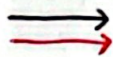
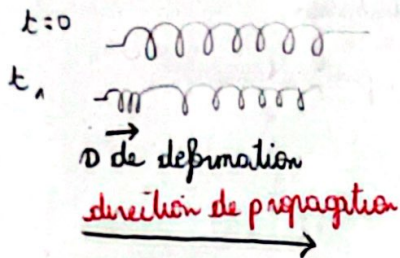
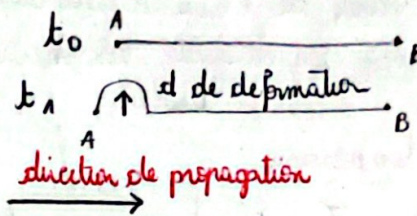


Type d'onde mécanique



⇒ onde mécanique progressive
longitudinale



⇒ onde mécanique progressive
transversale

- $[20\text{Hz} - 20\text{kHz}]$ son audible par l'homme (onde sonore)
- $f > 20\text{kHz}$ son inaudible par l'homme (onde ultrasonore)

* Vitesse

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

$\begin{matrix} \nearrow m \\ \nwarrow s \end{matrix}$

* Comparaison des vitesses

$$v_{\text{solide}} > v_{\text{liquide}} > v_{\text{gaz}}$$

$$v_{\text{air}} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_{\text{eau}} = 1500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_{\text{acier}} = 5940 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

* Vitesse pour une corde.

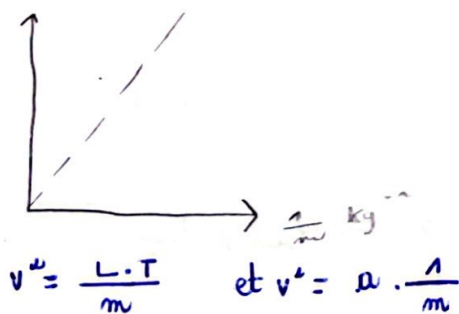
$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$\leftarrow \begin{matrix} \text{tension de la corde } N \\ \nwarrow \text{ masse linéique } \text{kg} \cdot \text{m}^{-1} = \frac{m}{L} \end{matrix}$

Rq: - si $T \uparrow$ ou $L \uparrow \Rightarrow v \uparrow$ car T, L, v sont directement proportionnelle.

- si $m \uparrow \Rightarrow v \downarrow$ (inversement proportionnel)

$v^2 (\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$



$$L.T \cdot \frac{1}{m} = a \cdot \frac{1}{m} \Rightarrow a = L.T$$

$$v = \sqrt{gh} \quad h: \text{profondeur de l'eau}$$

Facteurs influençant la vitesse de propagation

L'onde La célérité de l'onde est indépendante de la forme de perturbation elle dépend de : son élasticité, son inertie (masse), température, profondeur.
milieu

Le retard temporel

$$\Delta t = \tau = t'_H - t_H \quad \text{ou} \quad \tau = \frac{HH'}{v}$$

Élongation d'un point:

$$y_{H'}(t') = y_H(t - \tau) \quad \text{ou} \quad y_H(t) = y_{H'}(t + \tau)$$

$y_{H'}(t')$ élongation p.t. H' à t'

Définitions :

L'onde mécanique : c'est un phénomène de propagation d'une perturbation et on dans un milieu matériel sans transport de la matière qui forme le milieu mais avec transport d'énergie

L'onde mécanique progressive : est une succession continue des signaux mécaniques résultant d'une perturbation entretenue et continue de la source d'onde

L'onde transversale : est celle dont la D de perturbation ^{du milieu} est perpendiculaire à la D. de propagation

L'onde longitudinale : est parallèle

Le son est une onde longitudinale se propage dans les milieux matériels et ne se propage pas dans le vide, et il se propage grâce à la dilatation et la compression du milieu de propagation

Propriétés d'une onde mécanique.

+ une onde se propage dans toutes les directions qui lui sont offertes

- onde unidimensionnelle
- onde bidimensionnelle
- onde tridimensionnelle

+ Lorsque deux ondes mécaniques se croisent, elles se superposent et continuent à se propager après leur rencontre sans se perturber (m vitesse, faible perturbation)

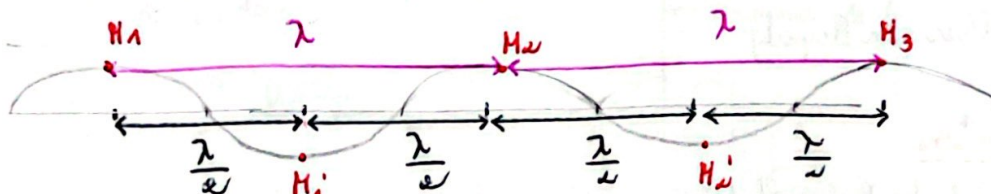
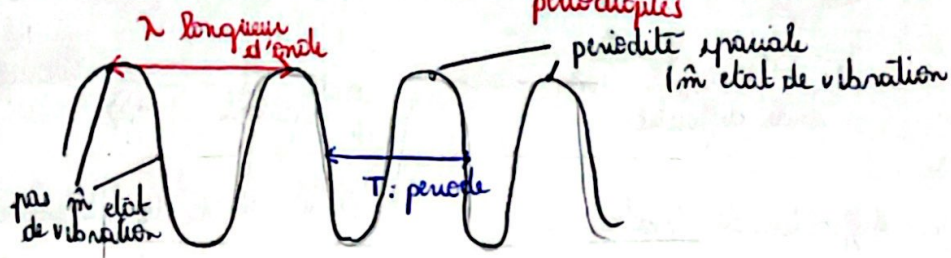
La loi de chute libre $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$

La célérité de l'onde ne dépend pas de la hauteur de la chute libre mais l'amplitude de l'onde peut dépendre de la h

Inertie du huile est plus faible que celle de l'eau $\Rightarrow v_{\text{huile}} > v_{\text{eau}}$
 $e \leq$ Faible

Energie cinétique initiale $E_c = m g h = e \cdot v \cdot g h = e \cdot \frac{g}{4\pi R^3} \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot g h$
Energie initiale $E = E_c$

Les ondes mécaniques progressives



$$H_1 H_2 = K \lambda \quad (vibration \text{ en phase}) \\ K \in \mathbb{N}^*$$

$$H_1' H_2' = (2K+1) \frac{\lambda}{2} ; K \in \mathbb{N} \\ \text{vibration en opposition de phase}$$

$$\lambda = v \cdot T$$

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

$$v = \lambda \cdot f$$

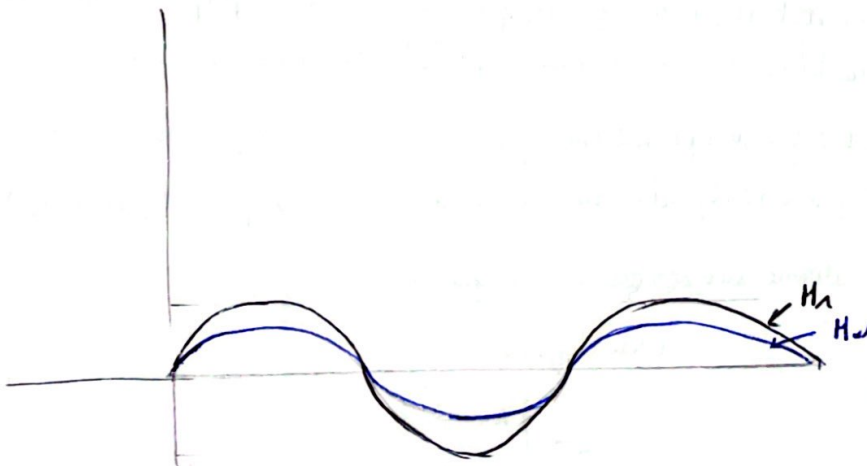
$$v = N = f = \frac{1}{T}$$

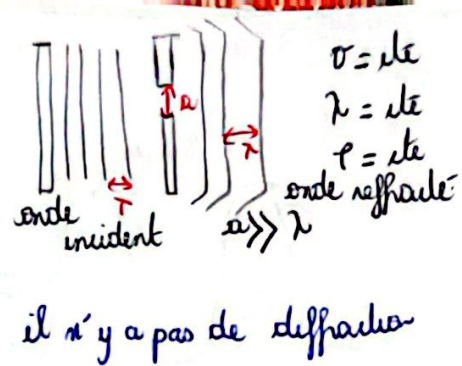
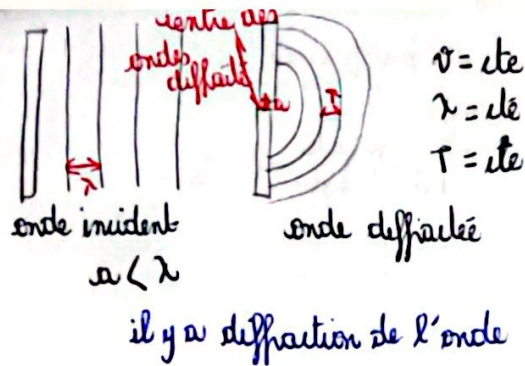
La fréquence d'une onde ne change pas lorsqu'elle change de milieu.
 f est une caractéristique de l'onde.

Stroboscope

$N > N_e$: il paraît que l'onde se propage au sens opposé.

$N < N_e$: il , , , rapidement au ~~to~~ sens ~~inverse~~ correcte.





Milieu dispersif : si N change $\Rightarrow$ la vitesse change.

Non dispersif : si N change $\Rightarrow v$ ne change pas

Rmq : l'air non dispersif

Les définitions :

une période temporelle (période T) : c'est la petite durée au bout de laquelle la perturbation se reproduit identique à elle-même.

une période spatiale (longueur d'onde) : c'est la petite distance séparant 2 points successifs ayant le m^{ême} état de vibration (ou la distance parcourue par l'onde pendant une période)

Une onde progressive périodique : si l'évolution temporelle de chaque point du milieu de propagation est périodique

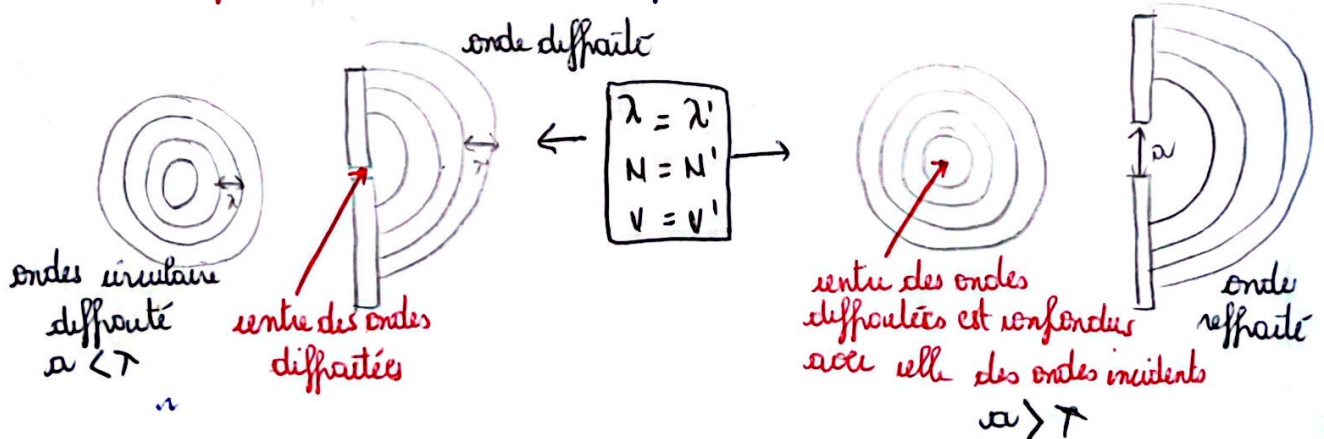
une onde mécanique périodique univariante : si l'évolution temporelle de la source peut être associée à une fct univariante

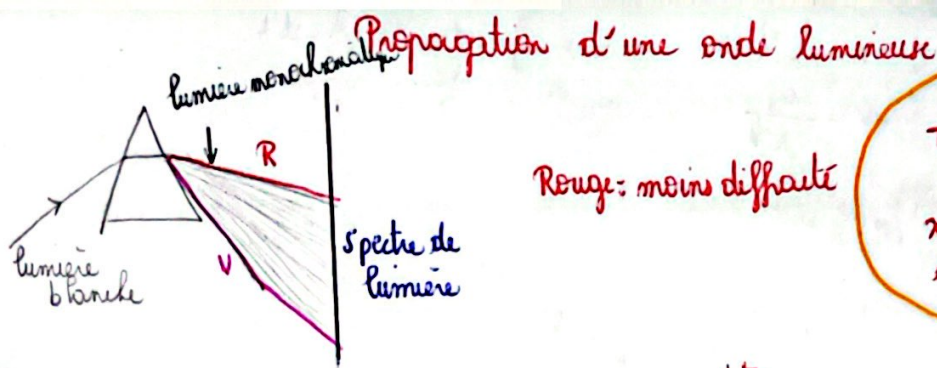
Les ondes sonores : sont des ondes mécaniques longitudinales résultant de la compression et la dilatation des constituants du milieu de propagation

Les ondes ultrasonores : sont des ondes mécaniques sonores dont la fréquence est supérieure à 20 KHz, ils sont inaudibles et ils se réfléchissent partiellement par un obstacle.

La diffraction de l'onde : lorsque une onde progressive univariante rencontre un obstacle avec ouverture de largeur a , une modification de la structure d'onde se produit si $a < \lambda$.

