

SCIENCES PHYSIQUES

Cahier de révision

Remerciements aux Mrs

Sfaxi salah : Lycée pilote sfax

Cherchari Med : lycée sadiki Tunis

Bac 2016

Sc.exp

OUTILS MATHÉMATIQUES

La fonction exponentielle $f(x) = e^x$.

- $f: \mathbb{R} \longrightarrow \mathbb{R}^+$
 $x \longrightarrow e^x$ La fonction exponentielle est une fonction puissance, elle a les mêmes propriétés que les fonctions puissances.

$$e^1 = 2,718 \quad e^{-1} \approx 0,37 \quad e^0 = 1 \quad e^a \cdot e^b = e^{a+b} \quad e^{-a} = \frac{1}{e^a} \quad \lim_{x \rightarrow +\infty} e^{-x} = 0$$

(donc la fonction e^x ne s'annule jamais pour des valeurs définies de x).

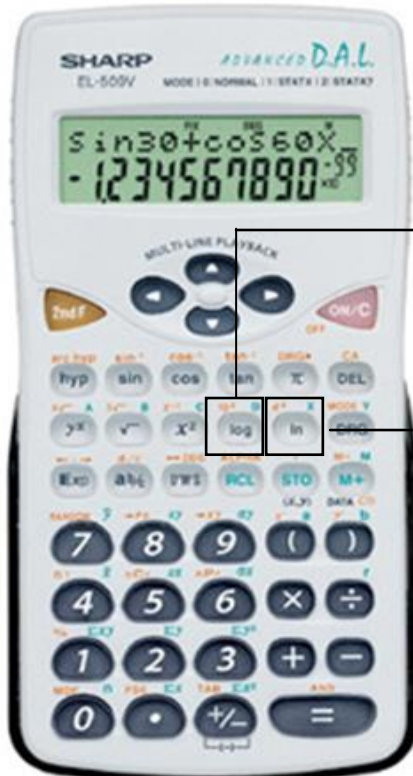
- La dérivée de e^{ax} : $(e^{ax})' = a \cdot e^{ax}$.
- La réciproque de la fonction e^x est $\ln(x)$: $\ln(e^x) = x$ et $e^{\ln(x)} = x$.

dérivée des fonctions sinus et cosinus.

$$\begin{aligned} (\sin(ax + b))' &= a \cos(ax + b) \text{ or } \cos \alpha = \sin\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right) \\ &= a \sin\left(ax + b + \frac{\pi}{2}\right) \end{aligned}$$

$$(\cos(ax + b))' = -a \sin(ax + b).$$

Conseil : on doit représenter les flèches des tensions avant d'établir l'équation différentielle.

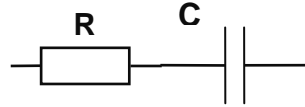


Fonction Log (x) utilisée
Pour les exercices sur la
partie chimie

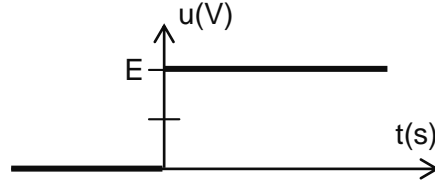
Fonction Ln (x) utilisée
Pour les exercices sur la
partie nucléaire

Circuit RC

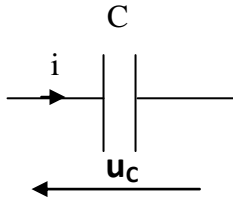
Le dipôle RC est constitué d'un condensateur associé en série avec un résistor (conducteur ohmique).



Echelon de tension
La tension aux bornes du dipôle RC
Pour $t < 0$; $u = 0$
Pour $t \geq 0$; $u = E$.



- La tension aux bornes d'un condensateur de capacité C est :



$$u_C(t) = \frac{q}{C}$$

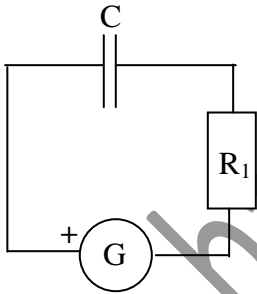
$$i(t) = \frac{dq}{dt}$$

- L'énergie emmagasinée par un condensateur chargé est dite : énergie électrostatique notée E_e

$$E_e = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2} C \cdot u_C^2 \quad \text{unité (Joule)}$$

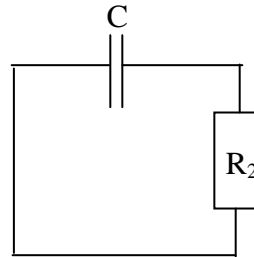
| | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Charge d'un condensateur C | décharge d'un condensateur C |
|-----------------------------------|-------------------------------------|

Montage électrique



R_1 : résistance de charge

Montage électrique



R_2 : résistance de décharge

Equation différentielle en $u_C(t)$

Loi des mailles $u_C + u_{R1} = E$

or $u_{R1} = R_1 \cdot i = R_1 \cdot \frac{dq}{dt} = R_1 \cdot \frac{dCu_C}{dt} = R_1 C \frac{du_C}{dt}$

donc $R_1 C \frac{du_C}{dt} + u_C = E$

$\Leftrightarrow \frac{du_C}{dt} + \frac{1}{R_1 C} u_C = \frac{E}{R_1 C}$

Loi des mailles $u_C + u_{R2} = 0$

or $u_{R2} = R_2 \cdot i = R_2 \cdot \frac{dq}{dt} = R_2 \cdot \frac{dCu_C}{dt} = R_2 C \frac{du_C}{dt}$

donc $R_2 C \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$

$\Leftrightarrow \frac{du_C}{dt} + \frac{1}{R_2 C} u_C = 0$

Solution de l'équation différentielle

$$u_c(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$$

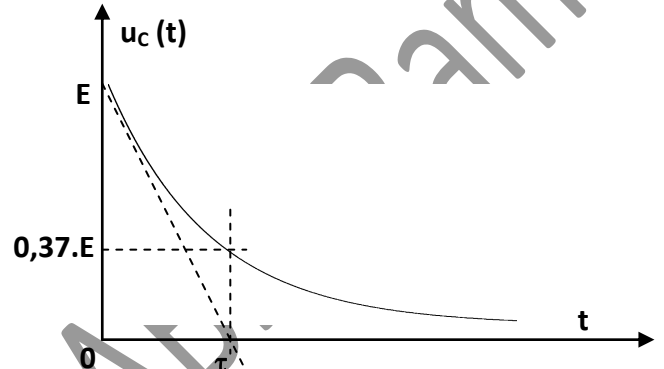
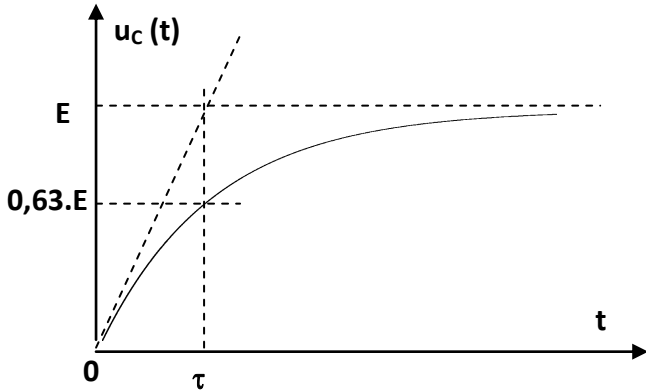
$$u_c(t) = E.e^{-t/\tau}$$

Expression de $q(t) = C \cdot u_c(t)$

$$q(t) = CE(1 - e^{-t/\tau})$$

$$q(t) = CE.e^{-t/\tau}$$

Courbe $u_c = f(t)$

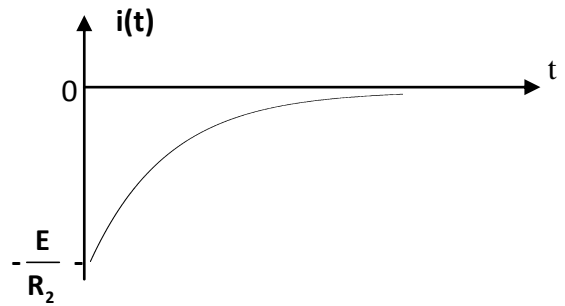
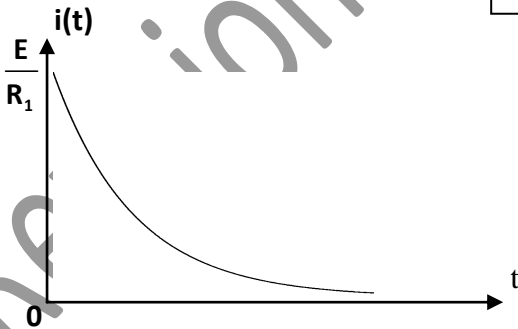


Expression de $i(t)$

$$\begin{aligned} i(t) &= \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt} [CE(1 - e^{-t/\tau})] \\ &= CE \frac{d}{dt} (1 - e^{-t/\tau}) = -CE \frac{d}{dt} (e^{-t/\tau}) = CE \\ &= \frac{CE}{\tau} e^{-t/\tau} = \frac{E}{R_1} e^{-t/\tau} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i(t) &= \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt} [CE.e^{-t/\tau}] \\ &= CE \frac{d}{dt} (e^{-t/\tau}) = -\frac{CE}{\tau} e^{-t/\tau} \\ &= -\frac{E}{R_2} e^{-t/\tau} \end{aligned}$$

Courbe $i = f(t)$



Constante de temps

$$\tau = R_1 C$$

$$\tau = R_2 C$$

Durée de charge d'un condensateur

On peut considérer qu'un condensateur est complètement chargé lorsque sa tension $u_c = 0,99E$ ce qui donne une durée de charge

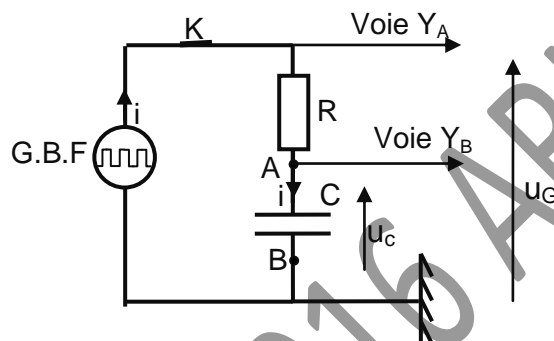
$$t_c \approx 5\tau = 5.RC$$

Le temps de charge augmente avec R et avec C.

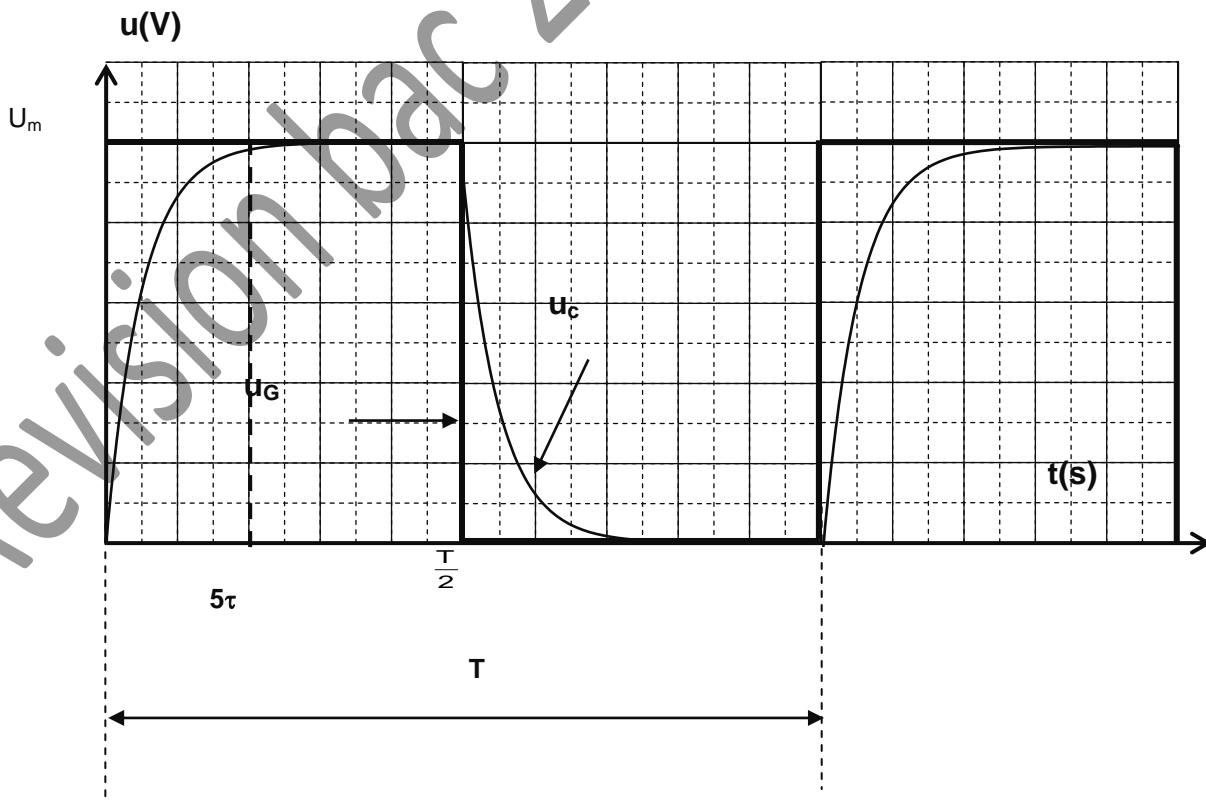
Pour $t < 5\tau$, on a le régime transitoire.

Pour $t \geq 5\tau$, on a le régime permanent

- la réponse d'un dipôle RC à un échelon de tension est la charge progressive du condensateur : c'est un phénomène transitoire.
- Charge d'un condensateur par une tension créneaux.

