text{ est petit : } \frac{D_m}{L} \approx \frac{\ell}{R} \Rightarrow D_m = \frac{|q|}{m v_0} B L \ell$$



Satellites artificiels et planètes – Rotation autour d'un axe fixe

1- Satellites artificiels et planètes :

1-1- Lois de Kepler :

a- Première loi (loi des orbites) :

Dans le référentiel héliocentrique, le centre d'une planète gravitant autour du soleil suit une trajectoire elliptique dont l'un des foyers est le centre du soleil.

b- Deuxième loi (loi des aires) :

Le segment de droite qui relie le centre de la planète et le centre du soleil balaie des aires proportionnelles aux durées mise pour les balayer

c- Troisième loi (loi des périodes) :

Le carré de la période T d'une planète autour du soleil est proportionnel au cube de la

longueur a du demi-grand axe de son orbite.

$$\frac{T^2}{a^3} = K$$

Unité : K en $s^2 \cdot m^{-3}$

1-2- Mouvement circulaire d'une planète :

a- Force d'attraction universelle :

$$\vec{F} = G \frac{m M_s}{r^2} \vec{n}$$

b- Accélération radiale :

Par application de la 2^{ème} loi de Newton :

on écrit : $\vec{F} = G \frac{m M_s}{r^2} \vec{n} = m \vec{a}_g$

On déduit : $\vec{a}_g = G \frac{M_s}{r^2} \vec{n}$

c- Vitesse linéaire de la planète :

Par projection sur les axes du repère de Freinet :

$$a_t = \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = C^{\text{te}}$$

$$a_n = \frac{v^2}{r} = G \frac{M_s}{r^2} \Rightarrow v = \sqrt{G \frac{M_s}{r}}$$

d- Période de révolution de la planète :

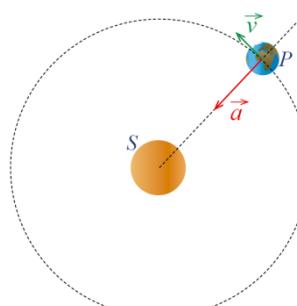
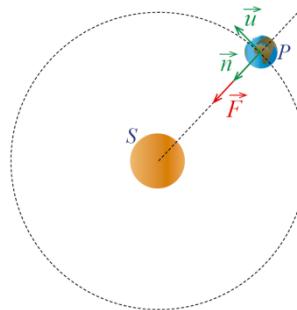
C'est la durée T nécessaire pour accomplir un tour complet.

On sait que : $T = \frac{2\pi r}{v} = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM_s}}$

1-3- Mouvement d'un satellite artificiel autour de la Terre :

a- Satellisation :

La satellisation d'un satellite, est sa mise en orbite.



Pour satelliser un satellite sur une orbite de rayon $r_0 = R_T + h$, il faut le lancer avec une vitesse initiale appelée vitesse de satellisation \vec{v}_s de module : $v_s = \sqrt{G \frac{M_T}{r_0}}$.

- Si $v < v_s$, le satellite retombe sur terre.
- Si $v = v_s$, la trajectoire du satellite sera circulaire.
- Si $v_s < v < v_L$, la trajectoire du satellite sera elliptique.
- Si $v \geq v_L$, le satellite échappe à l'attraction terrestre et s'en éloigne définitivement.

b- Satellites géostationnaires :

Un satellite géostationnaire est un satellite qui :

- Reste en regard avec la même zone de la surface de la Terre.
- Effectue une révolution dans le plan équatorial et dans le même sens de rotation de la terre pendant un jour complet.

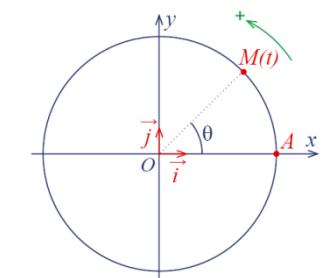
2- Rotation autour d'un axe fixe :

2-1- Paramètres angulaires :

Abscisse angulaire : $\theta = (\overrightarrow{OA}, \overrightarrow{OM})$

$$\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt}$$

Vitesse angulaire : $\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$



2-2- Relation entre paramètres angulaires et paramètres linéaires :