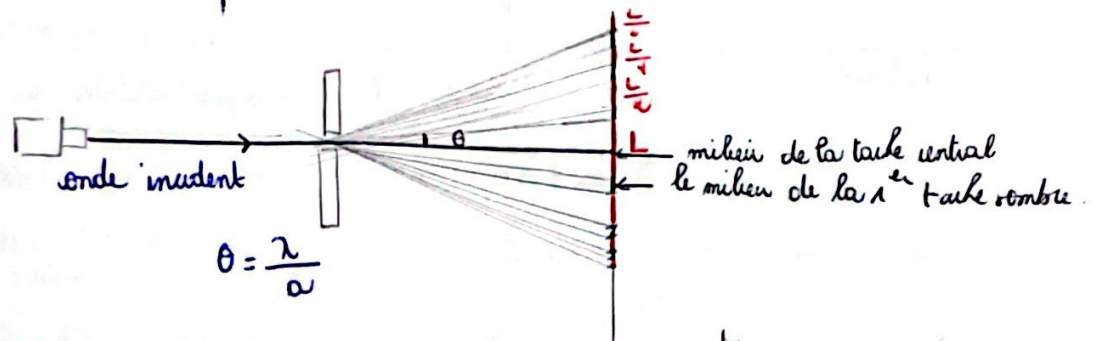
L'œil : donne sur son écran des signaux





Rouge: moins diffracté

T ne dépend pas de milieu de propagation
 λ dépend du milieu de propagation

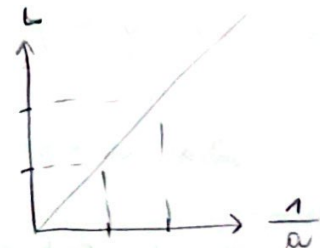


$$\theta = \frac{\lambda}{a}$$

$$\tan \theta \approx \theta \quad (\theta \text{ petite})$$

$$\theta = \tan \theta = \frac{L}{a} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{\lambda}{a} = \frac{L}{a} \\ \theta = \frac{\lambda}{a} \end{array} \right.$$

Ex :



θ : demi angle qui délimite le centre de la tache centrale jusqu'au centre du 1^{er} tache sombre.

$$L = K \cdot \frac{1}{a} \quad \text{et} \quad L = \frac{2D\lambda}{a}$$

$$\text{alors } K = 2D\lambda$$

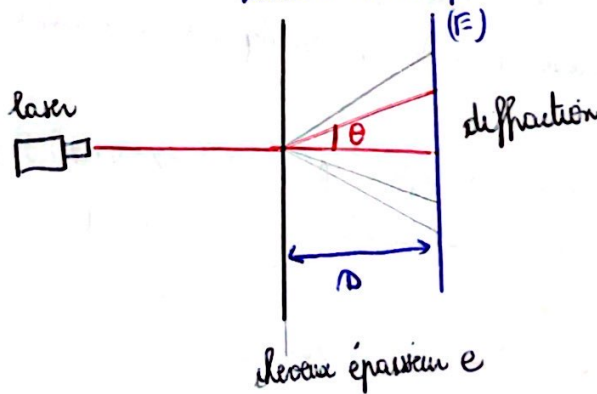
$$K = \frac{L_2 - L_1}{\frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1}}$$

Les conditions de diffraction :

$$a < \lambda$$

$$\text{et } 10\lambda \leq a < 100\lambda$$

Rmq : Lumière est composée de deux champs : électrique et magnétique



$$\frac{\lambda}{e} = \frac{2D}{a}$$

$$e = \frac{2\lambda D}{L}$$

rouge : grande longueur d'onde + moins réfracté

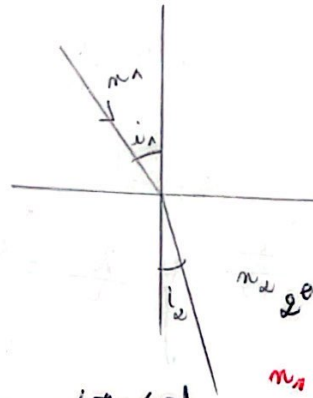
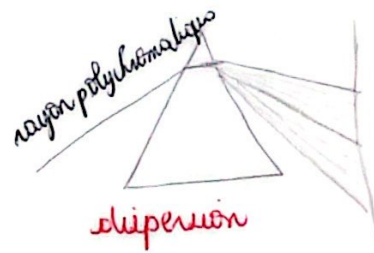
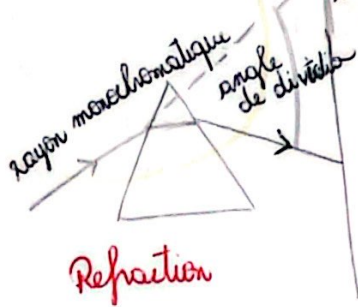
$$x \cdot m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Rmq : la diffraction est très importante si a est très petit ou λ est très grande

$$n = \frac{c}{v} ; v = \lambda \nu$$

$$n = \frac{c}{\lambda \nu}$$

n dépend de λ et ν
ou $n = \frac{\lambda_0}{\lambda}$



juste

$n_e = n$: tâche paraît immobile

$n_e > n$: tâche lente dans le B sens inverse ($T_e < T$)

$n_e < n$: tâche lente ... le m sens. $\times$ ($T_e > T$)

$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

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

La lumière a un aspect ondulatoire (se propage sous forme d'onde)

La lumière est une onde électromagnétique se propage dans les milieux transparents matériels et non matériels. Elle a une double périodicité:

Périodicité temporelle : caractérisée par la période T ou la fréquence ν $T = 1/\nu$

elle ne dépend pas de la nature de milieu de propagation

Périodicité spatiale caractérisée par λ , elle dépend de la nature de milieu de propagation

Lumière monochromatique : chaque onde qui ne se disperse pas après avoir traversé un prisme
c'est une onde ~~monochromatique~~ progressive sinusoidale qui se caractérise par une longueur λ et fréquence ν

Matériel

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu$$

Vide

$$c = \frac{\lambda_0}{T} = \lambda_0 \cdot \nu$$

Le prisme est un milieu dispersif

Energie d'un photon

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$P' = \frac{P_{\text{domeur}}}{S}$$

S : surface

Physique nucléaire

Loi de décroissance radioactive

$\rho = 2,3 \times 10^{14} \text{ g/cm}^3$: donc la matière nucléaire est très dense.

Le diagramme de Segré : montre l'emplacement des noyaux stables et noyaux radioactifs instable, chaque noyau est représenté par un petit croix avec d'abscisse Z et ordonnée N .

La vallée de stabilité comprend les noyaux stables.

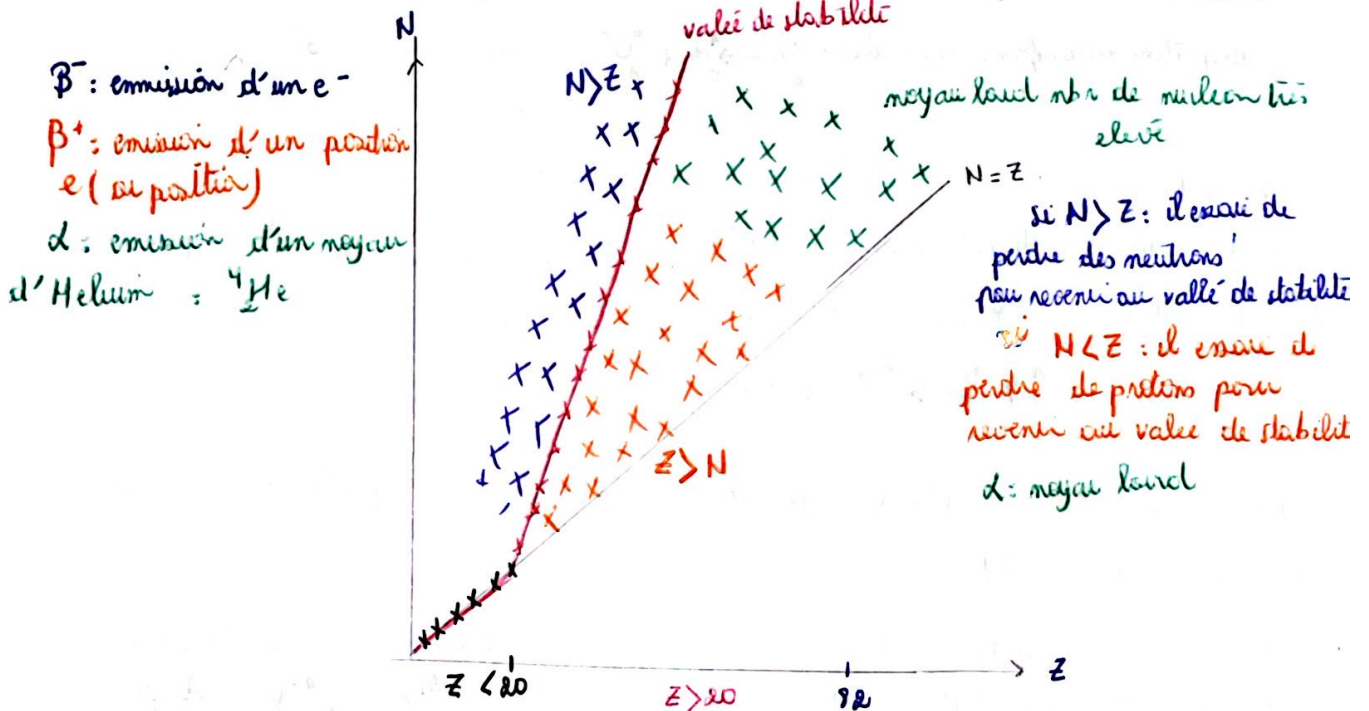
Les noyaux stables : $Z < 20$ on a $Z = N$ $A = 2Z \Leftrightarrow \frac{A}{Z} = 2$.

β^- : Les noyaux lourds, $Z > 20$ on a $N > Z$ $\frac{A}{Z} > 2$ cette zone au dessus de vallée

de stabilité, les noyaux ont un excès de neutrons, ils doivent perdre un ou plusieurs neutrons et revenir à la zone de stabilité.

β^+ : pour $Z > N$ il essaye de perdre des protons pour revenir au vallée de stabilité, ils sont au dessous de vallée de stabilité

α : Les noyaux lourds instable : $A > 200$; $Z > 82$ ils doivent perdre des protons et des neutrons

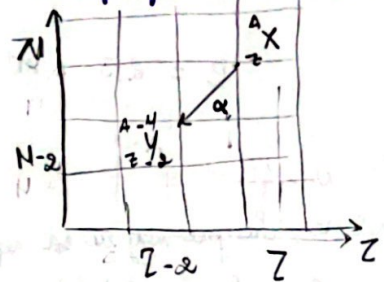
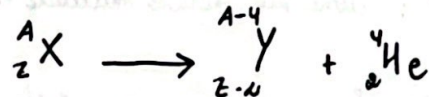


Pour $Z < 20$: la vallée de stabilité se situe au voisinage du 1^{er} médiateur $Z = N$.

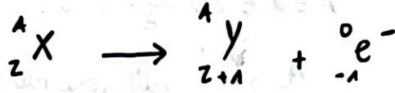
à d les nucléides stables possèdent $N = Z$

pour $Z > 20$: La vallée de stabilité se déplace au dessus de 1^{er} médiateur ($Z = N$) donc la stabilité de noyau n'est assurée que s'il contient $N > Z$.

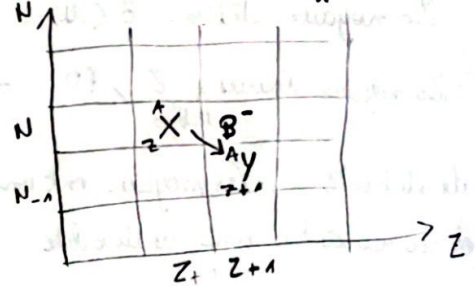
Radioactivité α : désintégration naturelle spontanée correspond aux noyaux lourds $A > 200$ un noyau père ${}^A_Z X$ se transforme en un noyau fils ${}^{A-4}_{Z-2} Y$ accompagné de l'émission d'Helium ${}^4_2 \text{He}$.



Radioactivité β^- : noyau père ${}^A_Z X$ se transforme en ${}^A_{Z+1} Y$ avec émission de ${}^0_{-1} e^-$.

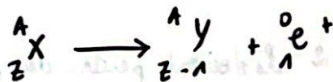


un neutron se transforme en proton

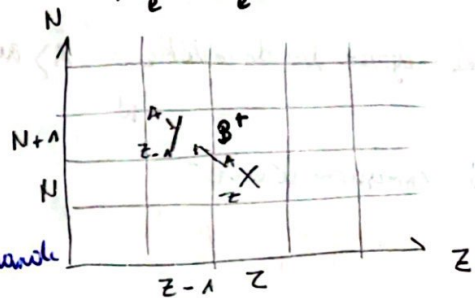


Radioactivité β^+ : (généralement) noyau radioactifs

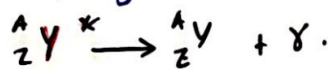
instable) noyau père ${}^A_Z X$ se transforme en fils ${}^A_{Z-1} Y$ avec émission de e^+ (positron)



un proton se transforme en neutron ${}_1^1 p \longrightarrow {}_0^1 n + {}^0_{+1} e^+$

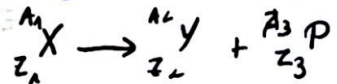


Le rayonnement γ : ondes électromagnétique de très grande énergie, lors des désintégrations β^- et β^+ et α , le noyau fils est généralement produit dans un état excité. Le noyau libère des rayonnements γ .



un noyau radioactif: est noyau instable qui se désintègre spontanément en émettant une particule (α ; β ; γ)

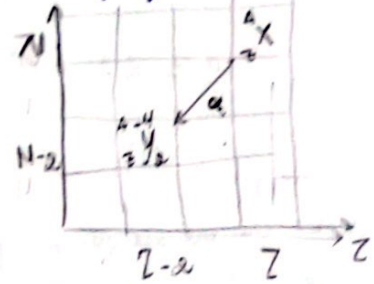
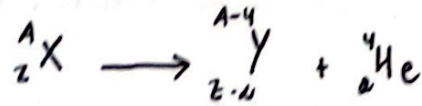
La radioactivité est une désintégration naturelle spontanée d'un noyau radioactif en un noyau fils plus stable avec émission d'une particule.



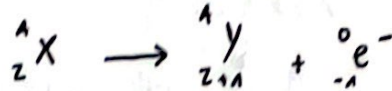
Propriété de la radioactivité: aléatoire, spontanée, inévitable, ne dépend pas des facteurs extérieurs, ne dépend pas des liaisons chimiques.

Loi de conservation de l'énergie: il y a conservation du nombre de charge Z et nombre de nucléons

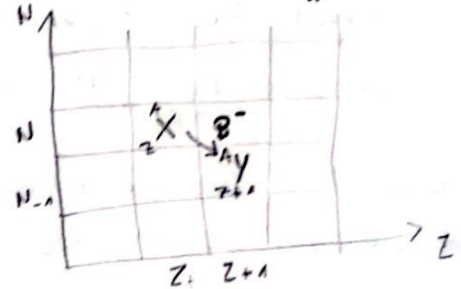
Radioactivité α : désintégration naturelle spontanée correspond aux noyaux lourds $A > 200$
un noyau père ${}^A_Z X$ se transforme en un noyau fils ${}^{A-4}_{Z-2} Y$ accompagné de l'émission
d'Helium ${}^4_2 \text{He}$.



Radioactivité β^- : noyau père ${}^A_Z X$ se transforme en ${}^A_{Z+1} Y$ avec émission de ${}^0_{-1} e^-$

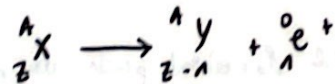


un neutron se transforme en proton

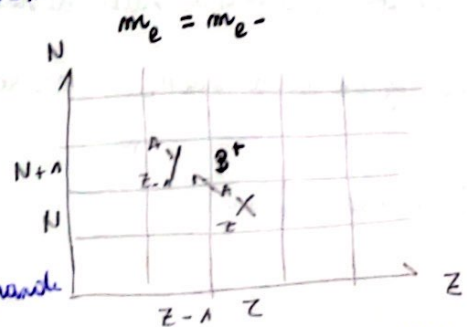


Radioactivité β^+ : (généralement) noyau radioactifs

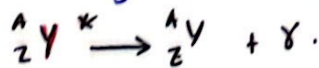
aléatoire) noyau père ${}^A_Z X$ se transforme en fils ${}^A_{Z-1} Y$ avec émission de e^+ (positron)



un proton se transforme en neutron ${}_1^1 p \longrightarrow {}_0^1 n + {}^0_{+1} e^+$

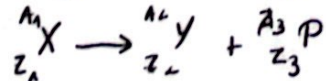


Le rayonnement γ : ondes électromagnétique de très grande énergie, lors des désintégrations β^- et β^+ et α , le noyau fils est généralement produit dans un état excité. Le noyau libère des rayonnement γ .



un noyau radioactif: est noyau instable qui se désintègre spontanément en émettant une particule (α ; β ; γ)

La radioactivité est une désintégration naturelle spontanée d'un noyau radioactif en un noyau fils plus stable avec émission d'une particule.