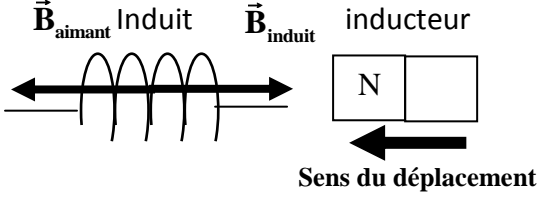

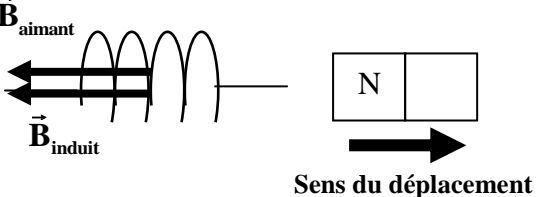


Pour $5\tau < \frac{T}{2}$, pendant une demi-période la tension u_c peut atteindre sa valeur finale donc on observe les courbes suivantes (les deux voies ont la même sensibilité verticale) :



Le circuit RL

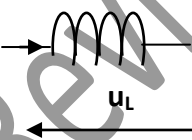
- Dipôle RL : association série d'une bobine d'inductance L et d'un résistor R.

| INDUCTION MAGNETIQUE | AUTO-INDUCTION MAGNETIQUE |
|--|---|
|  <p style="text-align: center;">Sens du déplacement</p> |  |
|  <p style="text-align: center;">Sens du déplacement</p> | <p style="text-align: center;">La bobine joue à la fois l'inducteur et l'induit</p> <ul style="list-style-type: none"> • lorsque la bobine est à la fois l'inducteur et l'induit le phénomène s'appelle auto-induction. • Une bobine traversée par un courant électrique variable est le siège d'une auto-induction. <p>L'auto-induction traduit l'opposition d'une bobine à toute variation de courant. La f.é.m d'auto-induction e</p> <div style="border: 1px solid black; width: fit-content; margin: 10px auto; padding: 5px;"> $e = -L \frac{di}{dt}$ </div> |
| <p>Toute variation de champ magnétique à proximité d'une bobine en circuit fermé produit un courant induit. Le phénomène s'appelle induction magnétique. L'élément qui crée le champ magnétique est l'inducteur et la bobine est l'induit.</p> | |

La loi de LENZ

Le courant induit s'oppose par ses effets à la cause qui lui donne naissance.

- Une bobine parcourue par un courant électrique emmagasine une énergie magnétique.
- La tension aux bornes de la bobine (L, r) est :



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

L'énergie magnétique

$$E_L = \frac{1}{2} L \cdot i^2 \text{ (joule)}$$

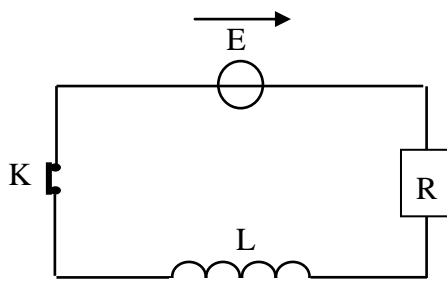
L : inductance de la bobine qui s'exprime en Henry (H)

| | |
|---|--|
| <p>Bobine purement inductive ou idéale</p> <p>$r = 0$</p> | <p>en régime permanent $i = I_{\max} = \text{constante}$</p> $u_L(t) = L \frac{dI_{\max}}{dt} + r I_{\max} = R I_{\max}$ <p>en régime permanent, la bobine joue le rôle d'un résistor de résistance r</p> |
|---|--|

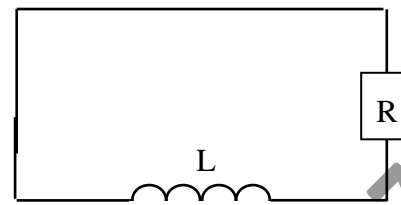
Etablissement du courant électrique

Rupture du courant

Montage électrique



Montage électrique



Equation différentielle en $i(t)$

Loi des mailles $u_L + u_R = E$

$$L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i + R \cdot i = E \Leftrightarrow L \cdot \frac{di}{dt} + (r + R) i = E$$

$$\Leftrightarrow \frac{di}{dt} + \frac{R+r}{L} \cdot i = \frac{E}{L}$$

Loi des mailles $u_L + u_R = 0$

$$L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i + R \cdot i = 0 \Leftrightarrow L \cdot \frac{di}{dt} + (r + R) i = 0$$

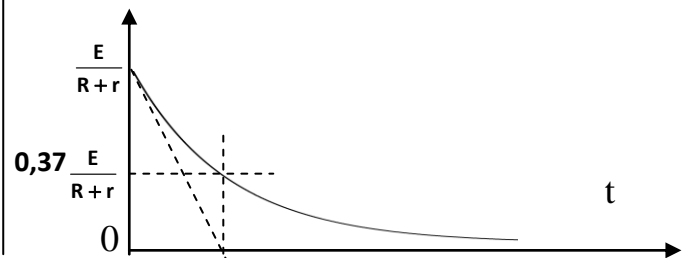
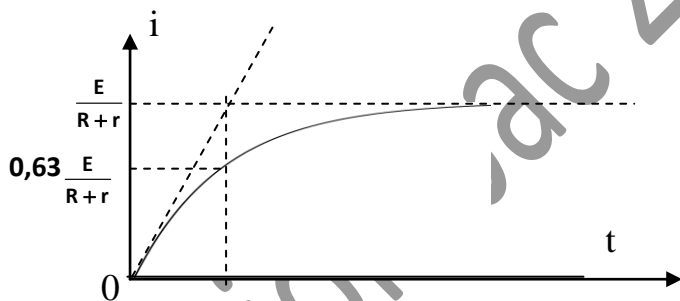
$$\Leftrightarrow \frac{di}{dt} + \frac{R+r}{L} \cdot i = 0$$

Solution de l'équation différentielle

$$i(t) = \frac{E}{R+r} (1 - e^{-t/\tau})$$

$$i(t) = \frac{E}{R+r} \cdot e^{-t/\tau}$$

Courbe $i = f(t)$



La constante de temps τ est une grandeur caractéristique du dipôle RL, elle nous renseigne sur la rapidité avec laquelle s'effectue l'établissement du courant dans le circuit.

Constante de temps

$$\tau = \frac{L}{R+r}$$

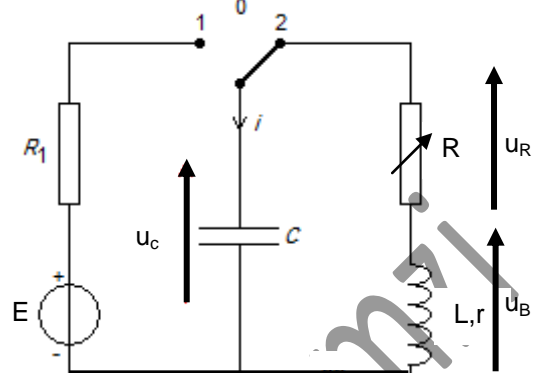
LES OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES LIBRES AMORTIES

Production des oscillations libres amorties

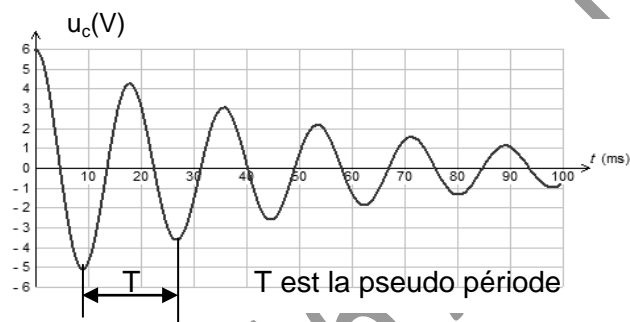
On place l'interrupteur sur la position 1 pour charger le condensateur puis on le place sur la position 2 pour avoir les oscillations électriques libres amorties (en cas de résistance R faible).

Avant la décharge, la charge initiale du condensateur est $Q_0 = C.E$

Cette décharge s'appelle décharge oscillante car elle s'effectue dans une bobine.



Avec $R=30 \Omega$ (faible), on obtient le graphe suivant :



influence de l'amortissement

On répète la même expérience en augmentant la valeur de la résistance R, on obtient les graphes suivants :

| | | |
|----------------|--|-------------------------|
| $R=50 \Omega$ | | Régime pseudopériodique |
| $R=100 \Omega$ | | Régime apériodique |
| $R=200 \Omega$ | | Régime apériodique |

Remarque : le régime critique correspond au passage le plus rapide de u_C vers sa valeur nulle et sans oscillations.

Equation différentielle

D'après la loi des mailles(K est en position 2) :

$$u_B + u_R + u_C = 0 \Leftrightarrow L \frac{di}{dt} + ri + Ri + u_c = 0 \Leftrightarrow L \frac{di}{dt} + ri + Ri + \frac{q}{C} = 0 \Leftrightarrow L \frac{di}{dt} + (R+r)i + \frac{q}{C} = 0 \text{ avec}$$

$$i = \frac{dq}{dt} \text{ et } \frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2} \text{ donc : } \boxed{L \frac{d^2q}{dt^2} + (R+r) \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0} \text{ ou } \boxed{\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{(R+r)}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{q}{LC} = 0}$$

c'est l'équation différentielle qui régit les variations de la charge $q(t)$ du condensateur en régime libre amorti.

Remarque : on peut établir l'équation différentielle régissant les variations de la tension u_c aux bornes du condensateur en remplaçant $q = Cu_c$

$$L \frac{d^2(Cu_c)}{dt^2} + (R+r) \frac{d(Cu_c)}{dt} + \frac{Cu_c}{C} = 0 \Leftrightarrow LC \frac{d^2u_c}{dt^2} + (R+r)C \frac{du_c}{dt} + u_c = 0$$

Non conservation de l'énergie totale d'un circuit RLC série

L'énergie totale $E = E_c + E_L$ avec

E_c : énergie électrique emmagasinée dans le condensateur.

E_L : énergie magnétique emmagasinée dans la bobine.

$$\boxed{E = \frac{1}{2} C u_c^2 + \frac{1}{2} L i^2}$$

De même ici pour voir comment varie l'énergie totale E , on doit calculer sa dérivée :

$$\frac{dE}{dt} = \frac{1}{2} C \frac{d(u_c^2)}{dt} + \frac{1}{2} L \frac{d(i^2)}{dt}$$

avec $u_c(t)$ et $i(t)$ sont deux fonctions de temps (et non pas des valeurs constantes).

$$\boxed{\text{Rappel : dérivée d'une fonction carré : } (f^2(t))' = \frac{d(f^2)}{dt} = 2f(t)f'(t)}$$

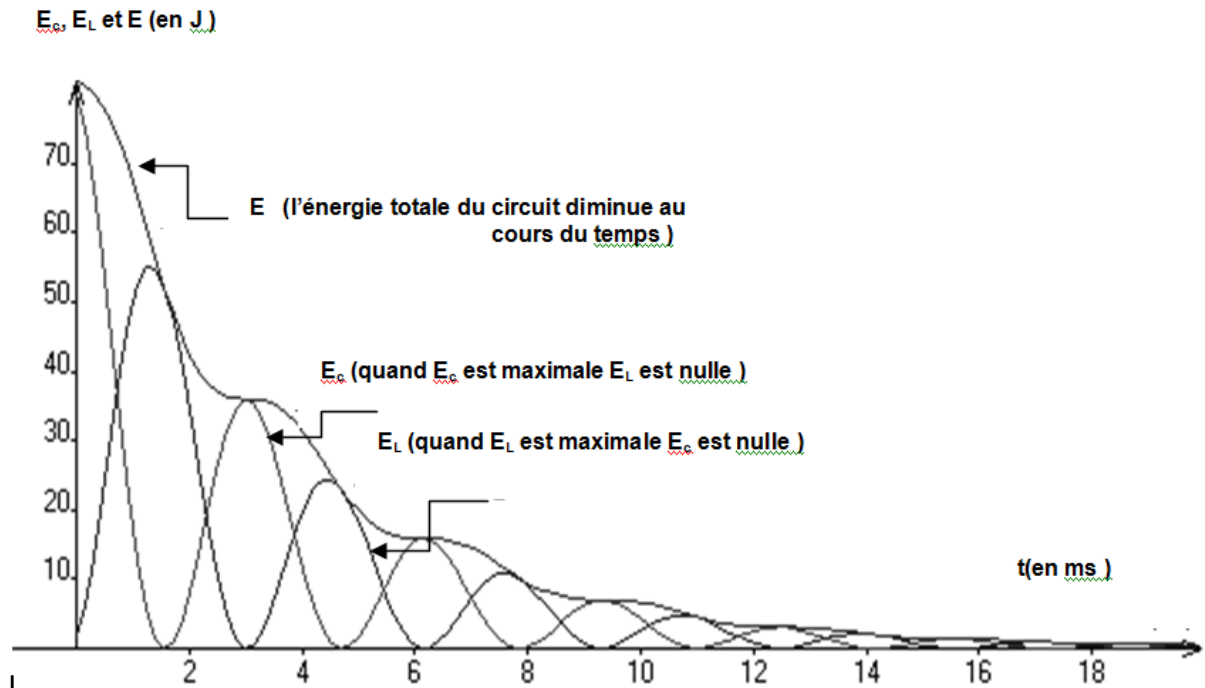
$$\frac{d(u_c^2)}{dt} = 2u_c \frac{du_c}{dt} \text{ et } \frac{d(i^2)}{dt} = 2i \frac{di}{dt} \quad \frac{dE}{dt} = \frac{1}{2} C 2u_c \frac{du_c}{dt} + \frac{1}{2} L 2i \frac{di}{dt}$$

$$\frac{dE}{dt} = u_c C \frac{du_c}{dt} + Li \frac{di}{dt} \text{ or } C \frac{du_c}{dt} = i \text{ donc } \frac{dE}{dt} = u_c i + Li \frac{di}{dt} = i \left(u_c + L \frac{di}{dt} \right)$$

d'après la loi des mailles $u_c + L \frac{di}{dt} = -(R+r)i$

$$\boxed{\frac{dE}{dt} = i(-(R+r)i) = -(R+r)i^2} \Leftrightarrow \frac{dE}{dt} < 0 \text{ donc } E \text{ est décroissante.}$$

\Leftrightarrow



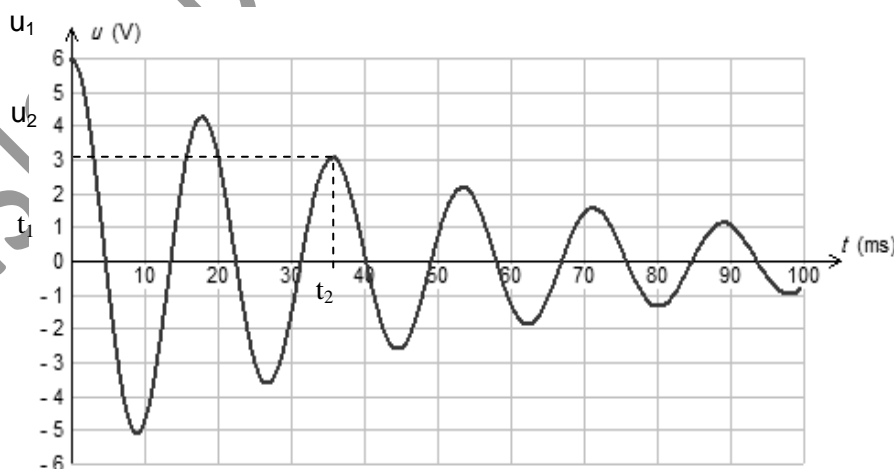
L'énergie totale d'un circuit RLC série diminue au cours du temps.