Relation entre vitesses :

$$v = r \dot{\theta}$$

Relation entre accélérations :

$$a_t = r \ddot{\theta}$$

$$a_n = r \dot{\theta}^2$$

2-3- Relation fondamentale de la dynamique :

$$\sum \mathcal{M}_{\Delta}(\vec{F}_{\text{ext}}) = J_{\Delta} \ddot{\theta}$$

2-4- Mouvement de rotation uniformément varié :

$$\ddot{\theta} = C^{\text{te}} \neq 0 \Rightarrow \dot{\theta} = \ddot{\theta} t + \dot{\theta}_0 \Rightarrow \theta = \frac{1}{2} \ddot{\theta} t^2 + \dot{\theta}_0 t + \theta_0$$

L'angle de rotation $\Delta\theta$ entre l'instant $t = 0$ et l'instant t est relié au nombre n de tours effectué entre ces deux instants par : $\Delta\theta = \theta - \theta_0 = 2\pi n$

Oscillateurs mécaniques

1- Étude dynamique :

1-1- Système {solide - ressort} :

On néglige les frottements

Par application de la 2^{ème} loi de Newton :

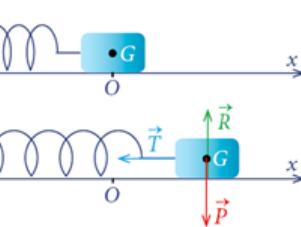
On écrit : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m \vec{a}_g$

Projection sur (O,x) : $-T = m a_{gx}$

Avec : $T = k|\Delta l| = kx$ et $a_{gx} = \frac{d^2x}{dt^2}$

On trouve : $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0$

L'expression de la période propre des oscillations est :



$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

1-2- Pendule de torsion :

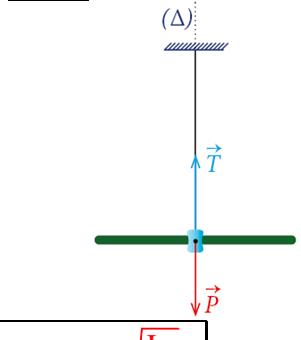
Par application de la RFD :

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{T}) + \mathcal{M}_\Delta = J_\Delta \ddot{\theta}$$

Avec : $\mathcal{M}_\Delta = -C\theta$ et $\ddot{\theta} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$

On trouve : $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{C}{J_\Delta}\theta = 0$

L'expression de la période propre des oscillations est :



$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_\Delta}{C}}$$

1-3- Pendule pesant :

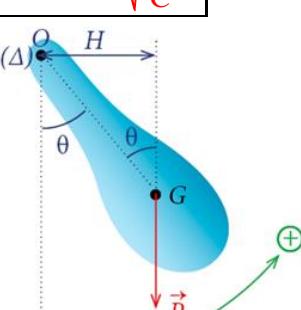
Par application de la RFD :

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) = J_\Delta \ddot{\theta}$$

On trouve : $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{mgd}{J_\Delta} \sin\theta = 0$

En cas de petites oscillations : $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{mgd}{J_\Delta} \theta = 0$

L'expression de la période propre des oscillations est :



$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_\Delta}{mgd}}$$

1-4- Pendule simple :

Cas particulier du pendule pesant :

Avec : $OG = \ell$ et $J_\Delta = m\ell^2$

On obtient : $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{\ell} \theta = 0$

Avec :

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

1-5- Résonance mécanique :

- Lorsqu'on excite un système oscillant, il oscille avec la même période T imposée et non avec sa période propre : $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$. On obtient des oscillations forcées où le système oscillant joue le rôle du résonateur.

- L'amplitude des oscillations atteint une valeur maximale lorsque $T \approx T_0$, on dit que le système est en résonance.
- L'amplitude des oscillations à la résonance diminue avec les frottements.
 - Dans le cas de faibles frottements, on dit que la résonance est aigüe.
 - Dans le cas de forts frottements, on dit que la résonance est floue.