Propriété de la radioactivité: aléatoire, spontanée, inévitable, ne dépend pas des facteurs extérieurs, ne dépend pas les liaisons chimiques.

Loi de conservation de Seely: il y a conservation du nombre de charge Z et nombre de nucléons

La loi de décroissance radioactive :

$$\frac{dN(t)}{N(t)} = -\lambda dt$$

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

$\uparrow$ nbv de noyau à t $\uparrow$ nbv de noyau à t=0

λ : constant radioactive : s^{-1} .

La constante de temps : τ la durée au cours de laquelle 63% de N_0 sont désintégrés.

$$\tau = \frac{1}{\lambda} s^{-1}$$

Les pourcentages :

$$N'(t) = N_0 - N_t \Leftrightarrow N_0 = N'(t) + N(t)$$

$$N'(t) = N_0 - N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

. % des noyaux qui ne desintègrent à l'instant

$$\frac{N'(t)}{N_0} = \frac{N_0(1 - e^{-\lambda t})}{N_0}$$

$$\% = 1 - e^{-\lambda t}$$

. % des noyaux restants à t.

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

$$\% = e^{-\lambda t}$$

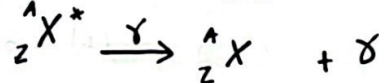
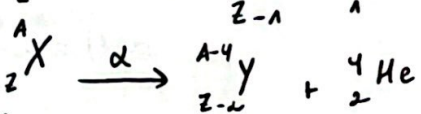
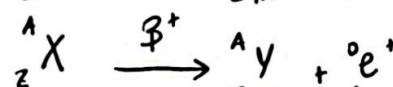
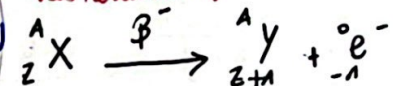
$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$N(\tau) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot \frac{1}{\lambda}}$$

$$N(\tau) = N_0 \cdot e^{-1}$$

$$N(\tau) = 0,37 N_0$$

Les relations :



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

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

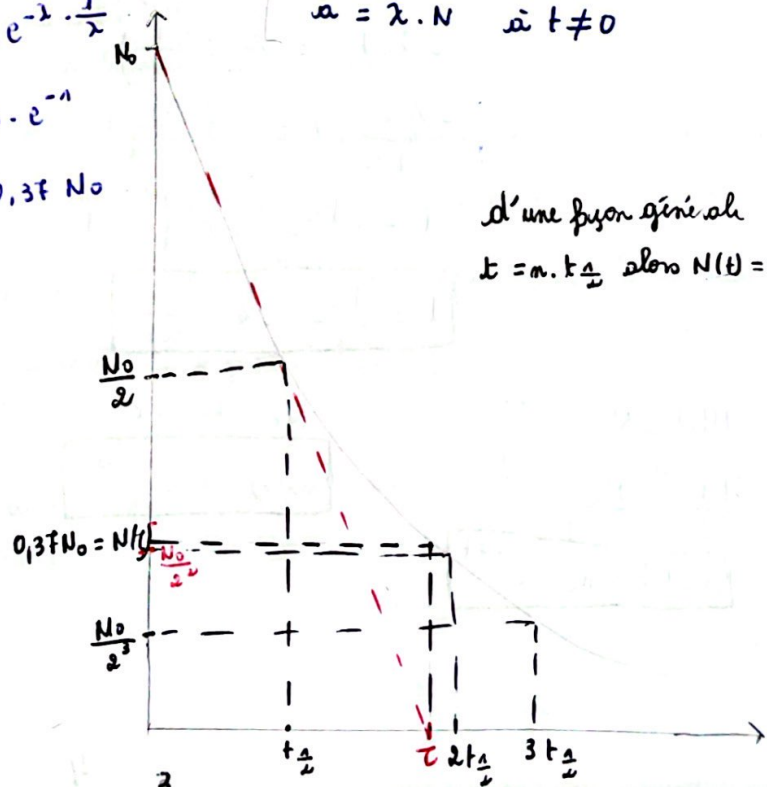
$$m(t) = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \cdot \ln 2 \quad \tau = \frac{1}{\lambda}$$

$$a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$a_0 = \lambda \cdot N_0 \text{ à } t_0 = 0$$

$$a = \lambda \cdot N \text{ à } t \neq 0$$



d'une façon générale

$$t = n \cdot t_{\frac{1}{2}} \text{ alors } N(t) = \frac{N_0}{2^n}$$

Expression de $t_{\frac{1}{2}}$

ou $t = t_{\frac{1}{2}}$

$$N(t_{\frac{1}{2}}) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_{\frac{1}{2}}}$$

$$\frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda t_{\frac{1}{2}}}$$

$$\ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda t_{\frac{1}{2}}$$

$$-\ln(2) = -\lambda t_{\frac{1}{2}}$$

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} \text{ ou } t_{\frac{1}{2}} = \tau \cdot \ln 2$$

activité
 $a(t)$ $\xrightarrow{\text{unité}}$ Becquerelle (Bq).
 ou $a = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$

$$a(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$$

$$\begin{aligned} a(t) &= -\frac{d}{dt} (N_0 \cdot e^{-\lambda t}) \\ &= -N_0 \cdot \frac{d}{dt} e^{-\lambda t} \\ &= N_0 \cdot \lambda \cdot e^{-\lambda t} \end{aligned}$$

$$a(t) = \lambda \cdot N(t)$$

$$a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$e^{-\lambda t} = \frac{a(t)}{a_0}$$

$$\ln e^{-\lambda t} = \ln\left(\frac{a(t)}{a_0}\right)$$

$$-\lambda \cdot t = \ln\left(\frac{a(t)}{a_0}\right)$$

$$-\frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} \cdot t = \ln\left(\frac{a(t)}{a_0}\right)$$

$$t = -\frac{t_{\frac{1}{2}}}{\ln 2} \cdot \ln\left(\frac{a(t)}{a_0}\right)$$

$$\boxed{t = \frac{t_{\frac{1}{2}}}{\ln 2} \cdot \ln \frac{a_0}{a(t)}}$$

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

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

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

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

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

$$\text{à } t=0; a_0 = \lambda \cdot N$$

$$a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$a(t) = \lambda \cdot N(t) \Rightarrow N(t) = \frac{a(t)}{\lambda}$$

$$a_0 = \lambda \cdot N_0 \Rightarrow N_0 = \frac{a_0}{\lambda}$$

$$\text{à } t=t_{\frac{1}{2}} \text{ alors } N(t) = \frac{N_0}{2}$$

$$\frac{a(t)}{\lambda} = \frac{a_0}{\lambda} \cdot \frac{1}{2}$$

$$a(t) = \frac{a_0}{2}$$

$\Delta E < 0$ exoenergétique
 $\Delta E > 0$ endoenergétique

Noyaux - masse et énergie.

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

unité :

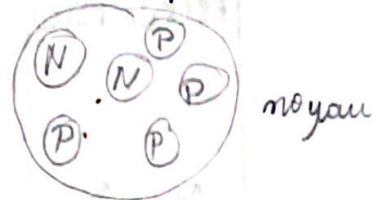
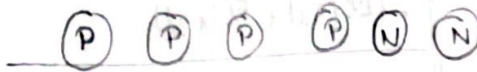
$$1u = 1,66 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

$$1u = 931,5 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$$

$$1eV = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1J = \frac{1}{1,602 \times 10^{-13}} \text{ MeV}$$

Défaut de masse :



$$m = 0,09 \text{ mg}$$

$$m_{\text{noyau}} = 0,05 \text{ mg}$$

$$\Delta m = m - m_{\text{noyau}}$$

Δm défaut de masse.

$$\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m\left(\frac{A}{Z}X\right)$$

cela est dû au fait qu'une partie des masses de tous les nucléons s'est transformée en énergie de cohésion

L'énergie de liaison E_L

$$E_L = \Delta m \cdot c^2$$

L'énergie de liaison par nucléon :

$$\epsilon = \frac{E_L}{A}$$

MeV/nucléon

$\epsilon \uparrow \Rightarrow$ noyau $\uparrow$ stable

c'est à dire il nécessite beaucoup d'énergie pour dissocier un nucléon par suite il est plus stable

La courbe d'Aston :

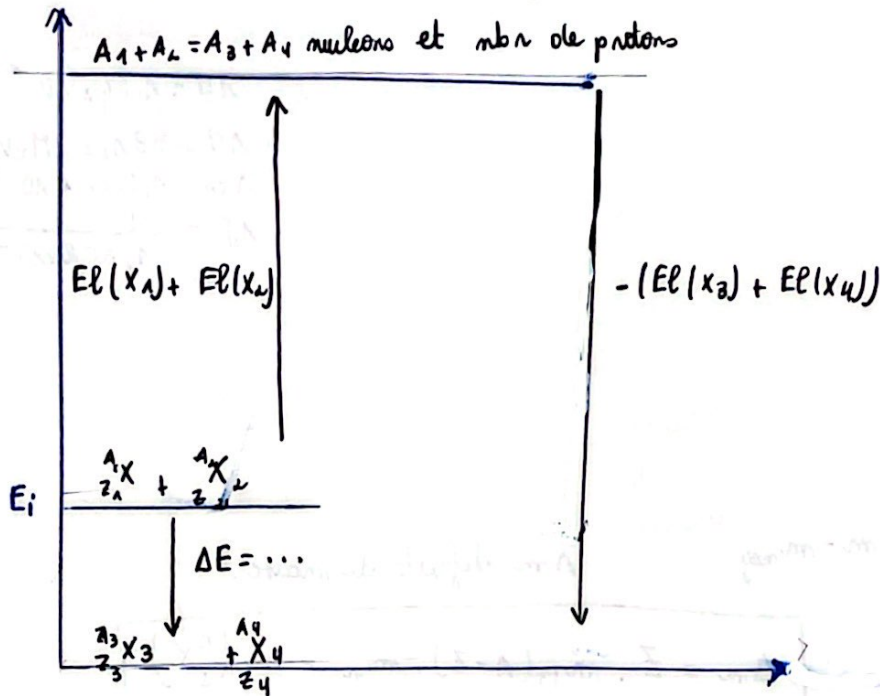
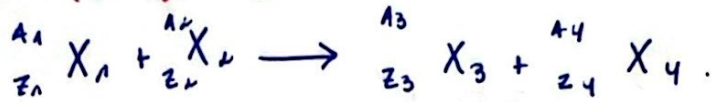
- Cette courbe permet d'étudier la stabilité des noyaux.
- Les noyaux les plus stables se situent dans la zone $40 < A < 195$.
- Les noyaux les plus légers de $40 > A$ se fusionnent pour former des noyaux stables : Fusion
- Les noyaux lourds de $A > 195$ se fissionnent pour former des noyaux stables : Fission

La fusion nucléaire : à cause de leurs instabilités certains noyaux se font légers dans certaines conditions (Température $\uparrow$ et pression $\uparrow$) se fusionnent pour former des noyaux plus lourds et plus stables

La fission nucléaire : cherchant à se stabiliser des noyaux lourds peuvent se décomposer / scinder en plusieurs noyaux légers plus stables

Rmq : l'énergie libérée / nucléon de la fusion est plus que celle libérée par la fission.

Schema énergétique : (cas générale)



$$\Delta E = E_f - E_i$$

$$\Delta E = \sum E_l(\text{réactifs}) - \sum E_l(\text{produits})$$

$$\Delta E = \left[\sum m_{\text{produits}} - \sum m_{\text{réactifs}} \right] \cdot c^2$$

Definition :

L'énergie de liaison : énergie qu'il faut fournir à un noyau au repos pour dissocier ses nucléons et reste en repos.

Energie de liaison par nucléon : énergie qu'il faut fournir à un noyau pour dissocier un de ses nucléons.

Relations

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

$$m = N \cdot m(\text{noyau})$$

↑
masse de l'échantillon

$$E_l = \Delta m \cdot c^2 = [Z m_p + (A-Z) m_n - m({}_Z^AX)] \cdot c^2$$

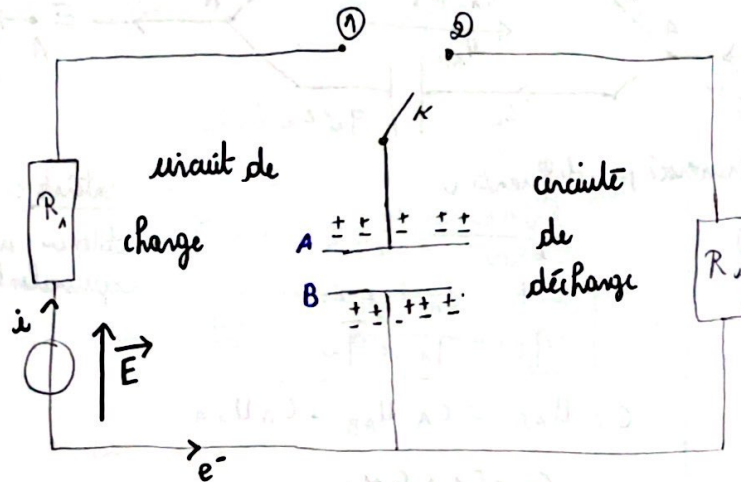
$$\epsilon = \frac{E_l}{A}$$

$$\Delta E = \left[\sum m_{\text{produits}} - \sum m_{\text{réactifs}} \right] \cdot c^2$$

Dipôle RC

dipôle RC : c'est une association en série d'un conducteur ohmique de résistance R et d'un condensateur de capacité C

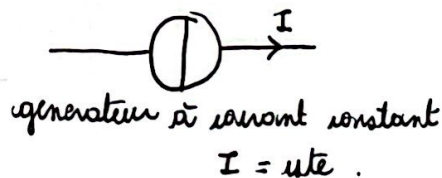
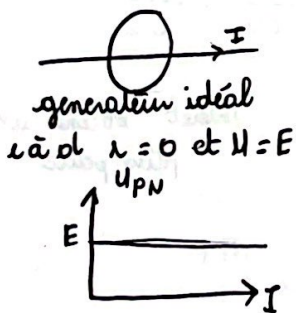
condensateur : un condensateur est une composante électronique qui peut emmagasiner une quantité d'énergie électrique et la restituer en cas de besoin. Elle est formée par 2 armatures parallèles séparées par un isolant appelé diélectrique



avant de relier K à ① ou ② : les armatures sont neutres et la tension entre elles est 0

• quand on relie K à ① : B se charge négativement donc il agit à distance sur A (pousse les e^-) (deux charges de même signe) donc A se charge positivement. La tension entre les armatures est E