Calcul de l'énergie perdue pendant une durée $\Delta t = t_2 - t_1$

Exemple : on prend $t_1 = 0$ s et $t_2 = 35$ ms. En ces deux dates, u_c est maximale donc E_e est maximale d'où E_L est nulle (car lorsque u_c est maximale $\frac{du_c}{dt} = 0$ or $i = C \frac{du_c}{dt}$ donc $i=0$ d'où $E_L = 0$).

A t_1 , $E_1 = E_e(t=t_1) = \frac{1}{2} C u_1^2$ et à $t=t_2$ on a $E_2 = E_e(t=t_2) = \frac{1}{2} C u_2^2$ donc l'énergie dissipée par effet joule dans $(R + r)$ ou perdue est égale à

$$E_{\text{dissipée}} = E_1 - E_2 = \frac{1}{2} C (u_1^2 - u_2^2).$$



LES OSCILLATIONS LIBRES NON AMORTIES

Production des oscillations électriques libres non amorties

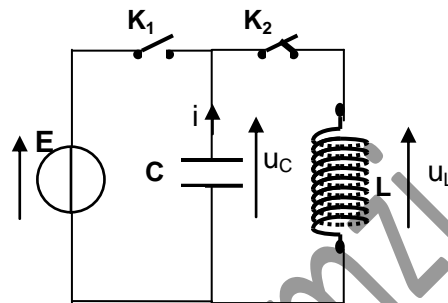
L'interrupteur K_1 est fermé, K_2 est ouvert

On considère le circuit électrique schématisé ci-dessous, lorsque le condensateur se charge complètement, sa charge est maximale Q_{\max} . D'après la loi des mailles :

$$u_G - u_C = 0$$

$$E - \frac{Q_{\max}}{C} = 0$$

$$Q_{\max} = CE$$

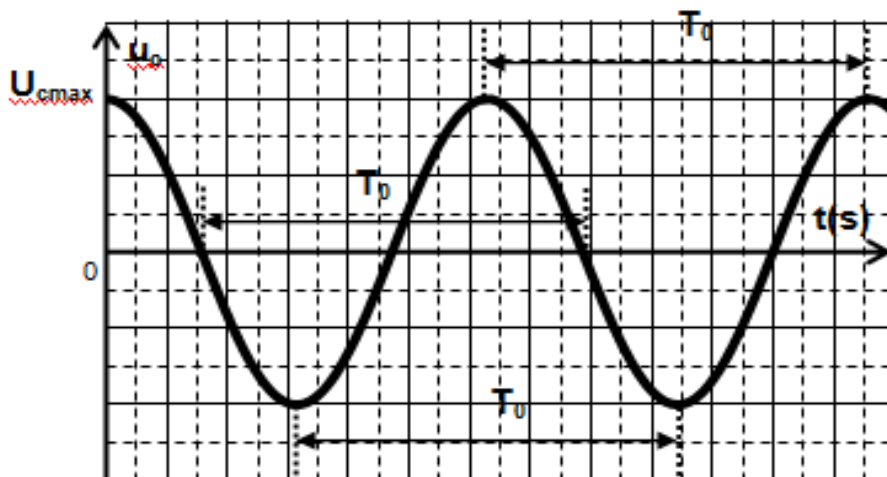


L'énergie électrique emmagasinée par le condensateur est

$$E_e = \frac{1}{2} \frac{Q_{\max}^2}{C} = \frac{1}{2} CE^2 \text{ avec } E : \text{f.e.m}$$

L'interrupteur K_1 est ouvert, K_2 est fermé

Le condensateur se décharge dans une inductance pure, on obtient des oscillations électriques libres non amorties(oscillations sinusoïdales). Voila les variations de la tension u_c aux bornes du condensateur :



Avec T_0 est la période propre du circuit LC.

Equation différentielle

d'après la loi des mailles (K_1 est ouvert et K_2 est fermé) : la décharge du condensateur dans une inductance pure.

$$u_c + u_L = 0 \Leftrightarrow \frac{q}{C} + L \frac{di}{dt} = 0 \text{ or } i = \frac{dq}{dt} \text{ donc } \frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2} \Leftrightarrow \frac{q}{C} + L \frac{d^2q}{dt^2} = 0$$

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{LC} = 0$$

Equation différentielle des oscillations électriques libres non amorties de pulsation propre ω_0 tel que

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \text{ et de période propre } T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}$$

Solution de l'équation différentielle

L'équation différentielle précédente a pour solution :

$$q(t) = Q_{\max} \sin(\omega_0 t + \varphi_q) \quad \text{avec :}$$

Q_{\max} : amplitude.

$\omega_0 t + \varphi_q$: phase de la charge $q(t)$ à la date t .

φ_q : phase initiale de la charge $q(t)$. (phase à $t=0$)

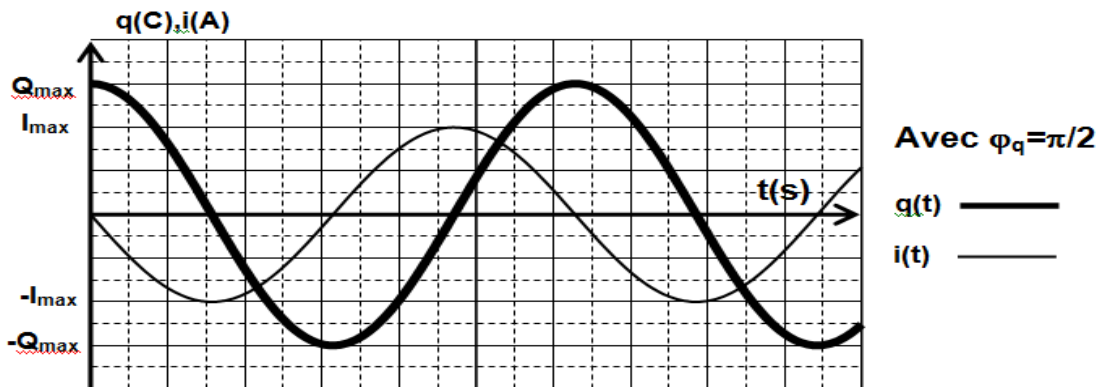
On peut avoir de même l'expression de $i(t) = \frac{dq}{dt}$:

Expression de $i(t)$

$$i(t) = \frac{dq}{dt} \Leftrightarrow i(t) = \omega_0 Q_{\max} \cos(\omega_0 t + \varphi_q) = \omega_0 Q_{\max} \sin(\omega_0 t + \varphi_q + \pi/2).$$

Or $i(t)$ comme toute fonction sinusoidale elle s'écrit sous la forme

$$i(t) = I_{\max} \sin(\omega_0 t + \varphi_i)$$



$$\text{Donc } \begin{cases} I_{\max} = \omega_0 Q_{\max} \\ \varphi_i = \varphi_q + \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

D'après le graphe, on remarque que lorsque :

$$q = \pm Q_{\max} ; i = 0 \quad \text{et} \quad i = \pm I_{\max} ; q = 0 \quad \text{càd lorsque :}$$

le condensateur est complètement chargé, la bobine est vide.

le condensateur est vide, le courant dans la bobine atteint sa valeur maximale.

Conservation de l'énergie électrique

$E = E_e + E_L$, l'énergie électrique peut être notée E_e ou E_c .

$$E = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} \Leftrightarrow E = \frac{Q_{\max}^2}{2C} \sin^2(\omega_0 t + \varphi_q) + L\omega_0^2 Q_{\max}^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi_q) \text{ or } \omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$

$$E = \frac{Q_{\max}^2}{2C} \sin^2(\omega_0 t + \varphi_q) + L \frac{1}{LC} Q_{\max}^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi_q)$$

$$= \frac{Q_{\max}^2}{2C} \underbrace{(\sin^2(\omega_0 t + \varphi_q) + \cos^2(\omega_0 t + \varphi_q))}_{1}$$

1

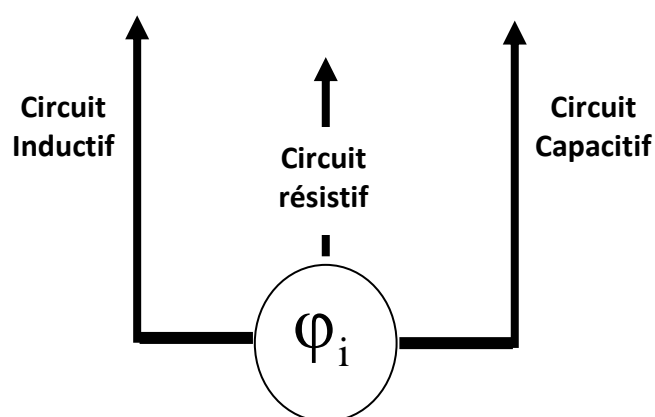
$$\boxed{E = \frac{1}{2C} Q_{\max}^2} \quad \text{or} \quad \frac{1}{C} = L\omega_0^2 \lim_{x \rightarrow \infty} \quad \text{donc} \quad E = \frac{L}{2} \omega_0^2 Q_{\max}^2 \quad \text{et comme } I_{\max} = \omega_0 Q_{\max} \text{ d'où : } \boxed{E = \frac{1}{2} LI_{\max}^2}$$

| Oscillateur mécanique libre non amorti | Oscillateur électrique libre non amorti |
|---|---|
| Equation différentielle | |
| $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0$ | $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC}q = 0$ |
| $w_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ | $w_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ |
| Solution de l'équation différentielle | |
| $x(t) = X_m \sin(w_0 t + \varphi_x)$ | $q(t) = Q_m \sin(w_0 t + \varphi_q)$ |
| <u>A la Résonance de vitesse</u> $w = w_0$ F et v sont en phase | <u>Résonance d'intensité</u> $w = w_0$ u et i sont en phase |
| Oscillateur mécanique libre amorti | Oscillateur électrique libre amorti |
| Equation différentielle | |
| $m \frac{d^2x}{dt^2} + h \frac{dx}{dt} + kx = 0$ | $L \frac{d^2q}{dt^2} + R_T \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C}q = 0$ |
| Solution de l'équation différentielle : pas demandée | |
| Oscillateur mécanique forcé | Oscillateur électrique forcé |
| Equation différentielle | |
| $m \frac{d^2x}{dt^2} + h \frac{dx}{dt} + kx = F_m \sin(\omega t + \varphi_F)$ | $L \frac{d^2q}{dt^2} + R_T \frac{dq}{dt} + \frac{1}{C}q = U_m \sin(\omega t + \varphi_u)$ |
| F(t) est toujours en avance de phase par rapport à x(t) | u(t) est toujours en avance de phase par rapport à q(t) |

| | |
|---|--|
| $X_m = \frac{F_m}{\sqrt{h^2 \omega^2 + (k - m\omega^2)^2}}$ <p>A la résonance d'élongation</p> $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{h^2}{2m^2}}$ <p>Condition sur h : $h < m\omega_0 \cdot \sqrt{2}$</p> | $Q_m = \frac{U_m}{\sqrt{R_T^2 \omega^2 + \left(\frac{1}{C} - L\omega^2\right)^2}}$ <p>A la résonance de charge</p> $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{R_T^2}{2L^2}}$ <p>Condition sur R_T : $R_T < L\omega_0 \cdot \sqrt{2}$</p> |
| <p>Equation différentielle en v(t)</p> $m \frac{dv}{dt} + h \cdot v + k \int v \cdot dt = F_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_F)$ $V_m = \frac{F_m}{\sqrt{h^2 + \left(\frac{k}{\omega} - m\omega\right)^2}}$ | <p>Equation différentielle en i(t)</p> $L \frac{di}{dt} + R_T \cdot i + \frac{1}{C} \int i \cdot dt = U_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_u)$ $I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R_T^2 + \left(\frac{1}{C\omega} - L\omega\right)^2}}$ |
| <p>Puissance mécanique moyenne</p> $P_m = \frac{F_m V_m}{2} \cos(\varphi_v - \varphi_F)$ <p>Résonance de puissance moyenne F et v sont en phase</p> | <p>Puissance électrique moyenne</p> $P_m = \frac{U_m I_m}{2} \cos(\varphi_i - \varphi_u) = UI \cos(\varphi_i - \varphi_u)$ <p>Résonance de puissance moyenne u et i sont en phase</p> |

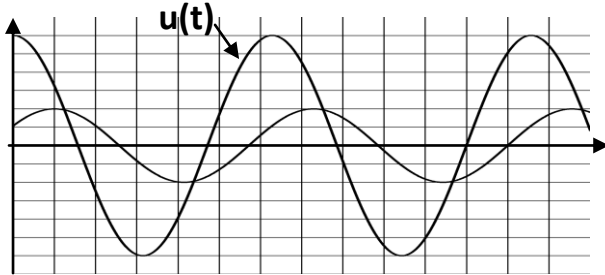
Pour les oscillateurs électriques forcés, on a toujours

$$\varphi_{uC} < \dots < \varphi_u < \dots < \varphi_{uL}$$

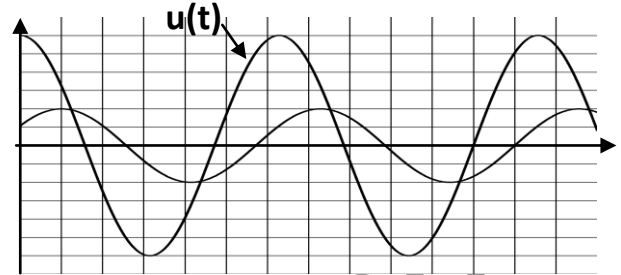


Des astuces pour résoudre un exercice sur les oscillateurs électriques forcés

Si les courbes fournies sont
 $u(t)$ et $u_R(t)$



Si les courbes fournies sont
 $u(t)$ et $u_C(t)$



Pour identifier les courbes il suffit de
comparer les impédances Z et Z_R

On a toujours $Z > Z_R \Leftrightarrow U_m > U_{Rm}$

La courbe qui possède l'amplitude la plus
grande est celle aux bornes du GBF
(attention aux sensibilités verticales)