2- Aspects énergétiques :

2-1- Énergie potentielle :

Sa variation ΔE_p est reliée au travail W des actions de rappel par : $\Delta E_p = -W$

Énergie potentielle d'élasticité	Énergie potentielle de torsion	Énergie potentielle de pesanteur
$E_p = \frac{1}{2}k\Delta\ell^2 + C$	$E_{pt} = \frac{1}{2}C\theta^2 + C$	$E_{pp} = mgz + C$

2-2- Énergie cinétique :

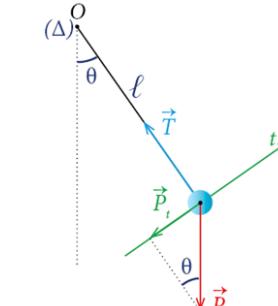
Translation : $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ Rotation : $E_c = \frac{1}{2}J_\Delta \dot{\theta}^2$

2-3- Énergie mécanique :

$$E_m = E_c + E_p$$

Lorsque cette énergie se conserve, on a : $\frac{dE_m}{dt} = 0$

- À la position d'équilibre : E_c est maximale et E_p est minimale ($E_{p\min} = C$);
- À l'une des positions extrêmes : E_c est nulle et E_p est maximale.
- La valeur de E_m sera donc : $E_m = E_{c\max} + E_{p\min} = E_{p\max}$



Atome et mécanique de Newton

1- Limites de la mécanique de Newton :

Par comparaison des interactions gravitationnelle et électrostatique :

Interaction gravitationnelle

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

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ (SI)}$$

Interaction électrostatique

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} = k \frac{q_A \cdot q_B}{r^2} \vec{u}_{AB}$$

$$K = 9 \cdot 10^9 \text{ (SI)}$$

Malgré la grande ressemblance entre les deux interactions, les deux systèmes n'ont pas la même structure. la mécanique de Newton ne donne pas d'explication.

2- Nature de la lumière :

La lumière se comporte à la fois comme une onde et comme un corpuscule (photon). On parle de dualité onde-particule.

L'énergie des photons est reliée à la fréquence de l'onde électromagnétique par la relation :

$$E = h\nu$$

$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ s'appelle : constante de Planck .

3- Quantification des échanges d'énergie :

3-1- Transitions atomiques :

On appelle transition, tout passage de l'atome d'un niveau d'énergie à un autre :

- Une absorption de photon, permet à l'atome de passer d'un niveau E_p à un niveau E_n plus haut.
- Une émission de photon, permet à l'atome de passer d'un niveau E_n à un niveau E_p plus bas.

Dans les deux cas on écrit : $\Delta E = E_n - E_p = h\nu$

L'atome ne peut donc échanger avec le milieu extérieur que des valeurs bien définis d'énergie. On dit que les échanges d'énergies sont quantifiés.

3-2- États possibles d'un atome :

Un atome ne peut être que dans l'un des trois états suivant :

- État fondamental :

C'est l'état le plus stable. il est caractérisé par une énergie minimale.

- État excité :

Lorsqu'un atome absorbe de l'énergie, il passe à un état excité. Il se désexcite spontanément en rejoignant le niveau fondamental, soit directement, soit indirectement en passant par divers niveaux excités intermédiaires. Chaque désexcitation est suivie de

l'émission d'un photon dont l'énergie est égale à la différence entre les niveaux d'énergie de la transition.

- État d'ionisation :

Lorsque l'énergie absorbée dépasse une certaine valeur, l'électron excité peut-être arraché à l'atome. L'atome est donc ionisé.

Exemple : L'expression de l'énergie d'un niveau E_n de l'atome d'hydrogène est donnée par la relation : $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ ($E_0 = 13,6 \text{ eV}$)

État fondamental	État excité	État d'ionisation
$n = 1$	$n > 1$	$n = \infty$

Lorsqu'un électron transite entre deux niveaux : E_n et E_p ($n > p$), l'énergie échangée est :

$$\Delta E = E_n - E_p = -\frac{E_0}{n^2} - \left(-\frac{E_0}{p^2}\right) = h \frac{c}{\lambda}$$

On déduit donc :

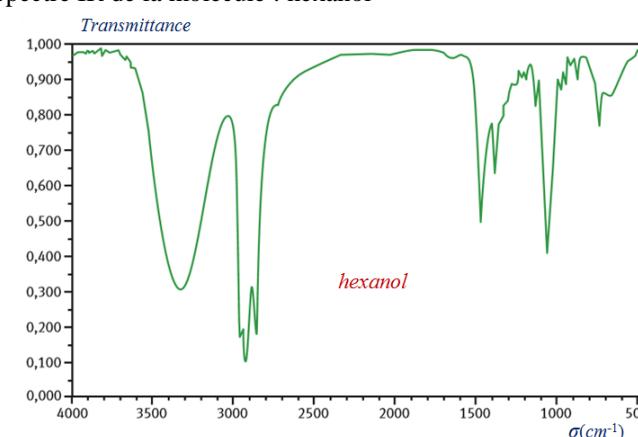
$$\frac{1}{\lambda} = \frac{E_0}{h c} \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