• quand on relie K à ② : le condensateur chargé devient le générateur de circuit de décharge donc les e^- se déplacent de B vers A et condensateur revient neutre de nouveau



$$U_c = \frac{q}{C} \quad \leftarrow \text{charge de l'armature (+)}$$

courant continu

$$Q = I \cdot t$$

$$I = \frac{Q}{t}$$

courant variable

$$i = \frac{dq}{dt}$$

$$i = C \cdot \frac{du}{dt}$$

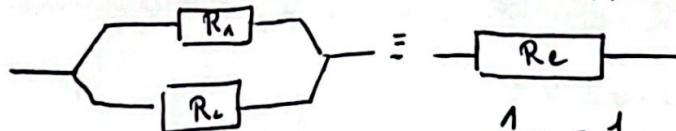
en série :



$$R_e = R_1 + R_2$$

pour augmenter la résistance

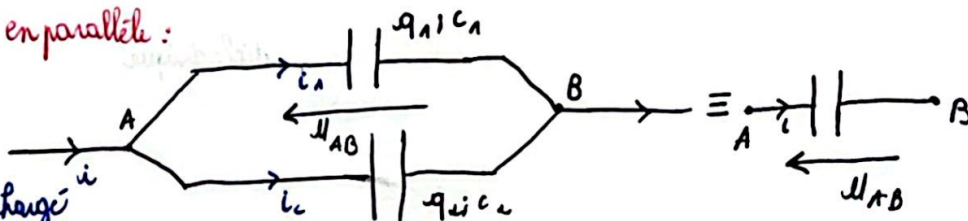
en // :



$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

pour diminuer la résistance

Association en parallèle :



les condensateurs sont chargés

différemment car ils sont traversés par différents i

($i_1; i_2; i$)

loi des nœuds

$$i = i_1 + i_2$$

$$i \cdot t = i_1 \cdot t + i_2 \cdot t$$

$$q_e = q_1 + q_2$$

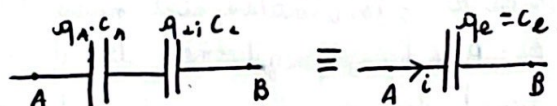
$$C_e U_{AB} = C_1 U_{AB} + C_2 U_{AB}$$

$$C_e = C_1 + C_2$$

intérêt :

obtenir une capacité équivalente plus grande

en série :



les condensateurs sont chargés de même façon $q_1 = q_2 = q_e$ car ils sont traversés par même i

loi d'additivité des tensions

$$U_{AB} = U_1 + U_2$$

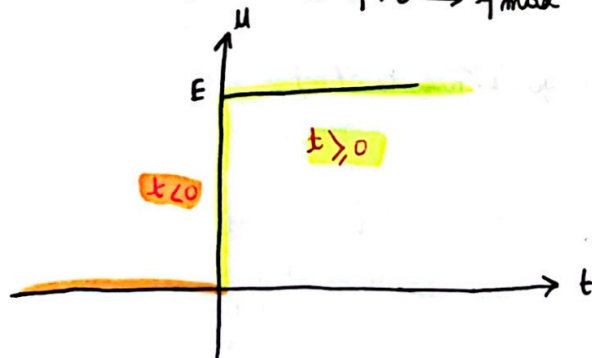
$$\frac{q_e}{C_e} = \frac{q_e}{C_1} + \frac{q_e}{C_2} \Rightarrow \frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

intérêt obtenir une capacité plus petite

Echelon montant de tension :

$U: 0 \rightarrow E$ et $q: 0 \rightarrow q_{max}$

$$Q_{max} = C \cdot U_{max} = C \cdot E$$



equation differentielle verifiée par u_c (charge)

loi d'additivité des tensions

$$u_R(t) + u_c(t) = E$$

loi d'ohm

$$u_R(t) = R \cdot i(t) \quad ; \quad i(t) = C \cdot \frac{d(u_c)}{dt}$$

$$u_R(t) = R \cdot C \cdot \frac{du_c}{dt}$$

$$E - u_c(t) = R \cdot C \cdot \frac{du_c}{dt}$$

$$E = u_c(t) + R \cdot C \cdot \frac{du_c}{dt}$$

$$\boxed{R \cdot C \cdot \frac{du_c}{dt} + u_c = E}$$

Eq diff verifiée par q :

$$u_R(t) + u_c(t) = E$$

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

$$u_R = R \cdot i = R \cdot \frac{dq}{dt}$$

$$R \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = E$$

$$R \cdot C \cdot \frac{dq}{dt} + q = E \cdot C = Q_{\max}$$

$$\boxed{RC \frac{dq}{dt} + q = E \cdot C = Q_{\max}}$$

Eq horaire de u_c :

$$u_c(t) = A \cdot e^{-\alpha t} + B$$

$$\frac{du_c}{dt} = -A \alpha e^{-\alpha t} + 0$$

on remplace dans l'éq diff

$$-R \cdot C \cdot A \cdot \alpha \cdot e^{-\alpha t} + A \cdot e^{-\alpha t} + B = E$$

$$A e^{-\alpha t} (1 - RC \alpha) + B = E$$

$$1 - RC \alpha = 0 \Rightarrow \alpha = \frac{1}{RC} = \frac{1}{\tau}$$

$$\text{et } B = E$$

$$\alpha = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{RC}$$

$$B = E$$

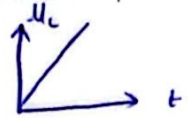
on remplace aux conditions initiales

$$t = 0 \quad u_c = A \cdot e^0 + B = 0$$

$$A - B = -E \Rightarrow A = -E$$

$$\boxed{u_c = -E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + E}$$

avec un générateur à courant constant



$$u_c = a \cdot t \quad ; \quad a: \text{la pente}$$

$$u_c = \frac{Q}{C} = \frac{I_0 \cdot t}{C}$$

$$a \cdot t = \frac{I_0 \cdot t}{C}$$

$$a = \frac{I_0}{C}$$

$$a = \frac{I_0}{C}$$

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

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

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

$$q = C \cdot E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

Eq differential constraint u_{RA} : $u_{RA} + u_c = E$

$$\frac{du_{RA}}{dt} + \frac{du_c}{dt} = 0$$

$$R_A \cdot C \cdot \frac{du_{RA}}{dt} + R_A \cdot C \cdot \frac{du_c}{dt} = 0$$

$$R_A \cdot C \cdot \frac{du_{RA}}{dt} + R_A \cdot i = 0$$

$$R_A \cdot C \frac{du_{RA}}{dt} + u_{RA} = 0$$

Eq diff over i .

$$u_{RA} + u_c = E$$

$$\frac{du_{RA}}{dt} + \frac{du_c}{dt} = 0$$

$$C \cdot \frac{du_{RA}}{dt} + C \cdot \frac{du_c}{dt} = 0$$

$$C \cdot \frac{du_{RA}}{dt} + i = 0$$

$$u_{RA} = R_A \cdot i \Leftrightarrow \frac{du_{RA}}{dt} = R_A \cdot \frac{di}{dt}$$

$$R_A \cdot C \frac{di}{dt} + i = 0$$

solution of eq. diff

$$u_{RA} = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$u_{RA} = R_A \cdot i ; i = C \cdot \frac{du_c}{dt}$$

$$u_{RA} = R_A \cdot C \cdot \frac{du_c}{dt}$$

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

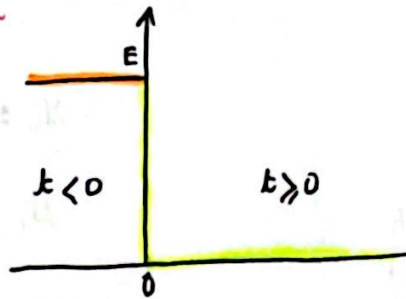
$$\frac{du_c}{dt} = +\frac{E}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$u_{RA} = R_A \cdot C \cdot \frac{E}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$= R_A \cdot C \cdot \frac{E}{R_A \cdot C} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$u_{RA} = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Echelon descendant de tension



Eq diff avec u_c

$$u_{R_L} + u_c = 0$$

$$u_{R_L} = R_L \cdot i \quad ; \quad i = c \cdot \frac{du_c}{dt}$$

$$u_{R_L} = R_L \cdot c \cdot \frac{du_c}{dt}$$

$$\boxed{R_L \cdot c \cdot \frac{du_c}{dt} + u_c = 0}$$

sol de l'éq diff

$$u_c(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Exp d'intensité de courant

$$u_c(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow \frac{du_c}{dt} = E \cdot \frac{de^{-\frac{t}{\tau}}}{dt}$$

$$\frac{du_c}{dt} = -\frac{E}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$i(t) = -c \cdot \frac{E}{R_L \cdot c} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$i(t) = -\frac{E}{R_L} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Energie électrique stockée dans le condensateur.

$$p = \frac{d\mathcal{E}_e}{dt} \quad , \quad p = u_c \cdot i$$

$$\frac{d\mathcal{E}_e}{dt} = p \Leftrightarrow \frac{d\mathcal{E}_e}{dt} = u_c \cdot i$$

$$\Leftrightarrow d\mathcal{E}_e = u_c \cdot i \cdot dt$$

$$\Leftrightarrow \int d\mathcal{E}_e = \int u_c \cdot i \cdot dt$$

$$\Leftrightarrow \mathcal{E}_e = \int u_c \cdot c \cdot \frac{du_c}{dt} \cdot dt$$

$$= \int u_c \cdot c \cdot du_c$$

$$= c \cdot \int u_c \cdot du_c$$

$$= c \cdot \frac{u_c^{1+1}}{1+1}$$

$$\mathcal{E}_e = \frac{1}{2} \cdot c \cdot u_c^2$$

$$\mathcal{E}_{e_{\max}} = \frac{1}{2} c \quad \mathcal{P}_{\max}$$

$\tau_c > \tau_n \Rightarrow$ plus τ est petite,
plus la décharge de condensateur
est rapide et inversement
on charge par
la charge

Charge

$$u_c: 0 \xrightarrow[E.H.T]{} E$$

$$RC \cdot \frac{du_c}{dt} + u_c = E$$

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

Exemple: $i(t) = C \cdot \frac{du_c}{dt}$

$$i(t) = \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{à } t=0 \quad u_0 + u_R = E$$

$$\text{avec } I_0 = I_p = I_{max} = \frac{E}{R}$$

exemple u_R : $u_R = R \cdot i$ $R_1 C \frac{di}{dt} + i = 0$

$$u_R = \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{à } t=0 \quad R_1 C \cdot \frac{du_R}{dt} + u_R = 0$$

$$u_R = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

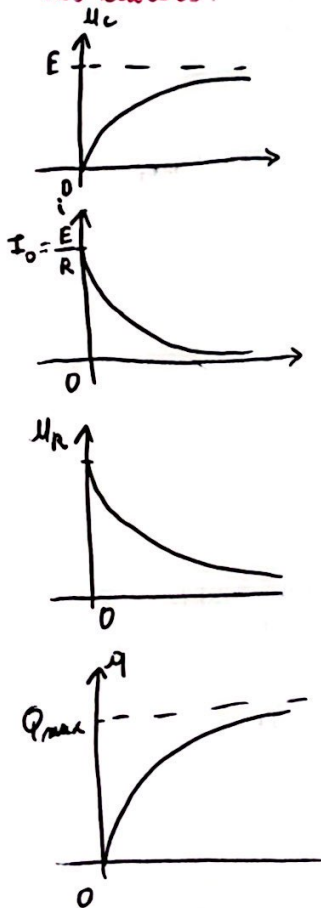
Exemple q : $q = C \cdot u_c = CE(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

$$\text{avec } Q_{max} = CE$$

$$\tau = R_1 \cdot C$$

$$CR \frac{dq}{dt} + q = EC$$

Les courbes.



Energie reçue en régime transitoire

$$E_{recu} = E_{final} - E_{initial}$$

$$= \frac{1}{2} C \cdot u_{max}^2 - \frac{1}{2} C \cdot u_0^2$$

E à un t.

$$E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot u^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot C \cdot (E - u_R)^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot C \cdot (E - i \cdot R)^2$$

décharge

$$u_c: E \xrightarrow[E.P.T]{} 0$$

$$u_c + RC \cdot \frac{du_c}{dt} = 0$$

$$u_c = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

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

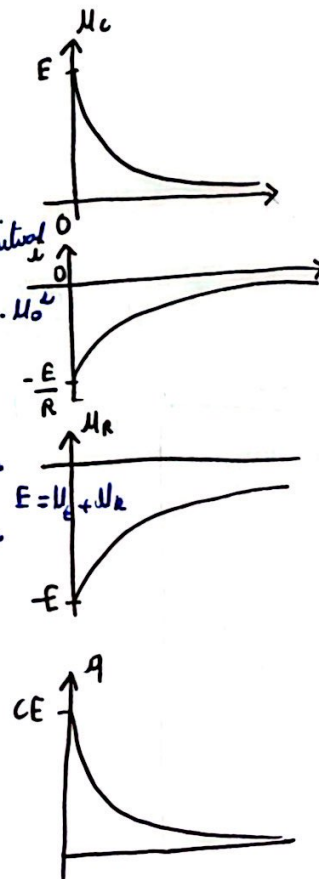
$$I_0 = I_p = I_{max} = \frac{E}{R}$$

$$u_R = R \cdot i = -E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$q = C \cdot u_c = CE \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

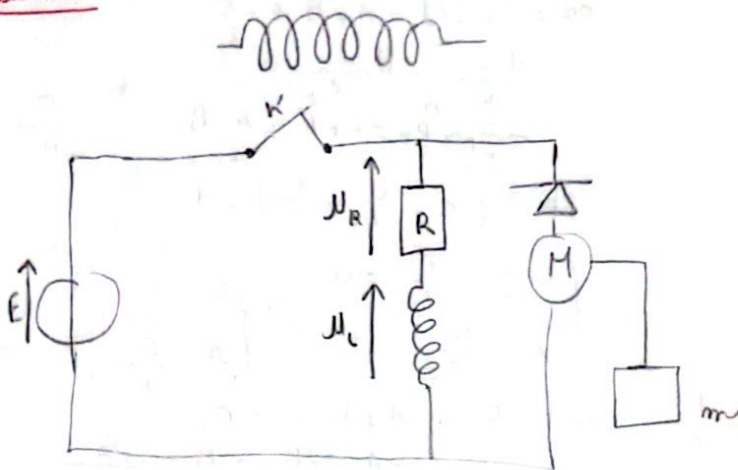
$$Q_{max} = CE$$

$$\tau = R_2 \cdot C$$

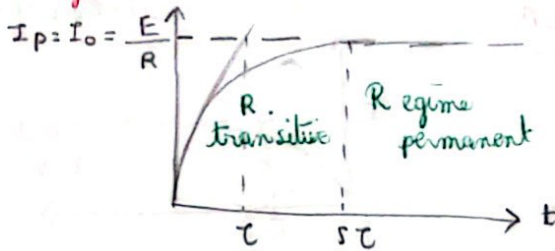


Dipôle RL

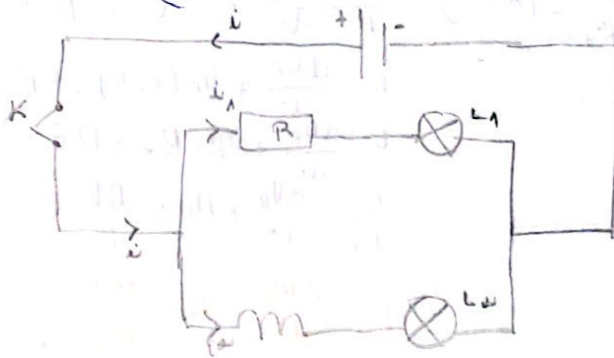
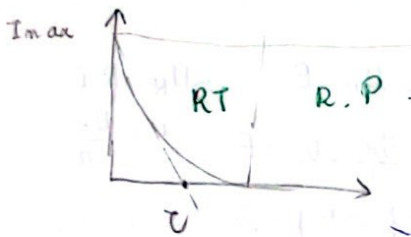
Bobine :