à partir de la courbe $u_R(t)$ on peut

déterminer la valeur de $I_m = \frac{U_{Rm}}{R}$

on peut déterminer facilement la valeur de

l'impédance du circuit $Z = \frac{U_m}{I_m}$

On peut connaître la nature du circuit
(inductif , capacitif ou résistif)

par le calcul de $|\Delta\phi| = |\phi_u - \phi_{uR}| = |\phi_u - \phi_i|$

la résistance interne de la bobine peut être
déterminée à partir de la valeur de
l'impédance électrique à la résonance
d'intensité ou par la construction de Fresnel

$$\cos \Delta\phi = \frac{R+r}{Z}$$

la détermination des grandeurs électriques
inconnues (R, r, C, \dots) nous permet de
calculer le facteur de surtension Q

la courbe qui est en avance de phase est celle
aux bornes du GBF

à partir de la courbe $u_C(t)$ on peut déterminer
la valeur de I_m

$$U_{Cm} = \frac{I_m}{C \cdot \omega} \Leftrightarrow I_m = C \cdot \omega \cdot U_{Cm}$$

on peut déterminer facilement la valeur de

l'impédance du circuit $Z = \frac{U_m}{I_m}$

On peut connaître la nature du circuit
(inductif , capacitif ou résistif)

par le calcul de $|\Delta\phi| = |\phi_u - \phi_{uC}|$

$$\phi_{uC} = \phi_i - \frac{\pi}{2}$$

on peut déterminer facilement la valeur du
facteur de surtension avec ou sans utiliser les
grandeurs électriques (R, r, C, \dots)

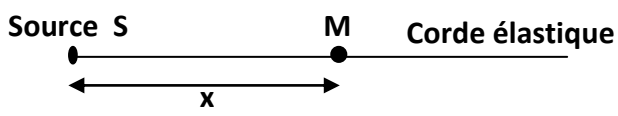
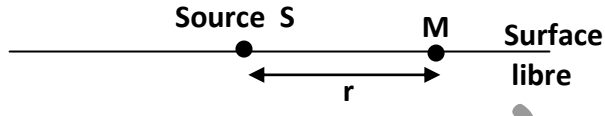
$$Q = \frac{U_{Cm}}{U_m} = \frac{L\omega_0}{R+r} = \frac{1}{R+r} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Si $Q > 1$: phénomène de surtension

Le voltmètre indique une tension efficace $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$

L'ampèremètre indique une intensité efficace $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

ondes progressives

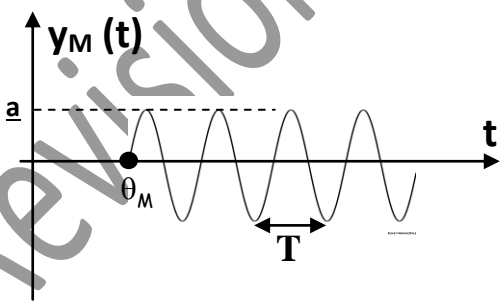
| Corde élastique | surface libre d'un liquide |
|--|--|
|  |  |
| M reproduit le mouvement de la source avec un retard horaire $\theta_M = \frac{x}{C}$ | M reproduit le mouvement de la source avec un retard horaire $\theta_M = \frac{r}{C}$ |
| $y_M(t, x) = y_S(t - \theta)$ | $y_M(t, r) = y_S(t - \theta)$ |
| $y_M(t) = a \sin(\omega(t - \theta) + \varphi_S)$ $= a \sin(\omega t - \omega\theta + \varphi_S)$ $= a \sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{T C} + \varphi_S\right)$ | $y_M(t) = a \sin(\omega(t - \theta) + \varphi_S)$ $= a \sin(\omega t - \omega\theta + \varphi_S)$ $= a \sin\left(\omega t - \frac{2\pi r}{T C} + \varphi_S\right)$ |
| $y_M(t) = a \sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_S\right)$ si $t \geq \theta$ | $y_M(t) = a \sin\left(\omega t - \frac{2\pi r}{\lambda} + \varphi_S\right)$ si $t \geq \theta$ |

L'onde présente une double périodicité:

une périodicité temporelle de période T (exprimée en secondes).

une périodicité spatiale ou longueur d'onde λ (exprimée en mètres).

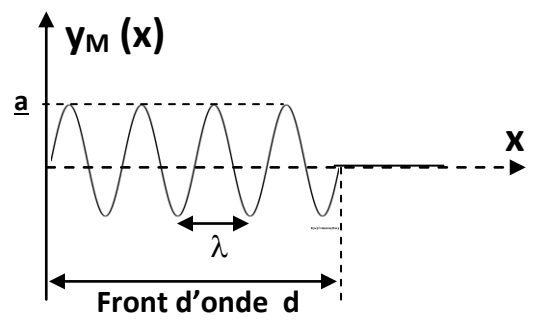
| | |
|---|---|
| <h3>Sinusoïde des temps</h3> <p>La position du point est fixe</p> | <h3>Sinusoïde des espaces</h3> <p>Ou aspect (cas d'une corde) Ou coupe (cas d'un liquide) Le temps est fixe</p> |
|---|---|



T : période temporelle

Longueur d'onde (λ)
C'est la distance parcourue par l'onde progressive pendant la durée T

$$\lambda = C.T = \frac{C}{N}$$



λ : période spatiale

Front d'onde (d)
C'est la distance parcourue par l'onde progressive pendant la durée t

$$d = C.t$$

En observant la sinusoïde des temps on peut savoir directement la valeur de φ_s :
 Lorsque la sinusoïde commence, à l'instant θ , en se dirigeant dans le sens positif $\varphi_s = 0 \text{ rad}$.
 Lorsque la sinusoïde commence, à l'instant θ , en se dirigeant dans le sens négatif $\varphi_s = \pi \text{ rad}$.

En observant la sinusoïde des espaces on peut savoir directement la valeur de φ_s :
 Lorsque le front d'onde se termine par un minimum ou creux (cas d'un liquide) $\varphi_s = \pi \text{ rad}$
 Lorsque le front d'onde se termine par un maximum ou crête (cas d'un liquide) $\varphi_s = 0 \text{ rad}$

Effet d'une lumière stroboscopique

N : fréquence des vibrations

N_e : fréquence du stroboscope

| | | |
|--|--|---|
| Si $\frac{N}{N_e} = K$ Immobilité apparente | Si $\frac{N}{N_e}$ est légèrement supérieur à K Mouvement ralenti dans le sens réel | Si $\frac{N}{N_e}$ est légèrement inférieur à K Mouvement ralenti dans le sens inverse |
|--|--|---|

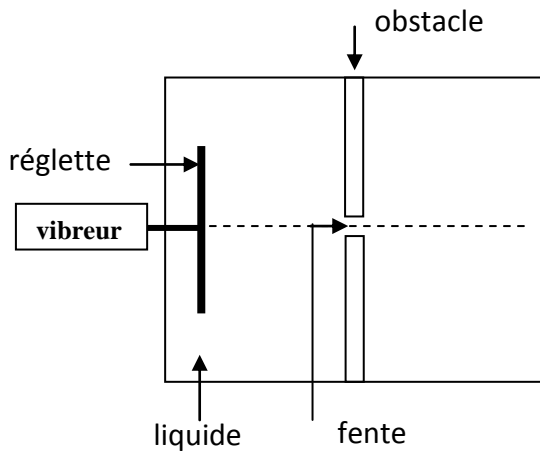
K est un entier non nul

Vibration des points remarquables

| | | | |
|---|--|---|--|
| Point vibrant en phase par rapport à la source $x \text{ ou } r = k \cdot \lambda$ $k \in \mathbb{N}^*$ | Point vibrant en opposition phase par rapport à la source $x \text{ ou } r = \frac{\lambda}{2} + k \cdot \lambda$ $k \in \mathbb{N}$ | Point vibrant en quadrature avance de phase par rapport à la source $x \text{ ou } r = -\frac{\lambda}{4} + k \cdot \lambda$ $k \in \mathbb{N}^*$ | Point vibrant en quadrature retard de phase par rapport à la source $x \text{ ou } r = \frac{\lambda}{4} + k \cdot \lambda$ $k \in \mathbb{N}$ |
|---|--|---|--|

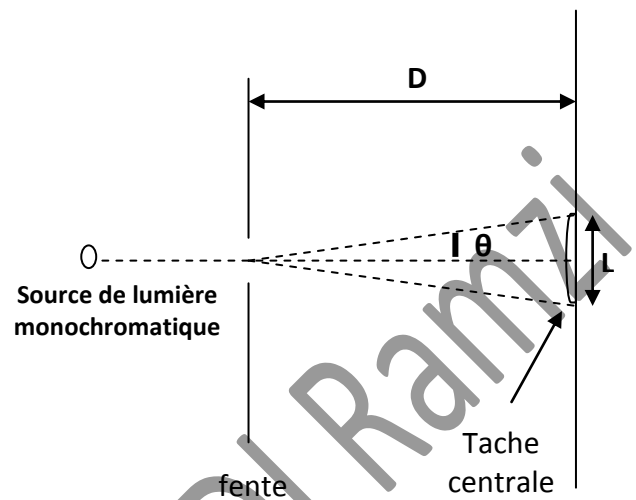
INTERACTION ONDE – MATIERE

Diffraction d'une onde mécanique



A retenir
 Pour avoir le phénomène de diffraction mécanique il faut que
 $a < \lambda$

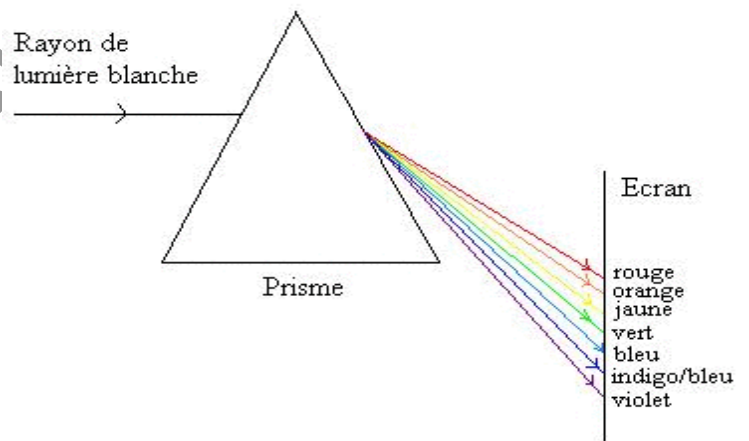
Diffraction d'une onde lumineuse



A retenir
 $\text{tg}(\theta) \approx \theta$ (angle faible)
 $\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$

Dispersion de la lumière blanche :

La dispersion d'une onde lumineuse ou mécanique est la variation de sa célérité v dans un milieu transparent d'indice n , en fonction de sa fréquence .
 On appelle milieu dispersif, tout milieu dans lequel la célérité v , d'une onde mécanique ou lumineuse, dépend de sa fréquence .



La diffraction d'une onde est la modification de son trajet et par suite sa forme au voisinage d'une ouverture ou d'un obstacle de dimensions comparables a sa longueur d'onde.

- _ La diffraction d'une onde se fait sans changement de sa longueur d'onde.
- _ Un faisceau de lumière est décrit comme étant une onde appelée onde lumineuse.
- _ Le phénomène de diffraction dépend du quotient , λ étant la longueur d'onde et a à l'ouverture de la fente.
- _ Une lumière monochromatique est une onde progressive sinusoïdale caractérisée par sa fréquence et sa longueur d'onde λ_0 dans le vide.
- _ Une lumière polychromatique est constituée de plusieurs radiations.
- _ La lumière blanche est une lumière polychromatique.
- _ Le phénomène de dispersion de la lumière est la variation de sa célérité v dans un milieu transparent d'indice n , en fonction de sa fréquence ν .
- _ On appelle milieu dispersif tout milieu dans lequel la célérité v d'une onde lumineuse dépend de sa fréquence.

Spectre atomique

Discontinuité de l'énergie :

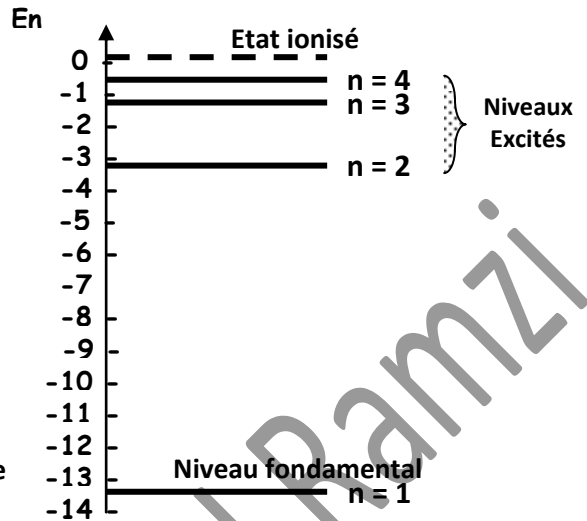
Le transfert d'énergie entre l'atome et le milieu extérieure se fait d'une façon discontinue c'est-à-dire que l'atome ne peut ni perdre ni gagner de l'énergie que dans des cas bien précis On dit que l'énergie est quantifiée

Chaque niveau d'énergie (n) est appelé : orbite stationnaire qui a pour énergie :

$$E_n = - \frac{13,6}{n^2}$$

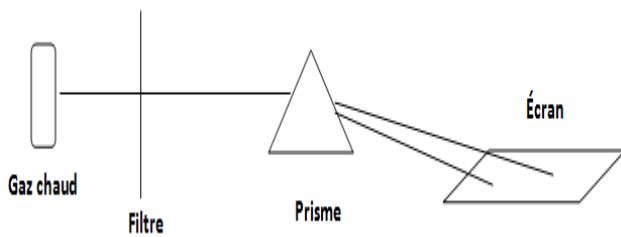
$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

les niveaux d'énergie



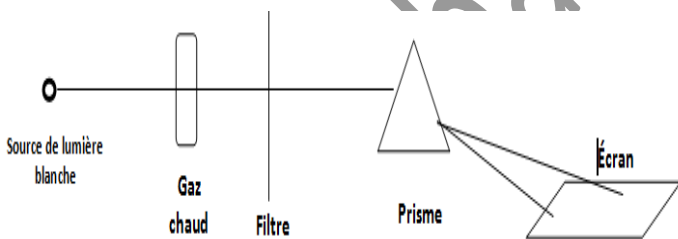
Spectre atomique :

1°) Spectre d'émission :