4- Spectres d'absorption des molécules :

La spectroscopie d'absorption est basée sur l'étude des interactions entre la matière et un rayonnement électromagnétique. En fonction de l'énergie portée par la radiation, il y a passage de l'état fondamental de la molécule à un état excité.

Le spectre d'absorption d'une molécule présente des bandes d'absorption, qui donnent des informations sur les types de liaisons qu'elle contient et permet donc de l'identifier

Exemple : Spectre IR de la molécule : hexanol



1- Définitions :

- L'oxydant est toute espèce chimique capable de capter un ou plusieurs électrons ;
- Le réducteur est toute espèce chimique capable de libérer un ou plusieurs électrons ;
- L'oxydant et le réducteur conjugués forment un couple (Ox/Red) ;
- L'oxydation est la synthèse de l'oxydant, et la réduction c'est la synthèse du réducteur ;
- La réaction d'oxydo-réduction est l'interaction entre deux couples (Ox/Red).

2- Transformations lentes et transformations rapides :

- Une transformation lente, est une transformation qu'on peut suivre l'évolution ;
- Une transformation rapide, est une transformation qu'on ne peut pas suivre l'évolution.
- On appelle facteur cinétique, tout facteur pouvant agir sur la vitesse d'une réaction, (Exemples : température, concentration, catalyseur)

3- Cinétique de réaction :

- Vitesse volumique d'une réaction par :

$$v(t) = \frac{1}{V_s} \frac{dx}{dt}$$

Remarque : $\frac{dx}{dt}$ représente la pente de la tangente à la courbe à l'instant d'étude t.

- Temps de demi réaction $t_{1/2}$: c'est la durée au bout de laquelle $x = x_f / 2$

Remarque : $t_{1/2}$ diminue lorsque la vitesse augmente.

4- Acides et bases selon Brønsted :

- L'acide est toute espèce chimique capable de libérer un proton H^+ ;
- La base est toute espèce chimique capable de capter un proton H^+ ;
- Acide et base conjugués forment un couple (Acide/Base) ;
- La réaction acide-base, est l'interaction entre deux couples (Acide/Base).

pH d'une solution : $pH = -\log[H_3O^+]$ et $[H_3O^+] = 10^{-pH}$

- Taux d'avancement final :

$$\tau = \frac{x_f}{x_m}$$

$\tau = 1$: réaction totale , $\tau < 1$: réaction limitée (s'effectue dans les deux sens)

- Le quotient de réaction $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ est :

$$Q_r = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Le solvant et les solides n'interviennent pas dans son expression.

- La constante d'équilibre :

$$K = Q_{r \text{ éq}}$$

- $Q_r < K$: le système évolue dans le sens direct ;
- $Q_r > K$: le système évolue dans le sens inverse ;
- $Q_r = K$: le système n'évolue pas, mais reste à son état ;

- Le produit ionique de l'eau :

$$K_e = [H_3O^+] [OH^-]$$

$$pK_e = -\log K_e$$

et $K_e = 10^{-pK_e}$

- La constante d'acidité :

$$K_A = \frac{[B] [H_3O^+]}{[A]}$$

$$pK_A = -\log K_A$$

et $K_A = 10^{-pK_A}$

Remarque : Toutes les constantes sont données sans unités et les concentrations en mol.L⁻¹, Les valeurs des constantes ne dépendent que de la température,

- Zone de prédominance :