K : fermé Etablissement du courant



K : ouvert : annulation du courant



Energie emmagasinée:

$$P = \frac{d\mathcal{E}_m}{dt} ; p = \mathcal{U}_L \cdot i$$

$$\frac{d\mathcal{E}_m}{dt} = \mathcal{U}_L \cdot i ; \mathcal{U}_L = L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i$$

$$d\mathcal{E}_m = dt \left(L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i \right) \cdot i$$

$$= L \cdot i \cdot di + r \cdot i^2 \cdot dt$$

$$\int d\mathcal{E}_m = \int L \cdot i \cdot di + \underbrace{\int r \cdot i^2 \cdot dt}_{0 = \text{effet Joule}}$$

$$\mathcal{E}_m = \frac{L \cdot i^2}{2}$$

$$\boxed{\mathcal{E}_m = \frac{1}{2} L \cdot i^2}$$

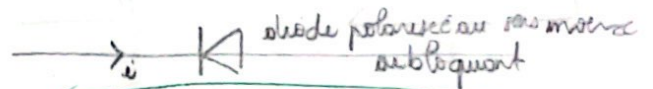
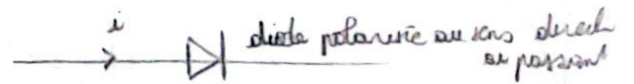


$$\mathcal{U}_L = L \cdot \frac{di}{dt} + r \cdot i$$

$$\bullet \text{ si } r = 0 ; \mathcal{U}_L = L \cdot \frac{di}{dt}$$

$$\bullet \text{ si } I = \text{cte} ; \frac{di}{dt} = 0$$

$$\mathcal{U}_L = r \cdot I$$



utiliser le diode pour éviter le phénomène de surtension.

• K fermé : L1 brille en premier car la bobine bloque le circuit au début

• K ouvert L1 s'éteint le premier car la bobine garde peu de I avant l'annulation

Eq de diff vérifiée par $i(t) = (E/R_T)$

$$u_L + u_R = E \quad ; \quad u_L = L \cdot \frac{di}{dt} + \lambda i$$

$$u_R = R \cdot i$$

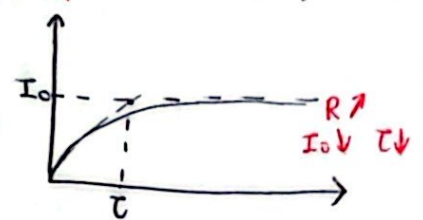
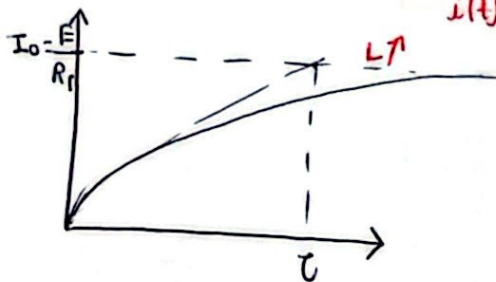
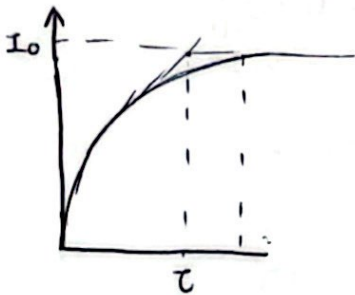
$$L \cdot \frac{di}{dt} + \lambda i + R i = E$$

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

$$L \cdot \frac{di}{dt} + R_T \cdot i = E$$

$$\frac{L}{R_T} \cdot \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_T}$$

$$\tau = \frac{L}{R_T} \quad \tau \cdot \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_T}$$



Eq différentielle de u_L (E.M.)

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

$$u_L + u_R = E \quad i(t) = \frac{E}{R_T} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$u_L = E - u_R \quad ; \quad u_R = R \cdot i$$

$$= R \cdot \frac{E}{R + \lambda} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$u_L = E - R \cdot \frac{E}{R + \lambda} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$\text{si } R \gg \lambda \Rightarrow R + \lambda \approx R$$

$$u_L = E - \frac{R \cdot E}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$= E - E + E e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$u_L = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Eq différentielle de $i(t) = (E/R_T)$

$$\frac{L}{R_T} \cdot \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_T}$$

$$\text{on pose } i(t) = A + B \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\frac{di}{dt} = -B \cdot \frac{1}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$-\frac{L}{R_T} \cdot \frac{B}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + A + B \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{R_T}$$

$$B e^{-\frac{t}{\tau}} \left(1 - \frac{L}{R_T} \cdot \frac{1}{\tau} \right) + A = \frac{E}{R_T}$$

$$\begin{cases} 1 - \frac{L}{R_T} \cdot \frac{1}{\tau} = 0 \\ A = \frac{E}{R_T} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \tau = \frac{L}{R_T} \\ A = \frac{E}{R_T} \end{cases}$$

$$\text{à } t = 0 : A + B \cdot e^0 = 0$$

$$-A = +B \Rightarrow B = -\frac{E}{R_T}$$

$$i(t) = \frac{E}{R_T} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad t = \tau, i = 63\% I_0$$

Eq de diff vérifiée par u_R (débouclage du circuit)

$$u_L + u_R = E$$

$$L \cdot \frac{di}{dt} + \lambda i + u_R = E \quad ; \quad u_R = R i$$

$$L \cdot \frac{d(u_R/R)}{dt} + \lambda \cdot \frac{u_R}{R} + u_R = E \quad i = \frac{u_R}{R}$$

$$\frac{L}{R} \cdot \frac{du_R}{dt} + u_R \left(\frac{\lambda + R}{R} \right) = E$$

$$L \cdot \frac{du_R}{dt} + u_R (\lambda + R) = R E$$

$$L \cdot \frac{du_R}{dt} + u_R \cdot R_T = R E$$

$$\frac{L}{R_T} \cdot \frac{du_R}{dt} + u_R = \frac{R E}{R_T}$$

$$\tau \cdot \frac{du_R}{dt} + u_R = \frac{R \cdot E}{R_T}$$

Eq différentielle de u_R

$$\text{on pose } u_R = R \cdot i$$

$$i(t) = \frac{E}{R_T} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$u_R = R \cdot \frac{E}{R_T} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$u_R = R \cdot \frac{E}{R_T} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$u_{R \max} = \frac{R E}{R_T}$$

$$u_R = u_{R \max} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$U_L + U_R = E$$

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

$$U_L = E - U_R$$

$$-\frac{L}{R} \cdot \frac{dU_L}{dt} + (\lambda + R) \cdot \frac{E - U_L}{R} = E$$

$$U_L = E - R \cdot i$$

$$\text{alors } i = \frac{E - U_L}{R}$$

$$-L \cdot \frac{dU_L}{dt} + (\lambda + R)(E - U_L) = E \cdot R$$

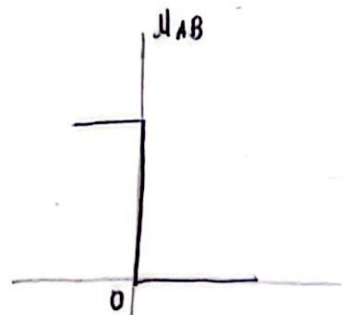
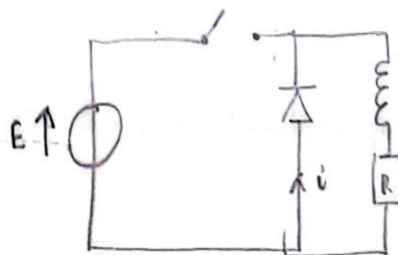
$$\frac{dU_L}{dt} = -\frac{\lambda}{R} \cdot \frac{dU_L}{dt}$$

$$-\frac{L}{R_f} \cdot \frac{dU_L}{dt} + (E - U_L) = \frac{E \cdot R}{R_f}$$

$$-\frac{L}{R_f} \cdot \frac{dU_L}{dt} - U_L = \frac{E \cdot R}{R_f} - E$$

$$-\frac{L}{R_f} \cdot \frac{dU_L}{dt} - U_L = -\frac{\lambda E}{R_f}$$

$$\tau \cdot \frac{dU_L}{dt} + U_L = \frac{\lambda E}{R_f}$$



eq diff vérifiée par $i(t) / (E, 0)$

$$U_L + U_R = 0$$

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

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

$$L \cdot \frac{di}{dt} + R_f \cdot i = 0$$

$$\frac{L}{R_f} \cdot \frac{di}{dt} + i = 0$$

$$\tau \cdot \frac{di}{dt} + i = 0$$

expression de $U_L (E, 0)$

$$U_L + U_R = 0$$

$$U_L = -U_R \quad ; \quad U_R = R \cdot i$$

$$= R \cdot \frac{E}{R + \lambda} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_L = -R \cdot \frac{E}{R + \lambda} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\text{si } R \gg \lambda \Rightarrow R + \lambda \approx R$$

$$U_L = -R \cdot \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_L = -E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

eq Romaine de $i(t) / (E, 0)$

$$\tau \cdot \frac{di}{dt} + i = 0$$

$$i(t) = A + B \cdot e^{-mt}$$

$$\frac{di}{dt} = -B \cdot m \cdot e^{-mt}$$

$$-C \cdot B \cdot m \cdot e^{-mt} + A + B \cdot e^{-mt} = 0$$

$$B \cdot e^{-mt} (A - C \cdot m) + A = 0$$

$$A - C \cdot m = 0 \Leftrightarrow m = \frac{1}{\tau}$$

$$\text{alors } A = 0$$

$$\text{à } t = 0 \quad i(t) = A, B \cdot e^{-mt}$$

$$i(t) = I_{\max}$$

$$= \frac{E}{R_f} \quad \frac{E}{R_f} = B$$

$$i(t) = \frac{E}{R_f} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Expression de $U_R(t) (E, 0)$

$$U_R(t) = R \cdot i(t)$$

$$= R \cdot I_{\max} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_R(t) = U_{R \max} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_R(t) = U_{R \max} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

oscillations libres dans un circuit

RLC série

circuit RLC série :

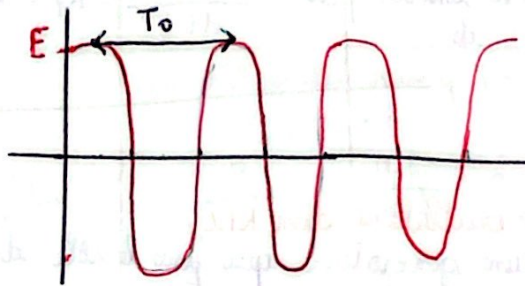
eq diff vérifiée par u_c : $\frac{d^2 u_c}{dt^2} + \frac{R_T}{L} \cdot \frac{du_c}{dt} + \frac{1}{LC} \cdot u_c = 0$ (pas de sol).

$\frac{R_T}{L} \cdot \frac{du_c}{dt}$: terme d'amortissement

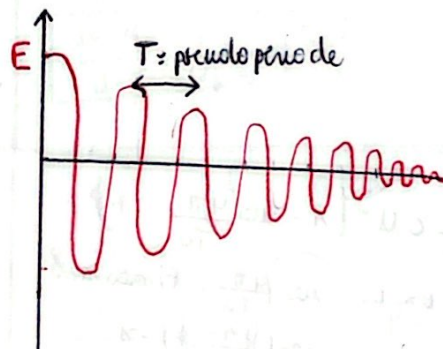
eq diff vérifiée par q : $\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{R_T}{L} \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC} \cdot q = 0$ (pas de sol).

Régime périodique (résistance nulle)

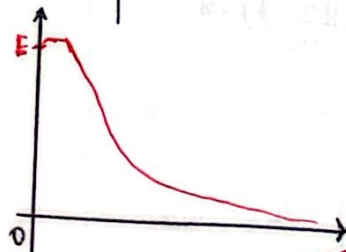
$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$ période propre



Régime pseudo périodique (résistance faible)



Régime aperiodique (grande résistance)



circuit idéal LC ou R_T négligeable

eq diff vérifiée par u_c : $\frac{d^2 u_c}{dt^2} + \frac{1}{LC} \cdot u_c = 0$

solution : $u_c(t) = U_{c, \max} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$ avec $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$.

eq diff vérifiée par q : $\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{1}{LC} \cdot q = 0$

solution : $q(t) = q_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$ avec $q_m = CE$.