Un gaz chaud émet spontanément une ou plusieurs radiations, le spectre obtenu sur l'écran a un fond noirs et des traits colorés

2°) Spectre d'absorption :



Un gaz chaud absorbe spontanément une ou plusieurs radiations, le spectre obtenu sur l'écran a un fond coloré et des traits noirs

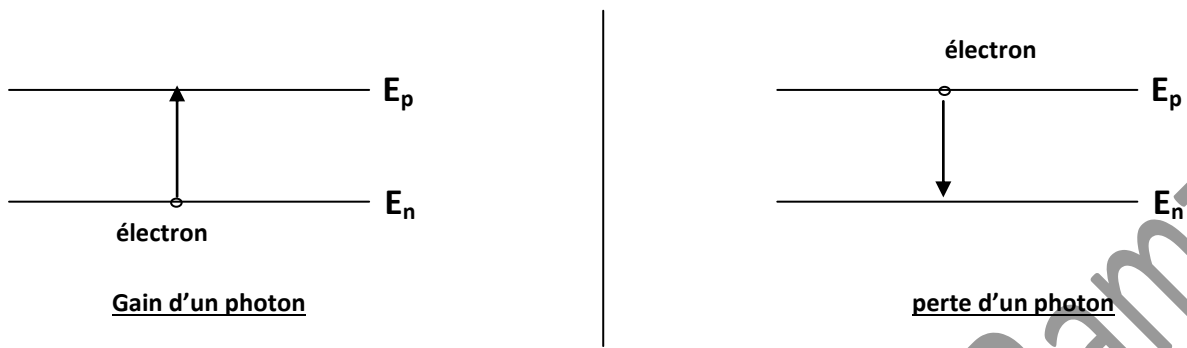
3°) Energie d'un photon :

$$W_{ph} = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

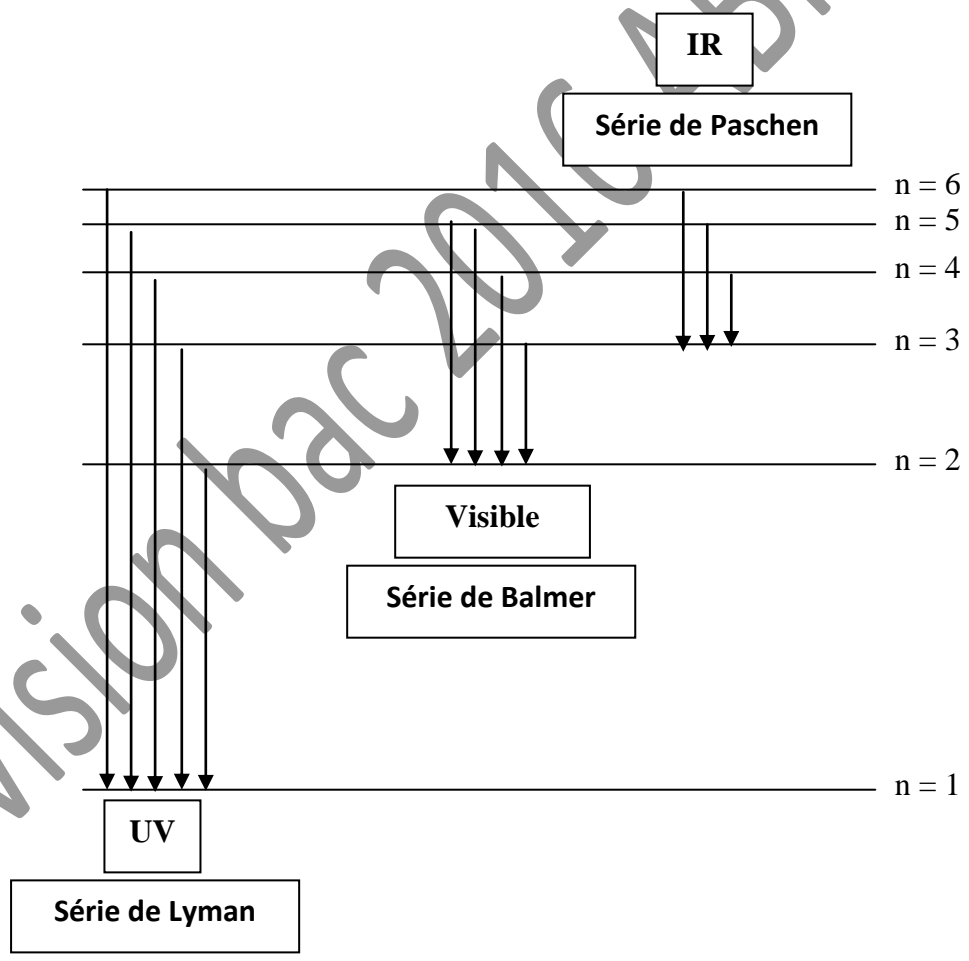


4°) Type de transition :

Le passage d'un électron d'un niveau E_n à un autre E_p ne peut se produire que si l'électron reçoit ou perd une quantité d'énergie égale à : $|E_p - E_n|$.



$$W_{ph} = h \cdot \frac{c}{\lambda} = |E_n - E_p|$$



L'énergie d'ionisation E_0 de l'atome d'hydrogène est l'énergie minimale qu'il faut fournir pour arracher l'électron situé à son état fondamental
 $E_0 = 13,6 \text{ eV}$.

NOYAUX ATOMIQUES

- Le symbole d'un noyau atomique est ; ${}^A_Z X$

X : Symbole de l'élément chimique

A : Nombre de masse (nombre de nucléons)

Z : Nombre de charge (nombre de protons)

N : Le nombre de neutrons est $N = A - Z$

Equivalence masse - énergie:

Pour construire un noyau il faut des protons et des neutrons . Ces nucléons vont perdre de la masse pour s'unir ensemble , d'où la masse se transforme en énergie et inversement selon la théorie d' Einstein

$$|\Delta E| = |\Delta m| \cdot C^2$$

| | | |
|------------------------------------|----|---------------------|
| Energie $ \Delta E $ | J | MeV |
| Variation de la masse $ \Delta m $ | Kg | MeV.C ⁻² |

Energie de liaison E_L:

L'énergie de liaison d'un noyau atomique est l'énergie qu'il faut fournir au noyau pour le dissocier en ses nucléons, qui s'attirent du fait de l'interaction forte.

$$E_L = | Z \cdot m_p + (A-z) \cdot m_n - m(\text{noyau}) | \cdot C^2 \quad \text{unité : MeV}$$

Energie de liaison par nucléon E:

L'énergie de liaison par nucléon d'un noyau atomique est l'énergie qu'il faut fournir a un nucléon Pour quitter le noyau.

$$E = \frac{E_L}{A} \quad \text{unité : MeV.nucleon}^{-1}$$

Le noyau le plus stable est le noyau qui possède l'énergie de liaison par nucléon la plus grande

Les réactions nucléaires spontanées

La Radioactivité

La radioactivité est une réaction nucléaire spontanée au cours de la quelle un noyau père se désintègre pour donner un noyau fils plus stable et émission d'une particule.

noyau père \longrightarrow noyau fils + particule (α ou β^- ou β^+) + γ

1°) Mécanisme nucléaire :

| | | | | | | |
|-----------|-------------------|---------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|
| particule | α | β^- | β^+ | γ | proton | neutron |
| symbole | ${}^4_2\text{He}$ | ${}^0_{-1}\text{e}$ | ${}^0_1\text{e}$ | ${}^0_0\gamma$ | ${}^1_1\text{p}$ | ${}^1_0\text{n}$ |

| | | |
|--|---|---|
| Origine de β^- C'est la transformation d'un neutron en un proton ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e$ | Origine de β^+ C'est la transformation d'un proton en un neutron ${}^1_1p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_1e$ | Rayonnement γ C'est un flux de photon très énergétiques C'est le rayonnement le plus dangereux |
|--|---|---|

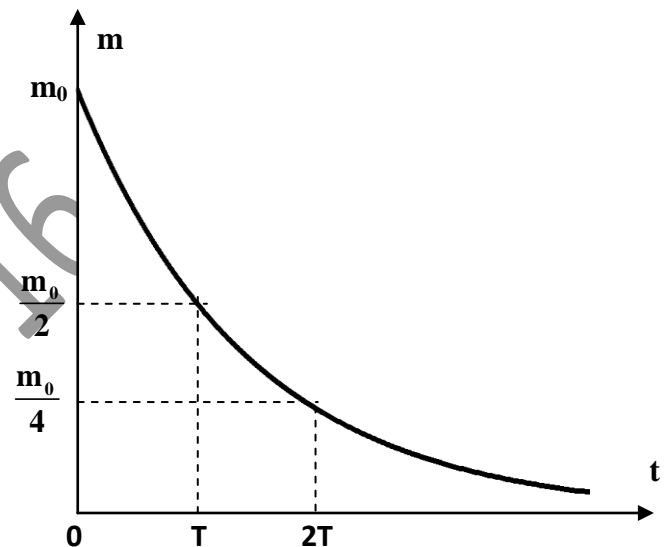
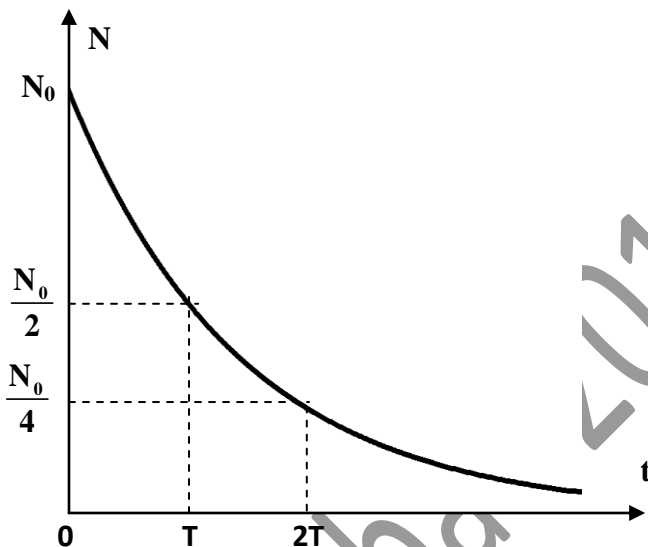
II°) Décroissance radioactive :

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

N : NOMBRE DE NOYAUX NON DESINTEGRES
 N_0 : NOMBRE DE NOYAUX INITIAL (à $t = 0s$)
 λ : CONSTANTE RADIOACTIVE

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

m : MASSE NON DESINTEGREES
 m_0 : MASSE INITIALE (à $t = 0s$)
 λ : CONSTANTE RADIOACTIVE



Période radioactive ou demi-vie:

C'est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux présents se désintègre

$$T = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

Activité radioactive A :

C'est le nombre de désintégrations par unité de temps $A = - \frac{dN}{dt}$

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$A = \lambda \cdot N$$

Unités : désint/unité de temps
Remarque : 1 désint/s = 1 Bq (Becquerel)

Les réactions nucléaires provoquées

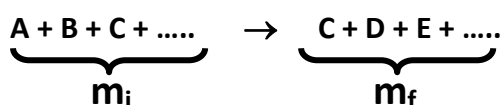
La Fission

La fission nucléaire est le phénomène par lequel le noyau d'un atome lourd est bombardé par un neutron lent pour donner, généralement, deux nucléides plus légers. Cette réaction nucléaire se traduit aussi par l'émission de neutrons et un dégagement d'énergie très important.

La Fusion

La fusion nucléaire, dite parfois fusion thermonucléaire, est un processus où deux noyaux atomiques légers s'assemblent pour former un noyau plus lourd. Cette réaction est à l'œuvre de manière naturelle dans le Soleil et la plupart des étoiles de l'univers.

Méthode pour chercher l'énergie libérée ou absorbée par une réaction nucléaire



$$W = |m_i - m_f| \cdot C^2$$

$$|m_i - m_f|$$

Si $m_i > m_f \Leftrightarrow$ libération de l'énergie
 Si $m_i < m_f \Leftrightarrow$ absorption de l'énergie

W : l'énergie libérée ou absorbée par un seul noyau

W' : l'énergie libérée ou absorbée par un échantillon de masse m

1 noyau libère ou absorbe une énergie W
 N noyaux libèrent ou absorbent une énergie $W' = N \cdot W$

Deux méthodes pour chercher le nombre de noyaux non désintégrés dans un échantillon de masse m

Méthode 1

Méthode 2

1 mol renferme N_A noyaux
 n mol renferme $N = n \cdot N_A$ noyaux

$$N = \frac{m}{M} N_A$$

$$N = \frac{\text{masse de l'échantillon}}{\text{masse d'un seul noyau}}$$

m : masse de l'échantillon

M : masse molaire moléculaire du radioélément.

N_A : nombre d'Avogadro.

Partie Chimie

Cinétique chimique

- C'est l'étude de l'évolution d'une réaction chimique *lente* au cours du temps .