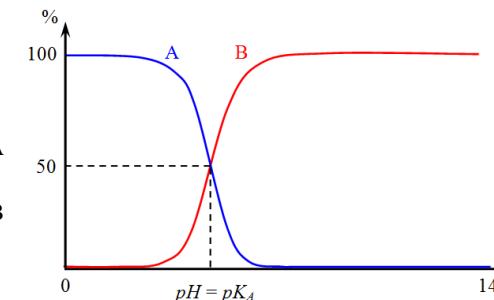
$$\frac{[B]}{[A]} = \frac{K_A}{[H_3O^+]} = 10^{pH - pK_A}$$

$$\begin{array}{ccc} [A] > [B] & [A] = [B] & [A] < [B] \\ \text{L'acide prédomine} & pH = pK_A & \text{la base prédomine} \end{array}$$

- Diagramme de distribution :

$$\% (A) = \frac{[A]}{[A] + [B]} \text{ et } \% (B) = \frac{[B]}{[A] + [B]}$$

- $pH < pK_A$ l'acide prédomine, la courbe A représente le pourcentage d'acide ;
- $pH > pK_A$ la base prédomine, la courbe B représente le pourcentage de la base ;
- $\% (A) = \% (B) = 50\% \Rightarrow pH = pK_A$



5- Dosage acide – base :

- C'est une opération qui consiste à déterminer la quantité de matière d'un soluté à l'aide d'une réaction chimique rapide, spontanée et totale.
- L'équivalence est repérée par :

- La méthode des tangentes ;

Le point d'équivalence est l'intersection de la médiatrice du segment séparant les tangentes.

- La méthode de la dérivée.

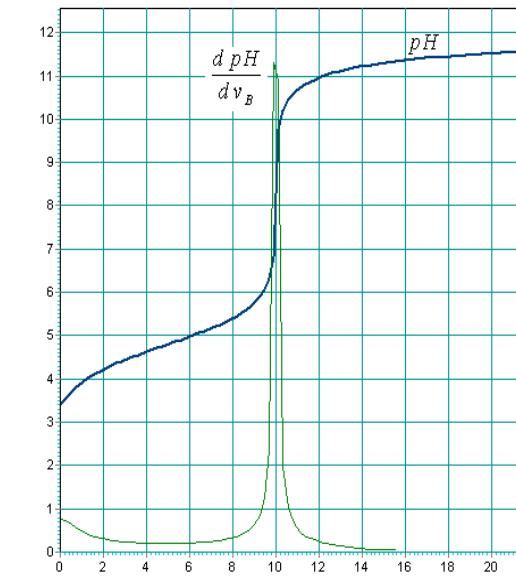
La dérivée est extrémale à l'équivalence.

- La relation d'équivalence :

$$c_A \cdot v_A = c_B \cdot v_B$$

- L'indicateur coloré le plus convenable à un dosage, est celui dont la zone de virage contient le pH de l'équivalence.

- La réaction du dosage est totale $\tau = 1$.



6- Piles :

Exemple : Pile Daniell (Zn/Cu)

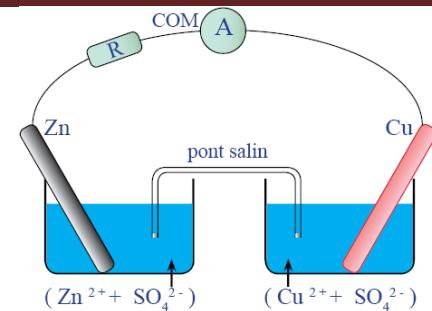
- Chaque compartiment contient un métal trempé dans une solution contenant son ion métallique ;
- Les deux compartiments sont reliés par un pont salin, assurant l'électro neutralité des solutions ;
- Le pôle négatif est celui relié à la borne « COM » de l'ampèremètre indiquant une valeur positive ;
- L'électrode au voisinage de laquelle se produit l'Oxydation s'appelle : Anode ;
 $\text{Red}_1 \rightarrow \text{Ox}_1 + n e^-$
- L'électrode au voisinage de laquelle se produit la Réduction s'appelle : Cathode ;
 $\text{Ox}_2 + m e^- \rightarrow \text{red}_2$
- Le schéma conventionnel d'une pile : $\ominus \text{Red}_1 / \text{Ox}_1 // \text{Ox}_2 / \text{Red}_2 \oplus$
- L'intensité de courant débitée par une pile pendant une durée Δt est :

$$I = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{n(e^-) \cdot F}{\Delta t}$$

$$F = N_A \cdot e$$

le faraday ($1F = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$)

Avec :



7- Réactions forcées :

- Lorsqu'on oblige (utiliser un générateur de tension continue) une réaction totale à s'effectuer dans le sens inverse, qui n'est pas spontané, on dit que la transformation est forcée.
- L'électrode au voisinage de laquelle se produit l'oxydation s'appelle : Anode.
- L'électrode au voisinage de laquelle se produit la réduction s'appelle : cathode.
- Le passage du courant continu dans une solution d'électrolyte s'accompagne de réactions chimiques, ce phénomène est appelé : électrolyse.