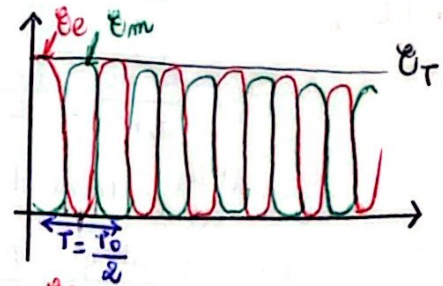
$i(t) = I_0 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \frac{\pi}{2}\right)$ $I_p = I_0 = CE \cdot \frac{2\pi}{T_0}$

Régime aperiodique critique
 $R_{eq} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$

Etude énergétique LC

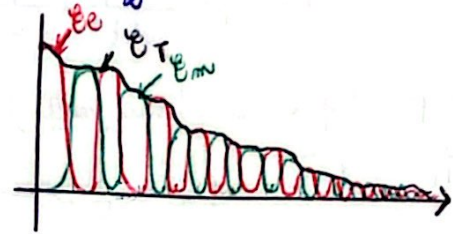
$\mathcal{E}_T$ se conserve $\Rightarrow \frac{d\mathcal{E}_T}{dt} = 0$ et $\mathcal{E}_T = \text{cte} = \frac{1}{2} C E^2 = \frac{1}{2} L I^2$

$$\Delta \mathcal{E}_e = -\Delta \mathcal{E}_m$$



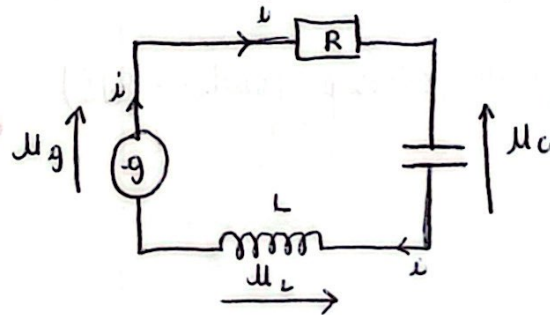
Etude énergétique RLC

$\mathcal{E}_T$ ne se conserve pas $\frac{d\mathcal{E}_T}{dt} = -R I^2$



Entretien des oscillations dans RLC:

on ajoute un générateur qui joue le rôle d'une résistance négative qui annule la résistance du circuit RLC.



$$\text{si } \mathcal{E}_m = \frac{1}{4} C U^2 \left(1 - \cos \frac{4\pi}{T_0} \cdot t \right)$$

$$\mathcal{E}_m \text{ max on a } \cos \frac{4\pi}{T_0} \cdot t \text{ minimal}$$

$$\cos \left(\frac{4\pi}{T_0} \cdot t \right) = -1$$

eq diff vérifiée par u_c (RLC)

$$u_c + u_L + u_{R'} = 0$$

$$u_c + L \cdot \frac{di}{dt} + R' \cdot i = 0 \quad i = C \cdot \frac{du_c}{dt}$$

$$u_c + LC \cdot \frac{d^2 u_c}{dt^2} + R' C \frac{du_c}{dt} = 0 \quad \frac{di}{dt} = C \cdot \frac{d^2 u_c}{dt^2}$$

$$\frac{d^2 u_c}{dt^2} + \frac{R'}{L} \cdot \frac{du_c}{dt} + \frac{1}{LC} \cdot u_c = 0$$

eq diff vérifiée par q (RLC)

$$u_c + u_L + u_{R'} = 0$$

$$\frac{q}{C} + L \cdot \frac{di}{dt} + R' \cdot i = 0$$

$$i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{d^2 q}{dt^2}$$

$$\frac{q}{C} + L \cdot \frac{d^2 q}{dt^2} + (R' \cdot i) \cdot \frac{dq}{dt} = 0$$

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{R'}{L} \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC} \cdot q = 0$$

eq diff vérifiée par u_c (LC)

$$u_c + u_L = 0$$

$$u_c + L \cdot \frac{di}{dt} = 0 \quad \frac{di}{dt} = C \cdot \frac{d^2 u_c}{dt^2}$$

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

$$\frac{d^2 u_c}{dt^2} + \frac{1}{LC} \cdot u_c = 0$$

eq diff vérifiée par q (LC)

$$u_c + u_L = 0$$

$$\frac{q}{C} + L \cdot \frac{di}{dt} = 0 \quad i = \frac{dq}{dt}$$

$$\frac{q}{C} + L \cdot \frac{d^2 q}{dt^2} = 0$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{d^2 q}{dt^2}$$

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{1}{LC} \cdot q = 0$$

sol d'eq diff de u_c

$$\frac{d^2 u_c}{dt^2} + \frac{1}{LC} \cdot u_c = 0$$

$$u_c(t) = A \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$$

$$\frac{du_c}{dt} = -A \frac{2\pi}{T_0} \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$$

$$\frac{d^2 u_c}{dt^2} = -A \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$$

$$\frac{d^2 u_c}{dt^2} = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot u_c(t)$$

$$-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot u_c + \frac{1}{LC} \cdot u_c = 0$$

$$u_c \left(\frac{1}{LC} - \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \right) = 0$$

$$u_c \neq 0 \quad \frac{1}{LC} - \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 = 0$$

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

pour trouver φ

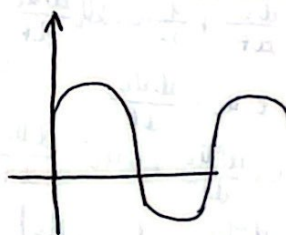
$$\text{à } t=0 \quad u_c = A = E$$

$$\text{à } t=0 \quad i = C \cdot \frac{du_c}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{du_c}{dt} = 0 \text{ à } t=0 = E$$

$$u_c(t=0) = E \cdot \cos(\varphi_0)$$

$$E = E \cos(\varphi_0) \Rightarrow \varphi_0 = 0$$

$$u_c(t) = E \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi_0\right) \text{ ou } u_c(t) = E \cos\left(\frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot t + \varphi_0\right)$$



$\varphi_0 = ?$

$$\text{à } t=0 \quad u_c = 0$$

$$A \cdot \cos \varphi = 0 \Rightarrow \varphi = \pm \frac{\pi}{2}$$

$$\frac{du_c}{dt} = \frac{d}{dt} \left(A \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi_0\right) \right)$$

$$= -A \frac{2\pi}{T_0} \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi_0\right)$$

$$\text{à } t=0 \quad \frac{du_c}{dt} = -A \cdot \frac{2\pi}{T_0} \sin(\varphi_0)$$

$$\text{et } \frac{du_c}{dt} > 0$$

donc

$$-A \frac{2\pi}{T_0} \cdot \sin(\varphi_0) > 0$$

$$\Rightarrow \sin(\varphi_0) < 0$$

$$\text{d'où } \varphi_0 = -\frac{\pi}{2} \text{ rad}$$

$$u(t) = E \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right)$$

$$\frac{q}{C} = E \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right)$$

$$q(t) = CE \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right)$$

$$\frac{dq}{dt} = -CE \cdot \frac{2\pi}{T_0} \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right)$$

$$i(t) = CE \cdot \frac{2\pi}{T_0} \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$E_m = \frac{1}{\omega} C E'' \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right)$$

$$E_m = \frac{1}{\omega} L \cdot i'' \quad i = -CE \cdot \frac{2\pi}{T_0} \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right)$$

$$= \frac{1}{\omega} L \cdot C'' \cdot E'' \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right)$$

$$= \frac{1}{\omega} L \cdot C'' \cdot \frac{1}{LC} \cdot E'' \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right)$$

$$E_m = \frac{1}{\omega} CE'' \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right)$$

E_T se conserve dans le circuit RLC

$$E_T = E_m + E_e = \frac{1}{\omega} L \cdot i'' + \frac{1}{\omega} C \cdot u''$$

$$\frac{dE_T}{dt} = \frac{1}{\omega} L \cdot \frac{di''}{dt} + \frac{1}{\omega} C \cdot \frac{du''}{dt}$$

$$= L \cdot i' \cdot \frac{di}{dt} + C u' \cdot \frac{du}{dt}$$

$$= L \cdot C \cdot \frac{du}{dt} \cdot C \cdot \frac{d^2 u}{dt^2} + C u' \cdot \frac{du}{dt}$$

$$= LC'' \cdot \frac{du}{dt} \left(\frac{d^2 u}{dt^2} + \frac{1}{LC} \cdot u \right)$$

$$= 0$$

$$E_T = \text{cte}$$

E_T ne se conserve pas (RLC)

$$E_T = E_e + E_m = \frac{1}{\omega} C \cdot u'' + \frac{1}{\omega} L \cdot i''$$

$$\frac{dE_T}{dt} = \frac{1}{\omega} C \cdot \frac{du''}{dt} + \frac{1}{\omega} L \cdot \frac{di''}{dt}$$

$$= C \cdot u' \cdot \frac{du}{dt} + L \cdot C \cdot \frac{du}{dt} \cdot C \cdot \frac{d^2 u}{dt^2}$$

$$= C u' \frac{du}{dt} \left(u \cdot \frac{1}{LC} + \frac{d^2 u}{dt^2} \right)$$

$$\text{or } \frac{d^2 u}{dt^2} + \frac{1}{LC} \cdot u = -\frac{Re}{L} \Rightarrow$$

$$\text{donc } u \cdot \frac{1}{LC} + \frac{d^2 u}{dt^2} = -\frac{Re}{L} \cdot \frac{du}{dt}$$

$$\frac{dE_T}{dt} = -RC'' \cdot \frac{du}{dt} \cdot \frac{Re}{L} \cdot \frac{du}{dt}$$

$$= -\left(C \cdot \frac{du}{dt}\right) \left(C \cdot \frac{du}{dt}\right) \cdot Re$$

$$\frac{dE_T}{dt} = -Re \cdot i^2$$

Dimension de T_0 :

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

$$[T_0] = [2\pi] \sqrt{[L] \cdot [C]}$$

$$u = \frac{q}{C}$$

$$= [2\pi] \sqrt{\frac{[C][I]}{[I]}} \cdot \frac{[I][T]}{[C]} = \frac{[I][T]}{[C]}$$

$$= \sqrt{[T]}^2$$

$$= [T]$$

$$u = L \cdot \frac{di}{dt}$$

$$[L] = \frac{[C][I]}{[I]}$$

E_T se conserve dans LC

$$E_T = E_e + E_m$$

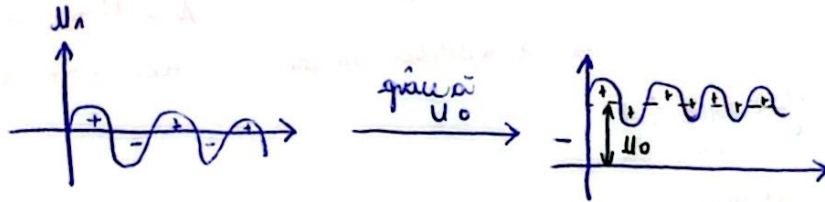
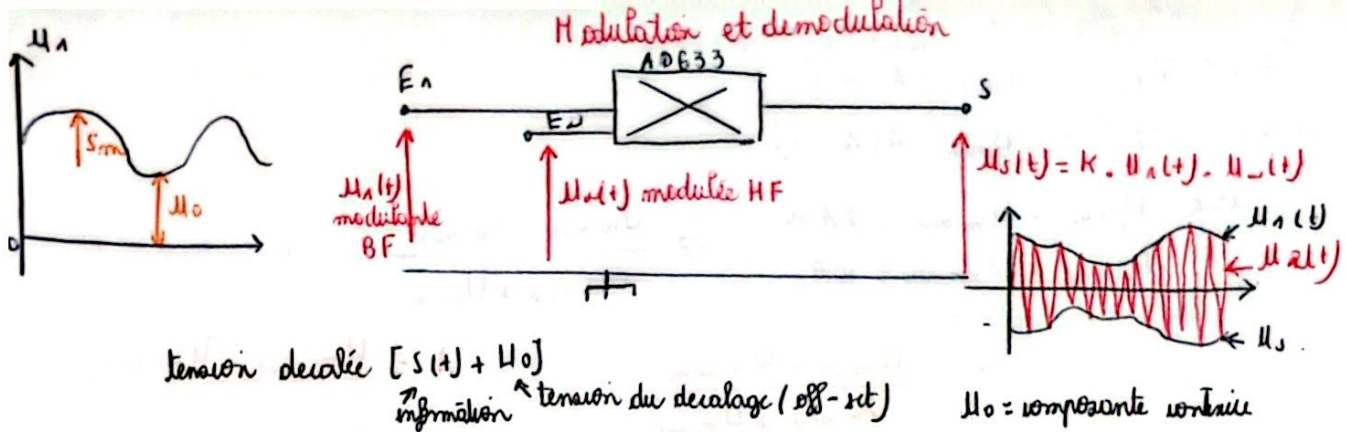
$$= \frac{1}{\omega} C \cdot u'' + \frac{1}{\omega} L \cdot i''$$

$$= \frac{1}{\omega} CE'' \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) + \frac{1}{\omega} L \cdot C'' \cdot E'' \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$$

$$= \frac{1}{\omega} CE'' \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) + \frac{1}{\omega} LC'' E'' \cdot \frac{1}{LC} \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$$

$$= \frac{1}{\omega} CE'' \left(\cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) + \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) \right)$$

$$= \frac{1}{\omega} CE''$$



- La modulation a pour but de rendre l'amplitude de l'onde porteuse variable suivant la variation de l'onde modulante
- L'information (modulante) module l'onde porteuse (modulée) pour pouvoir se propager sur de grandes distances

onde modulante (information) = BF transmise
 onde modulée (porteuse) = HF

$f_p \gg f_s$ et $f_p > 10 f_s$

Multiplieur : - multiplication de deux ondes sinusoïdales
 - varier l'amplitude d'une onde sinusoïdale

$u_s(t) = K \cdot u_n(t) \cdot u_c(t)$ avec K en V^{-1}

$S(t) = S_m \cdot \cos(2\pi f_s t)$

$p(t) = P_m \cdot \cos(2\pi f_p t)$

$u_s(t) = u_m(t) \cdot \cos(2\pi f_p t)$

$$\begin{aligned} u_s(t) &= K \cdot u_n(t) \cdot u_c(t) ; u_c(t) = p(t) \\ &= K [S(t) + U_0] \cdot p(t) \\ &= K [S(t) + U_0] \cdot P_m \cdot \cos(2\pi f_p t) \\ &= u_m(t) \cdot \cos(2\pi f_p t) \end{aligned}$$

$u_m = K [S(t) + U_0] \cdot P_m$

$$\begin{aligned} u_m &= K [S(t) + U_0] \cdot P_m \\ &= \underbrace{K P_m}_{B} S(t) + \underbrace{K P_m U_0}_{A} \\ &= B \cdot S(t) + A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u_s(t) &= K \cdot u_n(t) \cdot u_c(t) \\ &= K [S(t) + U_0] P_m \cdot \cos(2\pi f_p t) \\ &= K [S_m \cdot \cos(2\pi f_s t) + U_0] P_m \cdot \cos(2\pi f_p t) \\ &= K U_0 P_m \left[\frac{S_m}{U_0} \cdot \cos(2\pi f_s t) + 1 \right] \cos(2\pi f_p t) \end{aligned}$$

$$\boxed{u_s = A \left[1 + m \cdot \cos(2\pi f_s t) \right] \cdot \cos(2\pi f_p t)}$$

$m = \frac{S_m}{U_0} ; A = P_m \cdot K \cdot U_0$

si $\cos(2\pi f_s \cdot t) = 1 \quad U_{max} = A(m+1)$
 si $\cos(2\pi f_s \cdot t) = -1 \quad U_{min} = A(1-m)$

on a $U_{max} - U_{min} = 2Am$
 $U_{max} + U_{min} = 2A \Rightarrow \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{max} + U_{min}} = m$