1°) Tableaux d'avancement d'une réaction :

Tableaux d'avancement en fonction de l'avancement x (en mol)

| Eq de la réaction | | a.A | + | b.B | → | c.C | + | d.D |
|-------------------|----------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---|------------------|---|------------------|
| A t = 0 s | 0 | n ₁ | | n ₂ | | 0 | | 0 |
| A t > 0 s | x | n ₁ - a.x | | n ₂ - b.x | | c.x | | d.x |
| A t final | x _f | n ₁ - a.x _f | | n ₂ - b.x _f | | c.x _f | | d.x _f |

Tableaux d'avancement en fonction de l'avancement volumique y (en mol.L⁻¹)

Si les réactifs et les produits d'un système chimique constituent une seule phase et si la transformation se produit à volume constant V, on peut définir l'avancement volumique y :

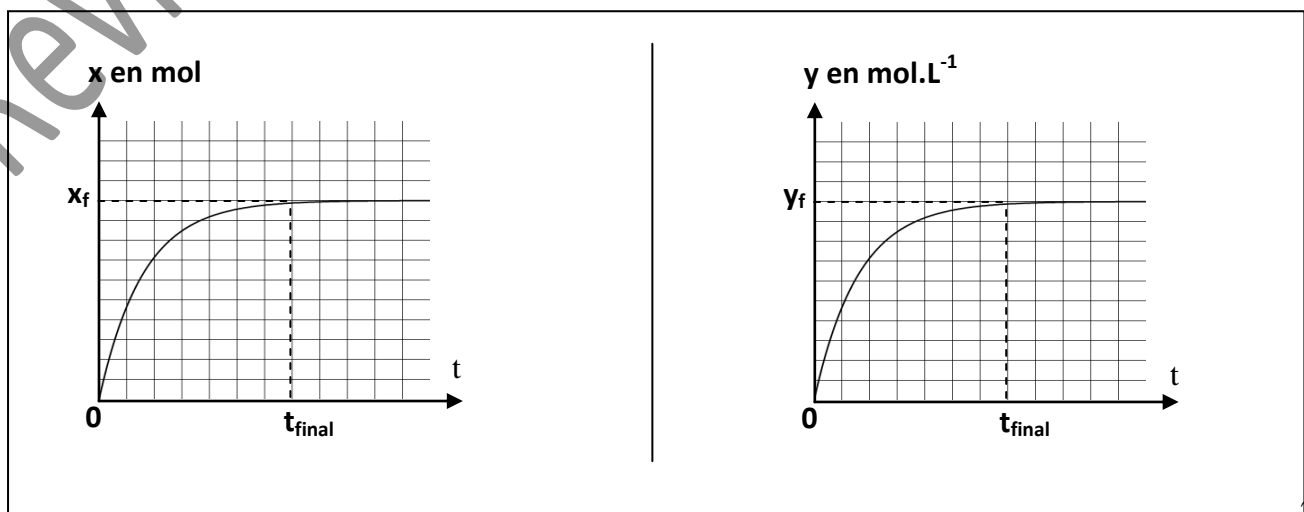
$$y = \frac{x}{V}$$

| Eq de la réaction | | a.A | + | b.B | → | c.C | + | d.D |
|-------------------|----------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|---|------------------|---|------------------|
| A t = 0 s | 0 | C ₁ | | C ₂ | | 0 | | 0 |
| A t > 0 s | y | C ₁ - a.y | | C ₂ - b.y | | c.y | | d.y |
| A t final | y _f | C ₁ - a.y _f | | C ₂ - b.y _f | | c.y _f | | d.y _f |

L'avancement maximal et le réactif limitant

Lorsqu'une réaction est considérée totale, elle ne s'arrête qu'en l'absence d'au moins un réactif : le réactif ayant totalement disparu en fin de réaction est nommé réactif limitant

courbes d'évolution



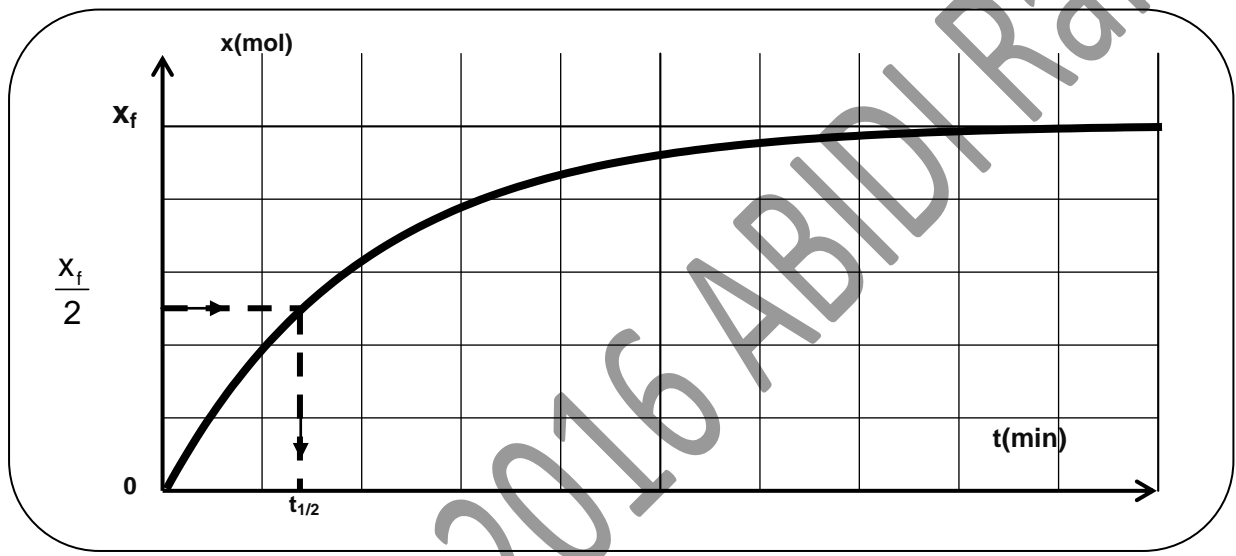
Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$

Le temps de demi-réaction, noté $t_{1/2}$, correspond au temps nécessaire pour que l'avancement x soit parvenu à la moitié de sa valeur finale.

Pour $t = t_{1/2}$ on a $x = \frac{x_f}{2}$

Le temps de demi-réaction est déterminé graphiquement. A l'aide de la courbe représentant

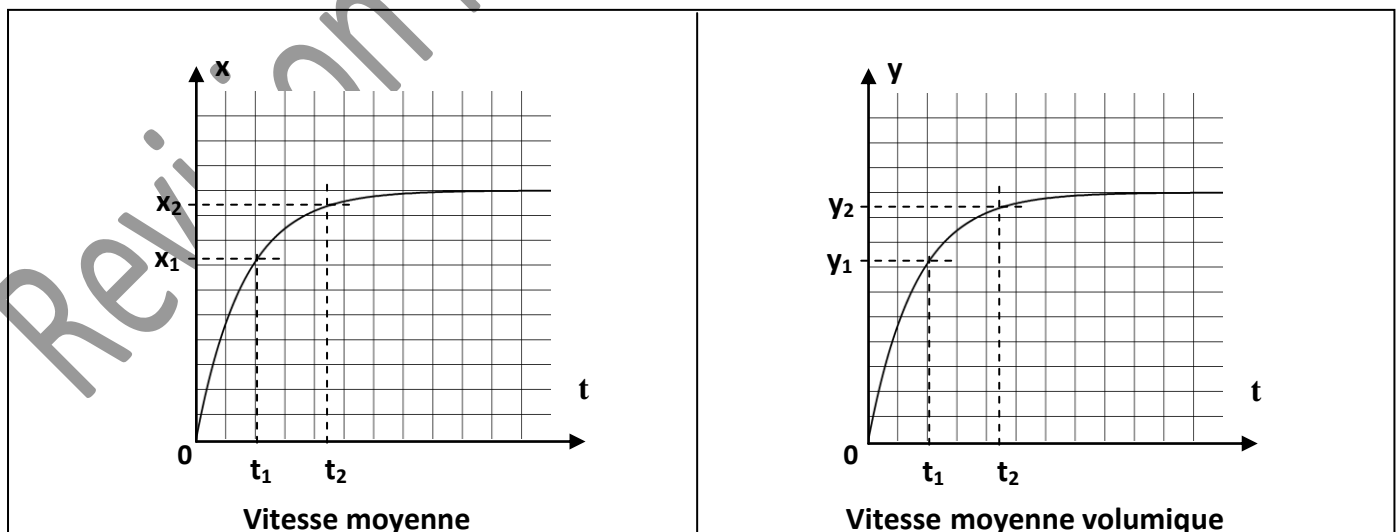
l'avancement $x=f(t)$. $t_{1/2}$ est l'abscisse du point d'ordonnée $\frac{x_f}{2}$



Vitesse d'une réaction

Vitesse moyenne d'une réaction

On cherche graphiquement la valeur de la vitesse moyenne d'une réaction chimique entre deux instants donnés t_1 et t_2



$$V_m(t_1 \rightarrow t_2) = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{mol} \cdot \text{temps}^{-1})$$

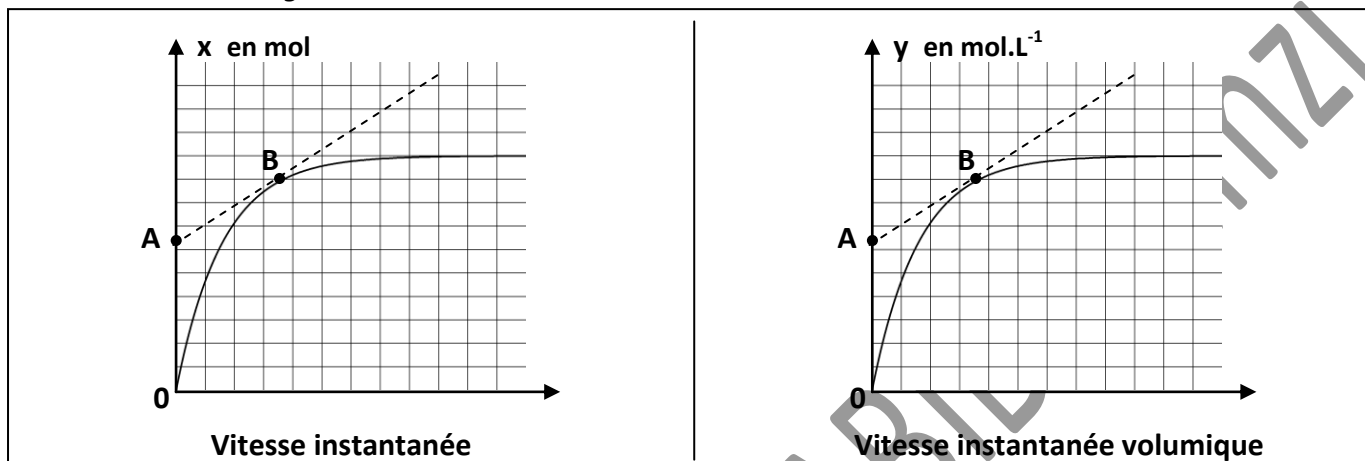
$$V_m(t_1 \rightarrow t_2) = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{y_2 - y_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{temps}^{-1})$$

Vitesse instantanée d'une réaction

La vitesse instantanée d'une réaction chimique à un instant t_1 est la dérivée par rapport au temps de son avancement.

$$v = \frac{dx}{dt}, \quad v \text{ est en mol.}(\text{unité de temps})^{-1}$$

On cherche graphiquement la valeur de la vitesse instantanée d'une réaction chimique à un instant donné
Par la méthode de la tangente .



$$V(t) = \frac{x_B - x_A}{t_B - t_A} \text{ (mol.temps}^{-1}\text{)}$$

$$V(t) = \frac{y_B - y_A}{t_B - t_A} \text{ (mol.L}^{-1}\text{.temps}^{-1}\text{)}$$

La vitesse maximale d'une réaction correspond à l'instant de date $t = 0$

Facteurs cinétiques

Un facteur cinétique est un paramètre qui modifie la vitesse d'une réaction chimique.
exemples : la température, la concentration des réactifs, présence d'un catalyseur.

La concentration des réactifs

La vitesse d'une réaction chimique augmente avec la concentration des réactifs et inversement.

La température

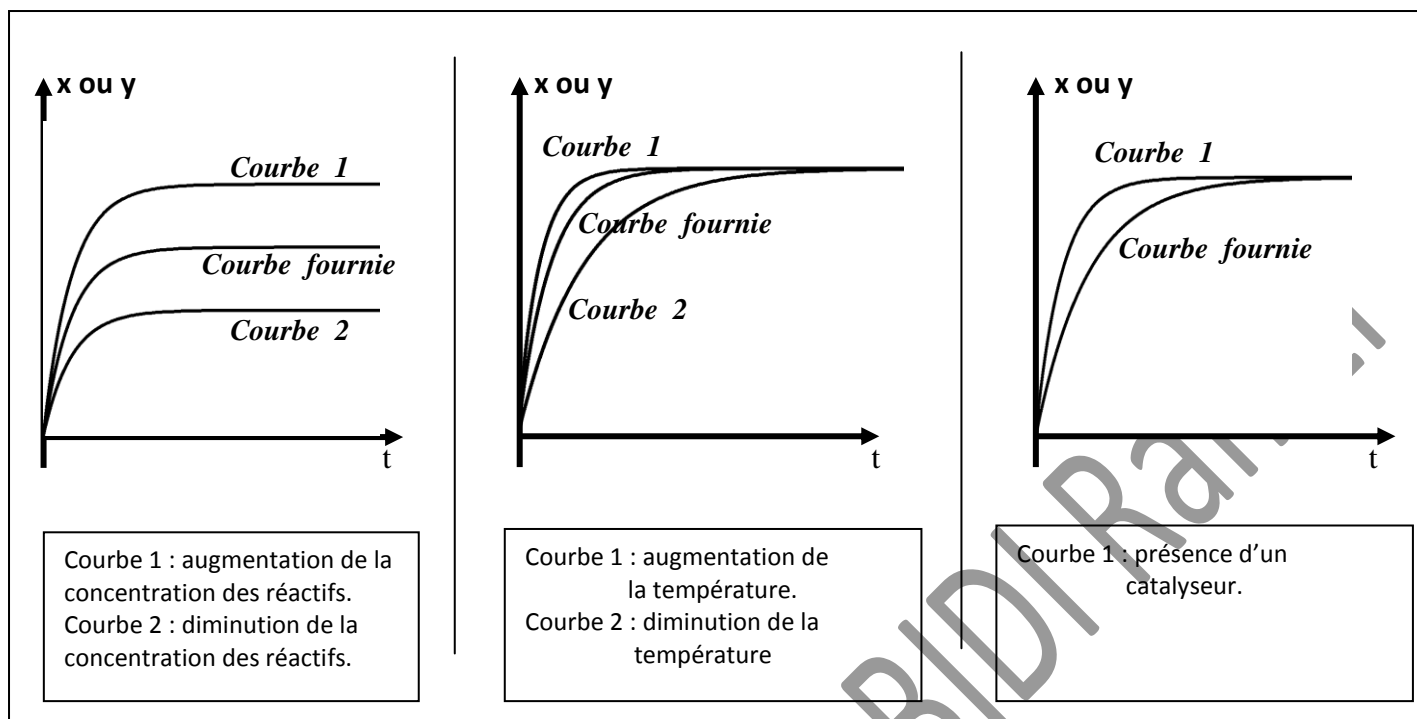
La vitesse d'une réaction chimique augmente avec la température du système chimique et inversement. Lors d'une réaction totale ou d'une réaction limitée et athermique, la variation de température ne modifie pas la composition du système chimique à la fin de la transformation.