Applications de l'électrolyse :

- Recharge des accumulateurs : On branche entre ses bornes un générateur de fem supérieure à la sienne. Il s'y produit des réactions inverses à celles qui se produisent lors de son fonctionnement comme générateur.
- Galvanisation : Le métal à recouvrir doit être comme cathode, pour que la réaction de réduction se produise à son voisinage : $M^{n+} + n e^- \rightarrow M$
- Préparation des métaux : Obtenir des métaux à partir des sels contenant des ions métalliques.

8- Estérification - hydrolyse :

8-1- Nomenclature des alcanes à chaîne linéaire :

CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	C ₆ H ₁₄
Méthane	Ethane	Propane	Butane	Pentane	Hexane

8-2- Estérification par l'acide carboxylique :

- C'est une réaction lente et limitée, dont la réaction en sens inverse s'appelle hydrolyse.



- Pour accélérer cette réaction, il faut :

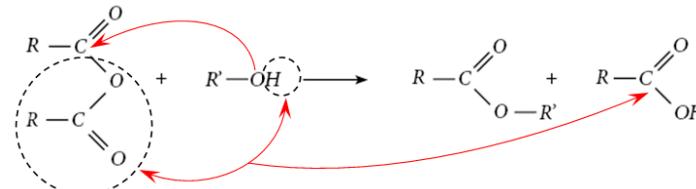
- Élever la température (utiliser un chauffage à reflux)
- Ajouter un catalyseur (gouttes d'acide sulfurique concentré)

$$\bullet \text{ La constante de cet équilibre est : } K = \frac{[\text{RCOO}^*][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{RCOOH}][\text{R}'\text{OH}]} = \frac{n_{\text{ester}} \cdot n_{\text{eau}}}{n_{\text{acide}} \cdot n_{\text{alcool}}}$$

L'eau dans cette réaction n'est pas en excès.

8-3- Estérification par l'anhydride d'acide :

- C'est une réaction rapide et totale ;

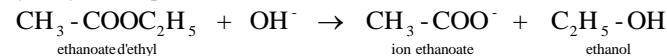


8-4- Rendement d'une réaction de synthèse :

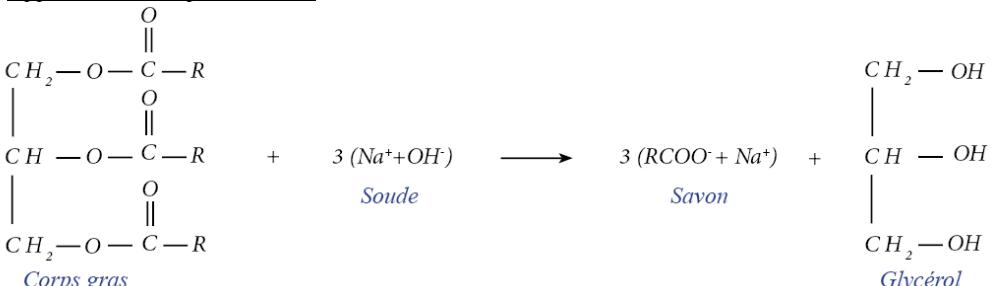
$$r = \frac{n_{\text{exp}}}{n_{\text{th}}}$$

- On peut augmenter le rendement d'une réaction en augmentant la proportion d'un des réactifs par rapport à l'autre ou en prélevant l'un des produits au cours de sa formation.
- Le rendement de la réaction d'estérification dépend aussi de la classe de l'alcool.

8-5- Hydrolyse basique d'un ester :



Application à la saponification :



L'ion carboxylate ($\text{R}-\text{COO}^-$) contient :

Une partie hydrophile (amie de l'eau) ($-\text{COO}^-$), et une partie hydrophobe (peur de l'eau) ($-\text{R}$)