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

$A = \frac{U_{max} + U_{min}}{2}$

$A = \frac{U_{max} - U_{min}}{2 \cdot m}$
 $m < 1$ bonne modulation

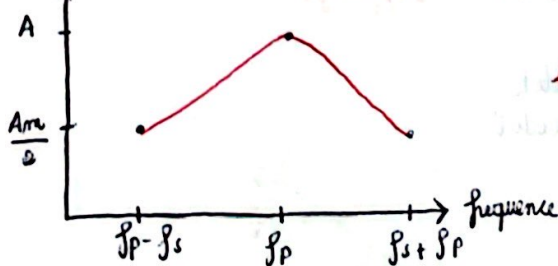
$m > 1$ surmodulation

$m = 1$ modulation critique

$S_m < U_0 \Rightarrow \frac{S_m}{U_0} = m < 1$

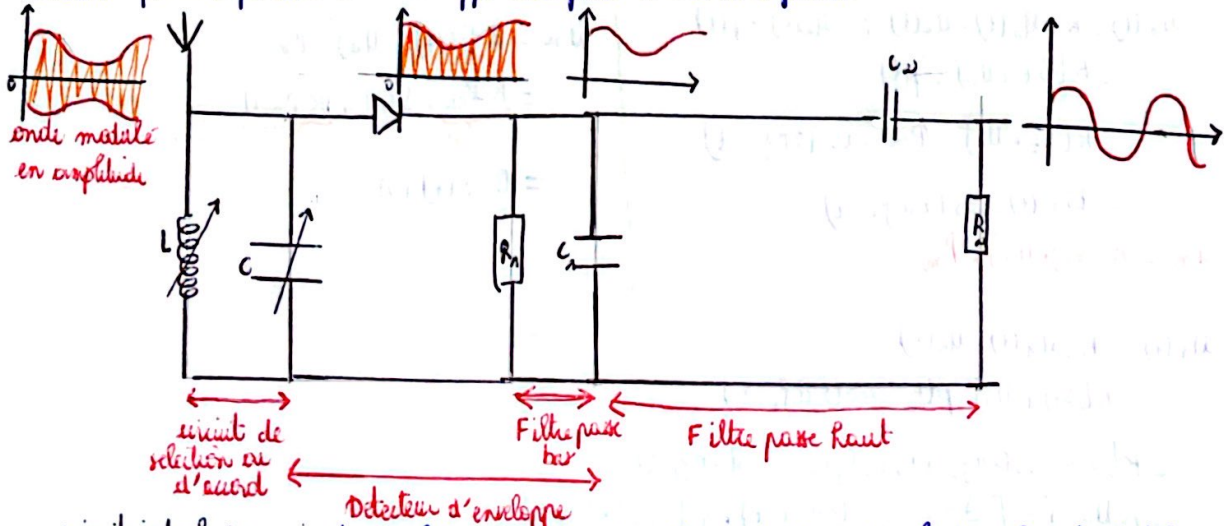
X Décomposition de tension modulée

$U_s(t) = A[1 + m \cdot \cos(2\pi f_s \cdot t)] \cdot \cos(2\pi f_p \cdot t)$
 $= A \cos(2\pi f_p \cdot t) + Am \cdot \cos(2\pi f_s \cdot t) \cdot \cos(2\pi f_p \cdot t)$
 $= A \cdot \cos(2\pi f_p \cdot t) + \frac{Am}{2} [\cos(2\pi(f_p + f_s)t) + \cos(2\pi(f_p - f_s)t)]$
 Amplitude $= \frac{Am}{2} \cos(2\pi(f_p - f_s)t) + A \cos(2\pi f_p \cdot t) + \frac{Am}{2} \cos(2\pi(f_p + f_s)t)$



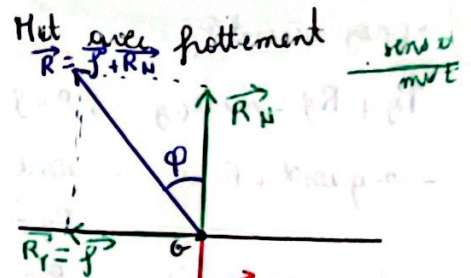
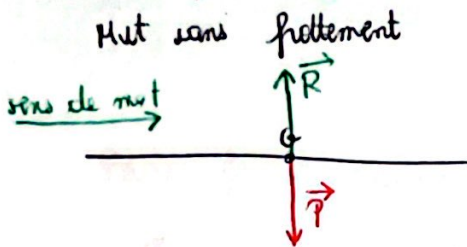
la bande de fréquence $[f_p - f_s ; f_s + f_p]$
 largeur : $2f_s$

Démodulation d'amplitude : consiste à récupérer le signal informatif modulant qui est contenu dans la partie supérieure de l'enveloppe du signal modulé en amplitude



- circuit idéal LC = circuit de sélection ou d'accord, il permet d'accorder les deux fréquences f_p et f_s en variant L ou C
- Détecteur d'enveloppe (Diode + R_L en parallèle) : il permet une bonne suppression de la porteuse avec $T_p \ll C = R_L \ll T_s$
 - rôle de la diode : supprimer l'inférieur de l'onde modulée en amplitude (ou porteuse)
 - Filtre passe bas : couple RC en // : permet de supprimer le reste de l'onde modulée en amplitude
- couple RC en série (filtre passe haut) permet de supprimer la composante U_0

Mot sur un plan horizontal :



pas d'unité

$$k = \tan \varphi = \frac{\|f\|}{\|R_N\|} = \frac{f}{R_N}$$

coefficient de frottement

$$\vec{R} = \vec{f} + \vec{R}_N$$

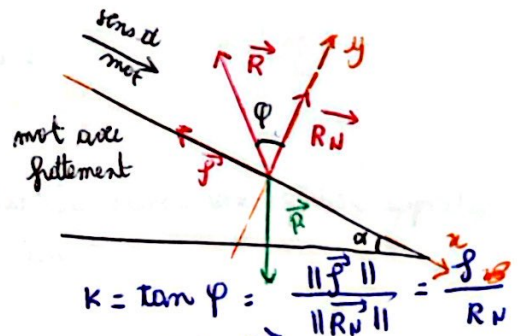
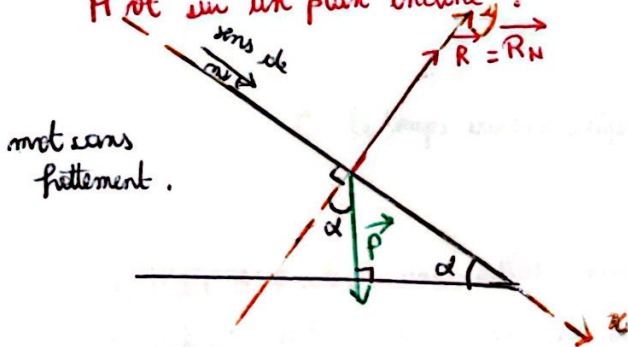
$$R = \|\vec{R}\| = \sqrt{f^2 + R_N^2}$$

$R_T = f$ = composante tangentielle

R_N = composante normale

k : coefficient de frottement (sans unité)

Mot sur un plan incliné :



$$k = \tan \varphi = \frac{\|f\|}{\|R_N\|} = \frac{f}{R_N}$$

$$\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{f}$$

$$R = \|\vec{R}\| = \sqrt{f^2 + R_N^2}$$

Les projections de la 2^e loi de Newton

sans frottements

système étudié : $\{G\}$

Bilan des forces exercées approx galiléen ($G; xy$)

• Application de la 2^e loi de Newton

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

$$\vec{P} + \vec{R} = m \vec{a}_G$$

- projection de la relation

projection suivant Ox :

$$P_N + R_N = m a_{Gx}$$

$$mg \sin \alpha + 0 = m a_{Gx}$$

$$a_{Gx} = g \sin \alpha$$

$$\Rightarrow a_{Gx} = \text{cte}$$

$$\sin \alpha = \frac{P_N}{P}$$

$$P_N = P \sin \alpha$$

$$P_N = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$R_N = 0$$

Nature du mot :

puisque la trajectoire est rectiligne et $a_{Gx} = \text{cte}$, alors le mouvement de G est rectiligne uniformément varié

• proj suivant Gy :

$$P_y + R_y = m a_{Gy} \quad ; a_{Gy} = 0$$

$$-mg \cos \alpha + R = 0 \quad \cos \alpha = \frac{-P_y}{P}$$

$$P_y = -mg \cos \alpha$$

$$R_y = R$$

Avec frottement

$$\vec{P} + \vec{R} = m \vec{a}_G$$

$$\vec{P} + \vec{f} + \vec{R}_N = m \vec{a}_G \quad \text{avec } \vec{R} = \vec{f} + \vec{R}_N$$

suitant Gx :

$$P_x + f_x + R_{Nx} = m a_{Gx}$$

$$mg \sin \alpha - f + 0 = m a_{Gx}$$

$$a_{Gx} = g \sin \alpha - \frac{f}{m}$$

suitant Gy :

$$P_y = -mg \sin \alpha$$

$$f_N = -f$$

$$R_{Nx} = 0$$

$$a_{Gx} = ?$$

a. G

suitant Gy :

$$P_y + f_y + R_{Ny} = m a_{Gy} \quad P_y = -mg \cos \alpha$$

$$-mg \cos \alpha + 0 + R = 0$$

$$R_y = R$$

$$f_y = 0$$

$$a_{Gy} = 0$$

chute verticale avec et sans frottement.

Poids: force de pesanteur appliquée par la terre sur le corps $\vec{P} = m\vec{g}$

Poussée d'Archimède: force exercée par un fluide sur un corps, lorsque il est immergé totalement ou partiellement dans le fluide $\vec{F}_A = -\varphi V \cdot \vec{g}$

Frottement: une force exercée par un fluide sur un corps en mouvement dans le fluide $\vec{f} = -k \text{ ou } k \vec{v}$

k : dépend de la force et la taille et la matière du fluide

$$A = g \left(1 - \frac{\varphi V_s}{m_s} \right)$$

$$B = \frac{k}{m} = \frac{1}{\tau}$$

Eq diff du mov.

$$\frac{dv_o}{dt} = A - B v_o^n \quad \text{ou} \quad \frac{dv_o}{dt} + B v_o^n = A$$

$$v_{li} = \sqrt[n]{\frac{g(m_s - \varphi_p V_s)}{k}}$$

$$A = a_0 = g \left(\frac{m_s - \varphi_p V_s}{m_s} \right)$$

τ : le temps caractéristique du mouvement

$$\tau = \frac{m}{k}$$

$$a_0 = \frac{v_{li}}{\tau}$$

Méthode d'Euler: une méthode numérique permettant de donner une solution approchée de l'équation diff du mov de G lors de chute avec frottement

Δt : le pas

$$a_i = A - B v_i^n$$

$$v_i = a_{i-1} \cdot \Delta t + v_{i-1}$$

resultat exp = theor $\Rightarrow$ la modélisation de la force de frottement est valide

$$\tau = \frac{k}{m}$$

$$k \rightarrow \text{Kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Les trois lois de Newton

$$a_c = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x}$$

$$\vec{a}_c \begin{cases} a_r = \frac{dv}{dt} \\ a_\varphi = \frac{v^2}{\rho} \end{cases}$$

1^{ère} loi de Newton : "dans un référentiel Galiléen, si la somme vectorielle des forces extérieures appliquées à un solide est nulle, $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$, le vecteur vitesse de son centre reste constant"

2^{ème} loi de Newton : "dans un référentiel Galiléen, la somme vectorielle des forces extérieures appliquées à un solide est égale au produit de la masse du solide par le vecteur accélération de son centre d'inertie"

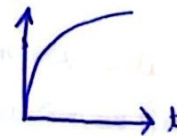
$$\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a}_c \quad \text{ou} \quad \sum \vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

3^{ème} loi de Newton

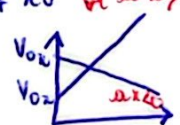
si un corps A exerce une force $\vec{F}_{A/B}$ sur un corps B, alors le corps B exerce une force $\vec{F}_{B/A}$ sur le corps A, telle que:

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} \quad \text{ou} \quad \vec{F}_{A/B} + \vec{F}_{B/A} = \vec{0}$$

Le mouvement uniforme : $v(t) = v_0$
 $x(t) = v_0 t + x_0$



Le mouvement uniformément varié : $v(t) = a t + v_0$
 $x(t) = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t + x_0$



Relation indépendante du temps

$$v_f^2 - v_i^2 = 2 a \Delta x \quad (v_f - v_i)$$

Repos de frenet : $\vec{u}$ le sens du mouvement
 $\vec{n}$ vers le centre de courbure

Mot d'un projectile dans un champ uniforme

$$\text{à } t = 0 \quad \begin{aligned} V_{0x} &= V_0 \cos \alpha \\ V_{0y} &= V_0 \sin \alpha \end{aligned}$$

La trajectoire du projectile est une parabole

La flèche : c'est la distance entre le sommet de la trajectoire et l'axe des abscisses

$$\frac{dy}{dt} = v_y(t) = 0$$

$$y_f = \frac{V_0^2 \sin^2(\alpha)}{2g}$$

La portée : la portée est l'abscisse x_p du pt P, le pt du vol sur lequel arrive le projectile après son chute $y = 0$

Mvt d'un projectile dans un champ uniforme

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= 0 & v_{0x} &= v_0 \cos \alpha \\ v_{0y} &= v_0 \sin \alpha \end{aligned}$$

La trajectoire du projectile est une parabole

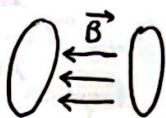
La flèche : c'est la distance entre le sommet de la trajectoire et l'axe des abscisses

$$\frac{dy}{dt} = v_y(t) = 0$$

$$y_F = \frac{v_0^2 \sin^2(\alpha)}{2g}$$

La portée : la portée est l'abscisse x_P du pt P, le pt du sol sur lequel arrive le projectile après sa chute $y = 0$

Not d'une particule chargée dans un champ.



unité de B: Tesla

vers l'avant $\vec{B} \odot$

vers l'arrière $\vec{B} \otimes$

le champ B n'a pas d'accélération $\Rightarrow$ particule garde sa vitesse

$$\vec{u} \cdot \vec{v} = \|\vec{u}\| \|\vec{v}\| \cos(\vec{u}, \vec{v})$$

$$\vec{u} \wedge \vec{v} = \|\vec{u}\| \|\vec{v}\| \sin(\vec{u}, \vec{v})$$

$$F = |q| \|\vec{v}\| \|\vec{B}\| \sin \frac{\pi}{2}$$

$$F = |q| \cdot v \cdot B$$

vitesse constante:

puissance $\rightarrow P = \vec{F} \cdot \vec{v}$

$$P = \|\vec{F}\| \|\vec{v}\| \cos(\vec{F}, \vec{v})$$

$$= Fv \cdot \cos \frac{\pi}{2}$$

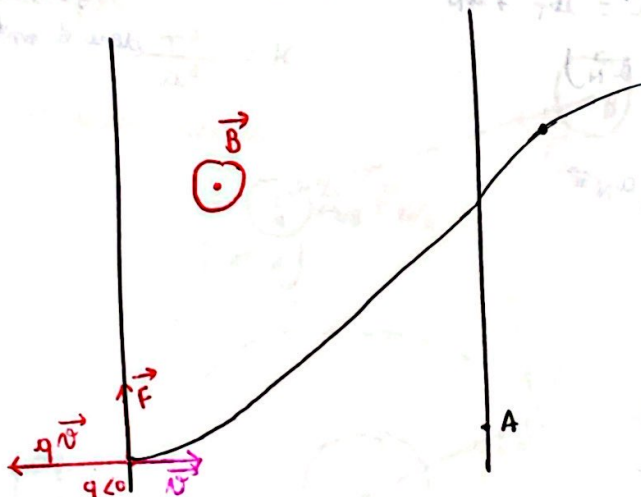
$$= 0$$

$$P = \frac{dE_c}{dt} = 0 \Rightarrow E_c = \text{cte}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \text{cte}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 E_c}{m}}$$

$$P = \frac{W(\vec{F})}{\Delta t}$$



Pour le champ:

$$\vec{p} = \vec{0}$$

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$$

$$p = m v$$

$$p = 9,3 \times 10^{-32} \times 10$$

$$p = 9,3 \times 10^{-30} \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}$$

$$\vec{F} = q \vec{v} \wedge \vec{B} = \vec{0}$$

$$a_r = 0$$

$$\frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = \text{cte} \Rightarrow \text{mvt uniforme}$$

on applique la 2^e loi de Newton.