Le catalyseur

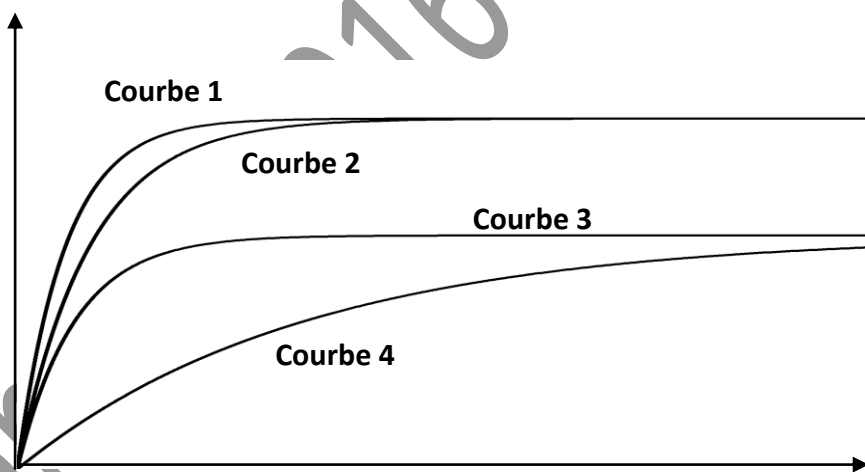
Est une entité chimique, utilisée en faible proportion, capable d'augmenter la vitesse d'une réaction possible spontanément en son absence.
La vitesse d'une réaction chimique augmente en présence d'un catalyseur approprié.
Le catalyseur ne modifie pas la composition du système chimique à la fin de la transformation

Conseil : Chaque fois qu'une question porte sur la variation de la vitesse d'une réaction chimique, il faut penser directement à l'un ou à plusieurs de ces facteurs cinétiques.

Voir les Courbes 1 et 2



Exemple :



| Passage de | facteurs cinétiques |
|--------------|---|
| De (1) à (2) | diminution de la température |
| De (4) à (3) | augmentation de la concentration des réactifs |
| De (2) à (3) | diminution de la concentration des réactifs |
| De (2) à (1) | augmentation de la température ou ajout d'un catalyseur |

Equilibre chimique

Toute réaction limitée aboutit à un état d'équilibre dynamique (ou chimique).

Un système chimique est en équilibre dynamique si, en dehors de toute intervention du milieu extérieur, les réactifs et les produits sont présents dans le système et leurs quantités de matière ne changent pas au cours du temps.



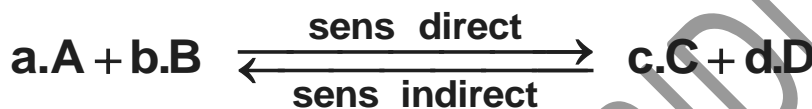
Taux d'avancement final $\tau_f = \frac{x_f}{x_{\max}}$

Une réaction est dite totale si $x_f = x_{\max}$ ou $\tau_f = 1$

Une réaction est dite limitée si $x_f < x_{\max}$ ou $\tau_f < 1$

Loi d'action de masse

Soit la réaction chimique suivante :

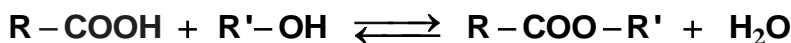
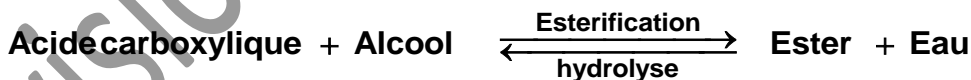


| | | |
|---|---|--|
| <p style="text-align: center;">Fonction des concentrations π</p> $\pi = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$ | <p style="text-align: center;">Constante d'équilibre K</p> $K = \left(\frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} \right)_{\text{éq}}$ | <p style="text-align: center;">Si $\pi < K$ Le sens direct est spontané</p> <p style="text-align: center;">Si $\pi = K$ équilibre dynamique</p> <p style="text-align: center;">Si $\pi > K$ Le sens indirect est spontané</p> |
|---|---|--|

La constante d'équilibre K ne dépend que de la température

Remarque : Pour la fonction usuelle des concentrations (utilisée lors de la résolution des exercices), on ne fait pas figurer les concentrations des liquides purs, des solides purs ou des solvants. Leurs concentrations seront remplacées par 1.

L'estérification est une réaction chimique entre un acide carboxylique R-COOH et un alcool R'-OH pour donner un ester R-COO-R' et de l'eau.



Rappel :

| | |
|--|---|
| Alcool C _n H _{2n+1} OH | Acide carboxylique C _n H _{2n+1} COOH |
| CH ₃ -OH : méthanol | H-COOH Acide méthanoïque |
| C ₂ H ₅ -OH : éthanol | CH ₃ -COOH Acide éthanoïque ou acide acétique |
| C ₂ H ₅ -CH ₂ -OH : propan-1-ol | C ₂ H ₅ -COOH Acide propanoïque |

Les caractères de l'estérification comme de l'hydrolyse sont :
lente, limitée et athermique.

Lois de modération

Les facteurs d'équilibre sont :

- * Concentration de l'un des constituants.
- * Température (Si la réaction n'est pas athermique)
- * La pression (Si le système chimique renferme au moins un gaz)

Effet de la variation d'une concentration à température constante sur un système chimique en équilibre

Toute augmentation (diminution) de la concentration de l'un des constituants, à température constante, d'un système chimique initialement en équilibre, favorise la réaction qui tend à diminuer (augmenter) cette concentration

Effet de la variation de température à pression constante sur un système chimique fermé en équilibre

- Une réaction athermique est une réaction au cours de laquelle la température reste constante.
- Une réaction exothermique est une réaction au cours de laquelle la température augmente.
- Une réaction endothermique est une réaction au cours de laquelle la température diminue.

Effet de la variation de température à pression constante sur un système chimique fermé en équilibre

Toute augmentation de la température, à pression constante, d'un système chimique fermé initialement en équilibre, favorise la réaction endothermique .

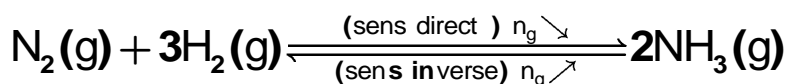
Toute diminution de la température, à pression constante, d'un système chimique fermé initialement en équilibre, favorise la réaction exothermique.

Effet de la variation de pression à température constante sur un système chimique fermé en équilibre

Toute augmentation (diminution) de la pression, à température constante, d'un système chimique fermé initialement en équilibre, favorise la réaction qui tend à diminuer (augmenter) le nombre total de moles gazeuses.

Remarque : Comment connaître la réaction qui tend à augmenter ou à diminuer le nombre de moles total de gaz ?

On va répondre par un exemple : On considère la réaction de diazote et de dihydrogène.



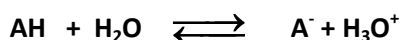
Attention : dans l'exemple précédent

Le sens direct s'appelle : synthèse.

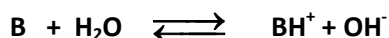
Le sens inverse s'appelle : Décomposition ou dissociation.

ACIDE - BASE

Un monoacide est une espèce chimique capable de céder un proton H^+ au cours d'une réaction chimique.



Une monobase est une espèce chimique capable de capter un proton H^+ au cours d'une réaction chimique.



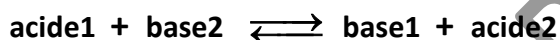
Un ampholyte (ou amphotère) est une espèce chimique qui, dans un couple, se présente comme un acide et dans un autre comme une base.

Exemple :

H_2O est un ampholyte on le trouve dans H_3O^+/H_2O comme une base et dans H_2O/OH^- comme un acide

Loi d'action de masse appliquée aux réactions acide-base :

Soient les deux couples acide-base suivant : acide1 / base1 et acide2 / base2



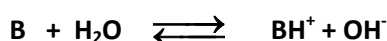
la constante d'équilibre de cette réaction est : $K = \frac{[\text{base1}] \cdot [\text{acide2}]}{[\text{base2}] \cdot [\text{acide1}]}$

Si $K > 1$: Le sens direct est spontané \Leftrightarrow (acide 1) est plus fort que (acide 2)
(base 2) est plus forte que (base 1)

Si $K = 1$: équilibre dynamique.

Si $K < 1$: Le sens indirect est spontané \Leftrightarrow (acide 2) est plus fort que (acide 1)
(base 1) est plus forte que (base 2)

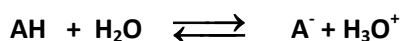
Constante De basicité K_b :



la constante d'acidité est :

$$K_b = \frac{[BH^+] \cdot [OH^-]}{[B]}$$

Constante d'acidité K_a :



la constante d'acidité est :

$$K_a = \frac{[A^-] \cdot [H_3O^+]}{[AH]}$$

Le couple acide-base ayant K_b la plus grande ou pK_b la plus petite présente la base la plus forte et l'acide le plus faible

Le couple acide-base ayant K_a la plus grande ou pK_a la plus petite présente l'acide le plus fort et la base la plus faible

$$pK_b = -\log(K_b)$$

$$K_b = 10^{-pK_b}$$

$$pK_a = -\log(K_a)$$

$$K_a = 10^{-pK_a}$$

$$K_a \cdot K_b = K_e$$

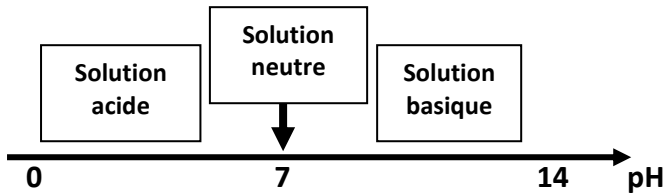
$$pK_a + pK_b = pK_e$$

pH d'une solution aqueuse

La formule de pH est applicable uniquement pour les solutions de concentration molaire $10^{-6} \text{ mol.L}^{-1} \leq C \leq 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$$



- milieu acide : $[\text{OH}^-]$ est négligeable devant $[\text{H}_3\text{O}^+]$
- milieu basique : $[\text{H}_3\text{O}^+]$ est négligeable devant $[\text{OH}^-]$
- milieu neutre : $[\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$

pH d'une solution aqueuse d'acide FORT
 $\text{pH} = -\log C_A$

pH d'une solution aqueuse de base FORTE
 $\text{pH} = \text{pKe} + \log C_B$

pH d'une solution aqueuse d'acide FAIBLE
 $\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{pKa} - \log C_A)$

pH d'une solution aqueuse de base FAIBLE
 $\text{pH} = \frac{1}{2} (\text{pKa} + \text{pKe} + \log C_B)$

On peut appliquer ces deux formules directement

On peut appliquer ces deux formules directement si l'acide ou la base est faiblement ionisé
 $\tau_f < 0,05$

le tableau d'avancement : il n'y a pas d'état intermédiaire car l'équilibre chimique s'établit instantanément.

| Eq de la réaction | | AH | + | H ₂ O | | A ⁻ | + | H ₃ O ⁺ |
|-------------------|----------------|---------------------------------|---|------------------|--|----------------|---|-------------------------------|
| A t = 0 s | 0 | C _A | | excès | | 0 | | $10^{-\text{pKe}/2}$ |
| A t final | y _f | C _A - y _f | | excès | | y _f | | $10^{-\text{pKe}/2} + y_f$ |

$$10^{-\text{pH}}$$

| Eq de la réaction | | B | + | H ₂ O | | BH ⁺ | + | OH ⁻ |
|-------------------|----------------|---------------------------------|---|------------------|--|-----------------|---|----------------------------|
| A t = 0 s | 0 | C _B | | excès | | 0 | | $10^{-\text{pKe}/2}$ |
| A t final | y _f | C _B - y _f | | excès | | y _f | | $10^{-\text{pKe}/2} + y_f$ |

$$10^{\text{pH}-\text{pKe}}$$

| Solution aqueuse | Acide fort | Base forte | Acide faible | Base faible |
|-------------------------|--|--|--|---|
| pH | $-\log C_A$ on peut appliquer cette formule directement | $pK_e + \log C_B$ on peut appliquer cette formule directement | $\frac{1}{2} (pK_a - \log C_A)$ Bac Sc et Maths | $\frac{1}{2} (pK_a + pK_e + \log C_B)$ Bac Sc et Maths |
| Dissociation dans l'eau | totale | totale | faible | faible |
| | $[H_3O^+] = C_A$ | $[OH^-] = C_B$ | $[H_3O^+] < C_A$ | $[OH^-] < C_B$ |

Dilution des solutions acides et basiques

Avant la dilution Après la dilution

dilution
n fois

| | | |
|-----------------------|-----|---------------------------------|
| Volume | V | $V' = n.V = V + V_{\text{eau}}$ |
| Concentration molaire | C | $C' = \frac{C}{n}$ |
| pH | pH | pH' |

Au cours de la dilution la quantité de matière ne change pas

$$C.V = C'.V'$$

Le taux d'avancement final le plus grand correspond à la solution (acide ou basique) la plus forte

Pour des solutions aqueuses de même concentration molaire, le pH le plus proche de 7 correspond à la solution la plus faible.

une solution aqueuse acide ou basique est dite faiblement ionisée si $\tau_f < 0,05$

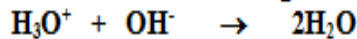
Dosage Acide – Base

Dosage Acide fort – Base forte

- Faible variation de pH avant et après l'équivalence.
- Saut brusque de pH au voisinage du point d'équivalence.
- La courbe admet un point d'inflexion, c'est le point d'équivalence E

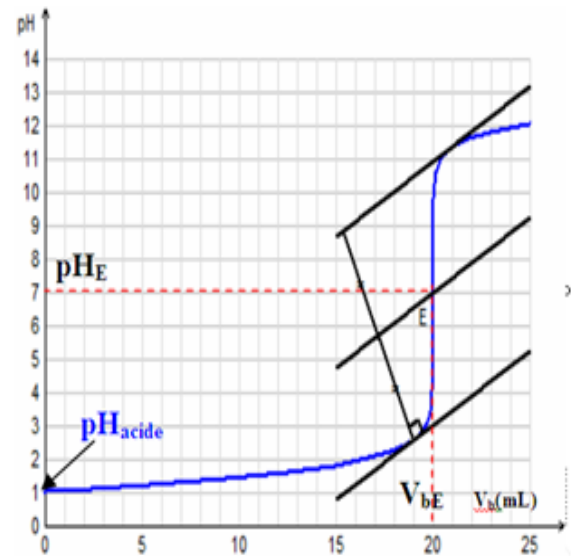
- $\text{pH}_E = 7$ la solution est neutre à l'équivalence

- Equation de la réaction du dosage



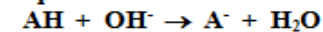
Cette réaction est totale car :

$$K = \frac{1}{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]} = 10^{14} \quad \text{à } 25^\circ\text{C} \text{ donc } K \gg 10^4$$



Dosage Acide faible – Base forte

- Faible variation de pH avant et après l'équivalence.
- Saut brusque de pH au voisinage du point d'équivalence.
- La courbe admet deux points d'inflexion, le point d'équivalence E et le point de demi-équivalence $E_{1/2}$.
- $\text{pH}_E > 7$ la solution est basique à l'équivalence.
- Equation de la réaction du dosage

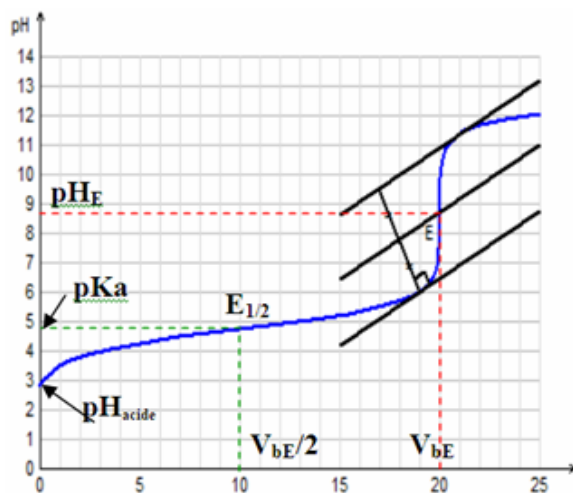


Cette réaction est totale car :

$$K = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}][\text{OH}^-]} = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}][\text{OH}^-]} \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{K_a}{K_e}$$

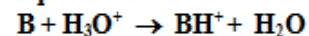
$$= 10^{\text{p}K_e - \text{p}K_a} = 1,57 \cdot 10^9 \quad \text{donc } K \gg 10^4$$

(dans notre cas le $\text{p}K_a = 4,8$.)



Dosage Acide fort – Base faible

- Faible variation de pH avant et après l'équivalence.
- Chute brusque de pH au voisinage du point d'équivalence.
- La courbe admet deux points d'inflexion, le point d'équivalence E et le point de demi-équivalence $E_{1/2}$.
- $\text{pH}_E < 7$ la solution est acide à l'équivalence
- Equation de la réaction du dosage

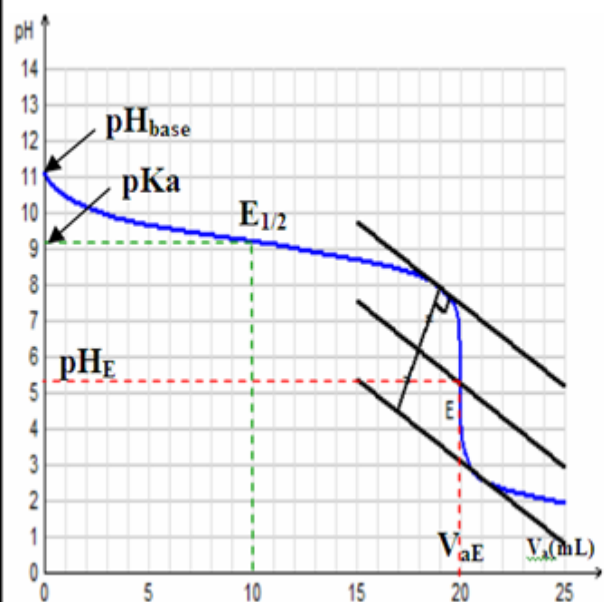


Cette réaction est totale car :

$$K = \frac{[\text{BH}^+]}{[\text{B}][\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{[\text{BH}^+]}{[\text{B}][\text{H}_3\text{O}^+]} \frac{[\text{H}_2\text{O}]}{K_a} = 10^{\text{p}K_a}$$

$$= 1,57 \cdot 10^9 \quad \text{donc } K \gg 10^4$$

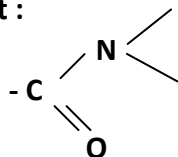
(dans notre cas le $\text{p}K_a = 9,2$.)



Les amides aliphatiques

1°) Les amides aliphatiques :

Un amide est un composé organique oxygéné et azoté dont la molécule renferme le groupement fonctionnel suivant :



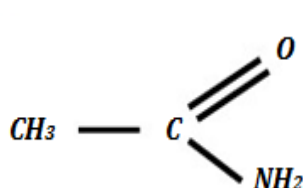
La formule générale d'un amide aliphatique saturé est : $C_nH_{2n+1}ON$, c'est-à-dire que sa masse molaire est :

$$M = 14n + 31$$

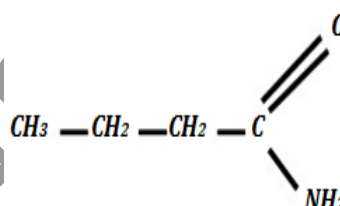
2°) Les types d'amides

| Amides N-non substitués | Amides N-monosubstitués | Amides N,N-disubstitués |
|---|--|---|
| $\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{N} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{N} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} \quad \text{R} \neq \text{H}$ | $\begin{array}{c} \diagup \quad \diagdown \\ \text{N} \quad \text{R} \neq \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} \quad \text{R}' \neq \text{H}$ |

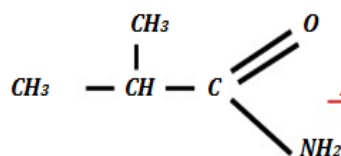
3°) Nomenclature des amides aliphatiques :



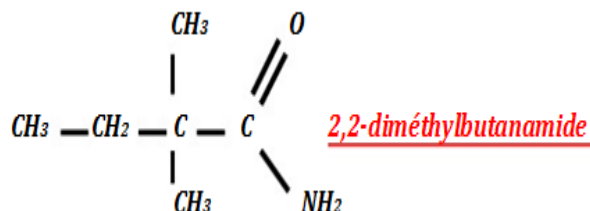
Ethanamide



Butanamide



2-méthylpropanamide



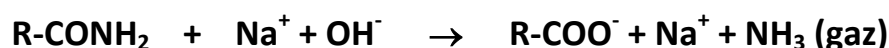
2,2-diméthylbutanamide

Hydrolyse des amides

L'hydrolyse d'un amide peut être réalisée soit en milieu basique ou en milieu acide .

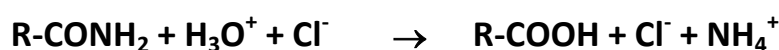
1°) Hydrolyse d'un amide en milieu basique

- L'hydrolyse d'un amide non substitué en milieu basique conduit à la formation du sel d'acide correspondant et dégage de l'ammoniac .



2°) Hydrolyse d'un amide en milieu acide

- L'hydrolyse d'un amide non substitué en milieu acide conduit à la formation d'un acide carboxylique et un sel d'ammonium .

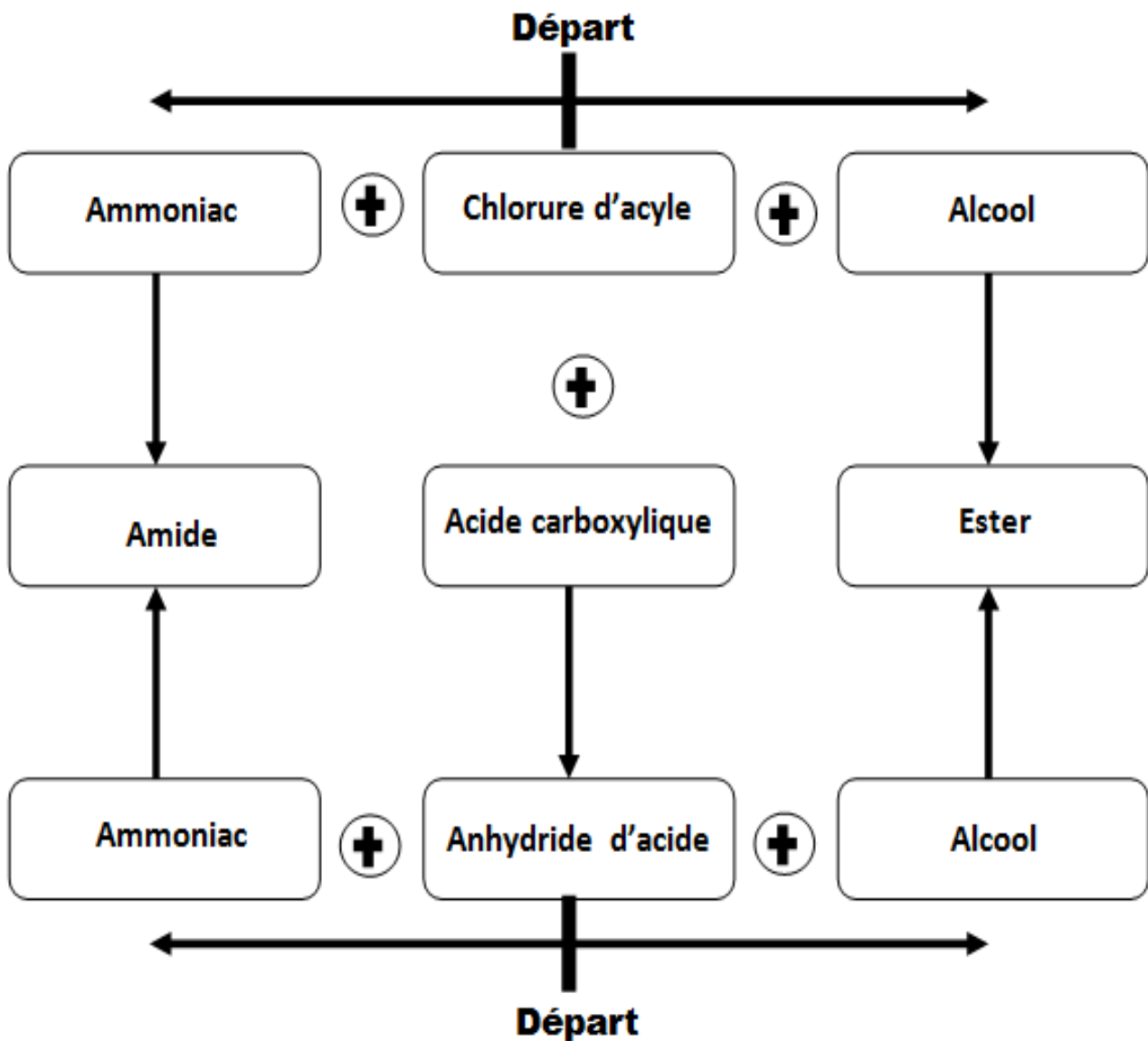


Passage entre les dérivés des acides carboxyliques

Dérivé d'un acide carboxylique :

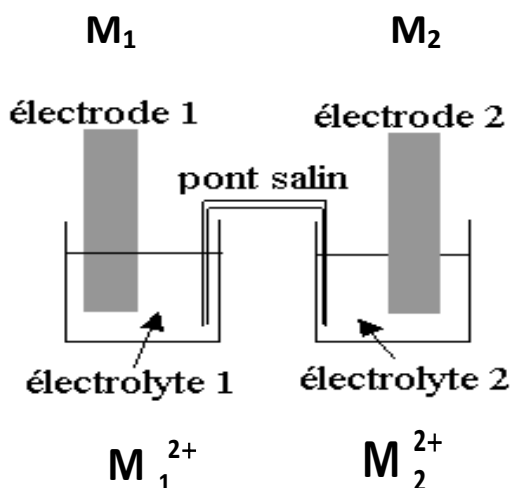
| | | | | |
|-------------------------|---|---|--|---|
| Formule générale | $R-C \begin{array}{l} \diagup OR \\ \parallel \\ O \end{array}$ | $R-C \begin{array}{l} \diagup Cl \\ \parallel \\ O \end{array}$ | $R-C \begin{array}{l} \diagup COOR' \\ \parallel \\ O \end{array}$ | $R-C \begin{array}{l} \diagup NR'R'' \\ \parallel \\ O \end{array}$ |
| Famille | ester | Chlorure d'acyle | Anhydride d'acide | Amide |

Passage entre les dérivés des acides carboxyliques



piles électrochimiques

schéma général



Le pont salin assure

- la fermeture du circuit électrique.
- la neutralité électrique des solutions.

| | |
|--|---|
| Symbole de la pile | $M_1 M_1^{2+} M_2^{2+} M_2$ |
| Equation chimique associée à la pile | $M_1 + M_2^{2+} \xrightleftharpoons[\text{indirect}]{\text{direct}} M_1^{2+} + M_2$ |
| La fonction des concentrations π | $\pi = \frac{[M_1^{2+}]}{[M_2^{2+}]}$ |
| La force électromotrice (f.é.m) de la pile E | $E = V_{\text{droite}} - V_{\text{gauche}} = V_{M_2} - V_{M_1}$ |

Sens d'évolution spontanée

f.é.m de la pile : $E = V_{\text{droite}} - V_{\text{gauche}}$

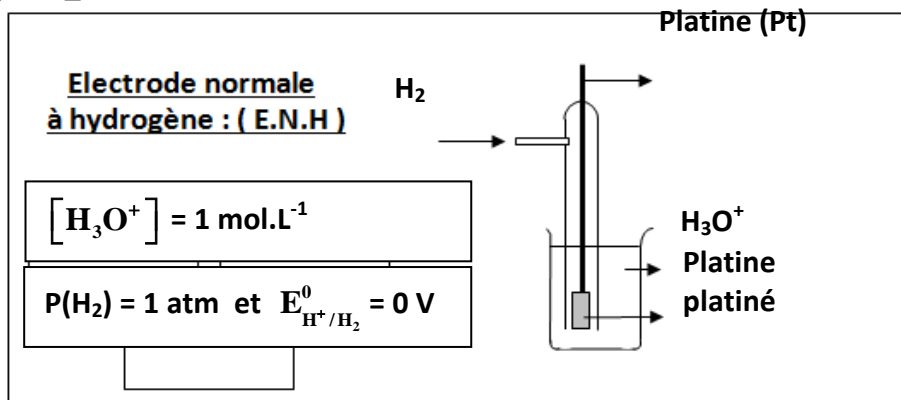
Si $E > 0$: Le sens direct est spontané
 Si $E < 0$: Le sens indirect est spontané
 Si $E = 0$ V : équilibre dynamique
 Pile épuisée

La f.é.m de la pile

$E = E^0 - \frac{0,06}{n} \log(\pi)$

La constante d'équilibre

$K = 10^{\frac{nE^0}{0,06}}$



Le couple Ox/red qui possède $E_{ox/red}^0$ la plus grande présente l'entité la plus oxydante et l'entité la moins réductrice