$$\sum \vec{F}_{ext} = m \vec{a}_N \quad (\vec{a} = \vec{a}_N = \vec{a}_c)$$

$$\vec{F} = m \vec{a}_N$$

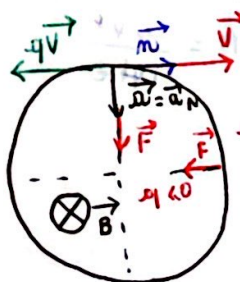
$$q \vec{v} \wedge \vec{B} = m \vec{a}_N$$

$$|q| v B \vec{n} = m a_N \vec{n}$$

$$|q| v B = m a_N$$

$$|q| v B = m \cdot \frac{v^2}{r} \quad a_N = \frac{v^2}{r}$$

$$|q| B = \frac{m v}{r} \quad r = \frac{m v}{|q| B} = \text{cte}$$

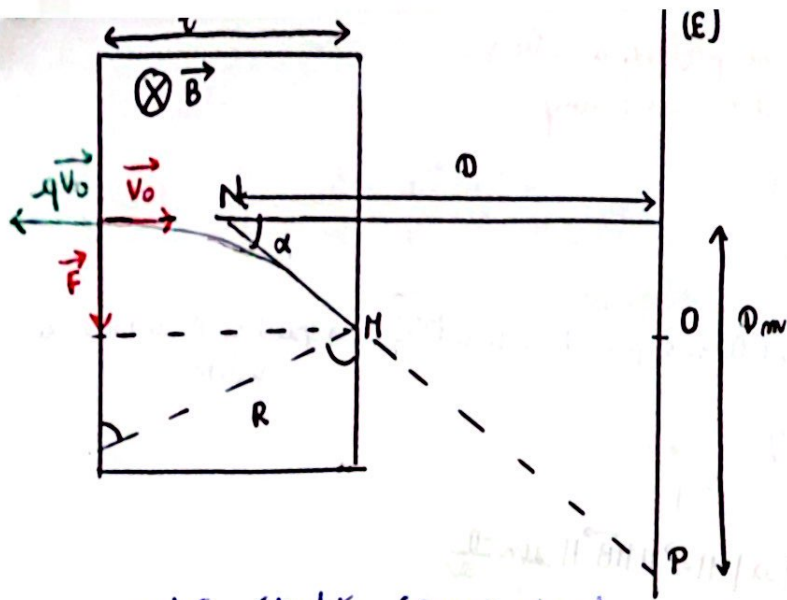


centripète

Study well

good luck

$r = \text{cte} \Rightarrow$ trajectoire circulaire.



système étudié : { fluxon de e^- }

Bilan des forces :

$$\vec{F} = q \vec{v}_0 \wedge \vec{B} \text{ force magnétique}$$

- après l'essai approx galiléen

Application de la 2^e loi de Newton

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

$$q \vec{v}_0 \wedge \vec{B} = m \vec{a}; \vec{a} = \vec{a}_T + \vec{a}_N$$

$$|q| v_0 B \vec{m} = m (\vec{a}_T + \vec{a}_N)$$

$$\begin{cases} a_T \vec{m} = 0 \\ |q| v_0 B \vec{m} = m a_N \vec{m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} a_T = 0 \\ |q| v_0 B = m a_N \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} R = \text{cte} \Rightarrow \text{mvt circulaire} \\ |q| v_0 B = m \cdot \frac{v_0^2}{R} \end{cases}$$

$$\Rightarrow R = \frac{m v}{e}$$

$$D_m = f(l; q; B; D; m; v_0)$$

$$\sin d = \frac{l}{R}$$

d est très petite

$$\tan d \approx d$$

$$\sin d \approx d$$

$$\tan d = \frac{D_m}{D}$$

$$d = \frac{l}{R}$$

$$d = \frac{D_m}{D}$$

$$\frac{l}{R} = \frac{D_m}{D}$$

$$D_m = \frac{l}{R} \cdot D$$

$$\text{or } R = \frac{m \cdot v_0}{|q| B}$$

$$D_m = m l \cdot D = \frac{|q| B}{m v_0}$$

Hq le mvt des ions est plan

$$\vec{\omega} \perp \vec{B} \text{ et } \vec{B} \parallel \vec{e}_z \text{ donc } \omega_z = 0$$

$$\omega_z(t) = \omega_0 z = 0$$

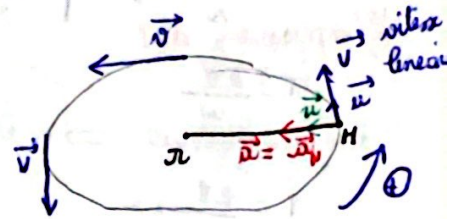
donc le mvt de la particule est plan

Mot des satellites et planet

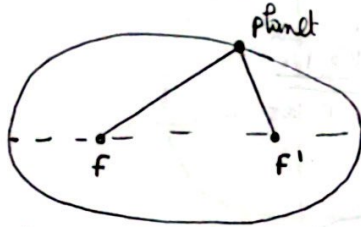
$$\vec{a} = \vec{a}_T + \vec{a}_N$$

$$\vec{a} = a_T \vec{u} + a_N \vec{u} \text{ avec } a_T = \frac{dv}{dt} = 0$$

$$\vec{a} = \vec{a}_N \text{ est centripete}$$



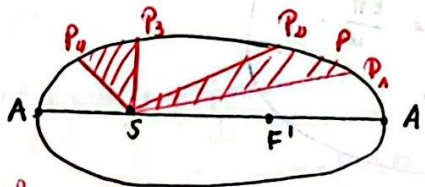
1^{er} loi de Kepler:



$$FP + F'P = 2a$$

2^{er} loi de Kepler

2a : grande axe ellipse

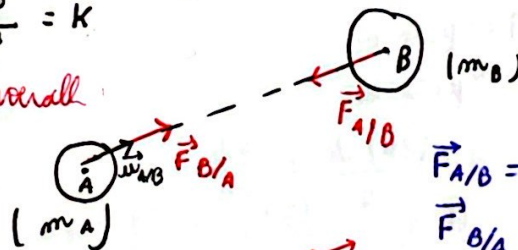


$$S_A = S \omega \text{ pendant } \Delta t_A = \Delta t_\omega$$

3^{er} loi de Kepler

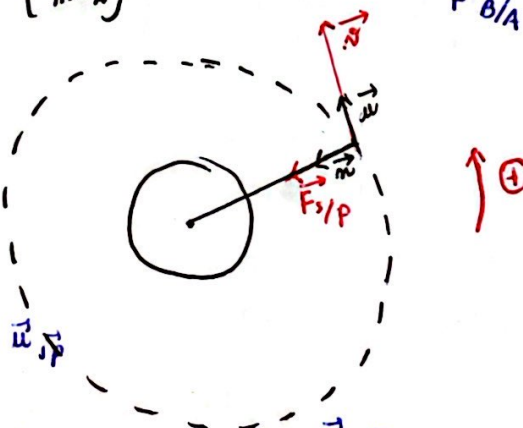
$$\frac{T^2}{a^3} = K$$

La loi de gravitation universelle



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

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



système étudié {P}

Bilan des forces

$$\vec{F}_{S/P} = -G \cdot \frac{m_s \cdot m_p}{AB^2} \vec{u}_{S/P}$$

• repère supposé galiléen

Application de la 2^e loi de Newton

$$\sum \vec{F}_{ext} = m_p \vec{a}_p$$

$$\vec{F}_{S/P} = m_p \vec{a}_p$$

$$-G \cdot \frac{m_s \cdot m_p}{s_{P^2}} \vec{u}_s = m_p \vec{a}_p$$

$$\text{on a } \vec{u}_{S/P} = -\vec{u}$$

$$\text{donc } a_c = G \cdot \frac{m_s}{r^2} \cdot \vec{u}$$

dans le repère de Frenet (P; $\vec{u}$; $\vec{n}$)

$$\vec{a}_c = \vec{a}_T + \vec{a}_N$$

$$\vec{a}_c = a_T \vec{u} + a_N \vec{n}$$

$$\begin{cases} a_T \vec{u} = 0 \\ a_N \vec{n} = G \cdot \frac{m_s}{r^2} \cdot \vec{n} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} a_T = 0 \\ a_N = G \cdot \frac{m_s}{r^2} = \frac{v^2}{r} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{dv}{dt} = 0 \\ r = \frac{G m_s}{v^2} \end{cases}$$

$\Rightarrow \begin{cases} v = \text{cte} \\ r = \text{cte} \end{cases}$
donc le ms de p autour du soleil est circulaire uniforme

$$d \approx d'$$

$$d \approx d.$$

$$\frac{R}{R} = \frac{Dm}{D}$$

$$n = \frac{e}{R} \cdot D$$

$$R = \frac{m \cdot V_0}{|q| B}$$

$$D = \frac{|q| B}{m V_0}$$

plan

o

o

particule et pla

expression de v .

$$v = \frac{G \cdot m_s}{\lambda} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{G \cdot m_s}{\lambda}}$$

l'expression de r

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\text{on a } v = r\omega \Rightarrow \omega = \frac{v}{r}$$

$$T = \frac{2\pi}{v} \cdot r$$

$$\text{on sait que } v = \sqrt{\frac{G \cdot m_s}{r}}$$

$$T = \frac{2\pi r}{\sqrt{\frac{G \cdot m_s}{r}}} = \frac{2\pi \sqrt{r^3}}{\sqrt{G \cdot m_s}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G \cdot m_s}}$$

$$\omega = \frac{v}{R}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

verification de la 3^e loi de Kepler

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G \cdot m_s}} \Rightarrow T^2 = 4\pi^2 \cdot \frac{r^3}{G \cdot m_s}$$

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot m_s} = \text{cte}$$

donc 3^e loi de Kepler est vérifiée

Rotation

$$\mathcal{L}_A(\vec{F}_{ext}) = J_A \ddot{\theta}$$

$$V = r\omega$$

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

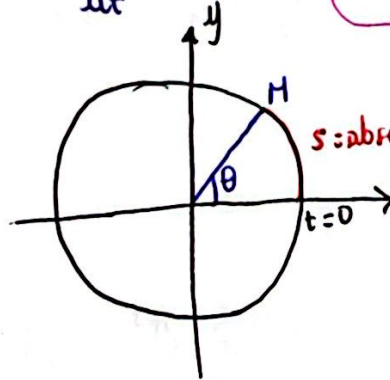
$$\frac{dV}{dt} = r \frac{d\omega}{dt}$$

$$\omega = \dot{\theta}$$

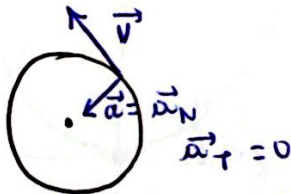
$$a = R\ddot{\theta}$$

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

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



s: abscisse arc-longue



si le mot est uniforme
 $\ddot{\theta} = 0$; $V = R\dot{\theta} \Rightarrow \dot{\theta} = \frac{V}{R} = \text{cte}$
 $a_T = 0 \Rightarrow V = \text{cte}$ et $a_N = \frac{V^2}{R}$



Mot uniforme uniformément
 $\vec{a} = \vec{a}_N + \vec{a}_T$
 $\dot{\theta} = \text{cte}$ $a = R\ddot{\theta}$
 $\ddot{\theta} = \frac{a}{R} = \text{cte}$

$$s = R\theta$$

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

La composante tangentielle
 La composante normale

$$a_T = \frac{dv}{dt} = \frac{d(R\dot{\theta})}{dt} = R \cdot \frac{d\dot{\theta}}{dt} = R\ddot{\theta}$$

$$a_N = \frac{v^2}{R} = \frac{(R\dot{\theta})^2}{R} = \frac{R\dot{\theta}^2}{R}$$

$$a_T = R\ddot{\theta}$$

$$a_N = R\dot{\theta}^2$$

Rappel: mot uniforme $\ddot{\theta} = 0$ $\dot{\theta} = \text{cte}$ $\ddot{\theta} = 0$

eq horaire $\theta(t) = \dot{\theta}(t)t + \theta_0$

Mot uniforme uniformément vari

$$\theta(t) = \frac{1}{2} \ddot{\theta} t^2 + \dot{\theta}_0 t + \theta_0$$

$$\dot{\theta}(t) = \frac{d\theta}{dt} = \ddot{\theta} t + \dot{\theta}_0$$

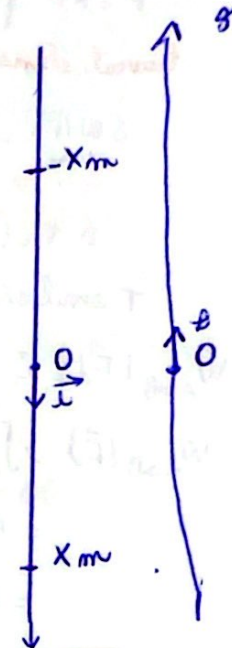
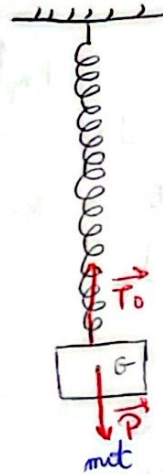
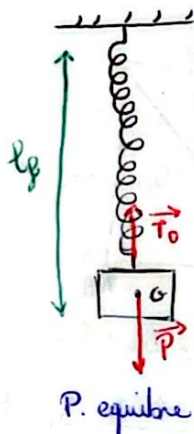
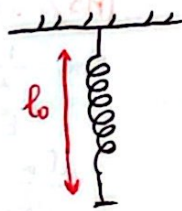
$$\mathcal{L}_A(\vec{F}_{ext}) = \pm F \cdot d$$

sans glissement: $a = R\ddot{\theta}$

roule sans glissement: $r = r'$

Pendule élastique

24



position d'équilibre

1^{er} Loi Newton

$$\vec{P} + \vec{T}_0 = \vec{0}$$

$$mg - K\Delta l = 0$$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m \dot{x}^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} K x^2$$

$$E_p = E_{pp} + E_{pe}$$

$$E_{pe} = \frac{1}{2} K (\Delta l + x)^2 + \dots$$

$$l = ?$$

$$E_{pe} = 0 \text{ qd } x = 0$$

$$0 = \frac{1}{2} K (\Delta l_0 + 0)^2 + \dots$$

$$l = -\frac{1}{2} K \Delta l_0^2$$

$$E_{pe} = \frac{1}{2} K (\Delta l_0 + x)^2 - \frac{1}{2} K \Delta l_0^2$$

$$= \frac{1}{2} K x^2 + \frac{1}{2} K \Delta l_0^2 + K \Delta l_0 x - \frac{1}{2} K \Delta l_0^2$$

$$E_{pe} = \frac{1}{2} K x^2 + K \Delta l_0 x$$

$$E_{pp} = mgz + \dots$$

état de réf. $E_{pp} = 0$ qd $z = 0$

$$l = 0$$

$$E_{pp} = mgz$$

$$= -mgx$$

$T = K\Delta l$ position de mvt

2^{er} loi de Newton

$$\vec{P} + \vec{T}_0 = m\vec{a}$$

$$mg - K(\Delta l + x) = m\ddot{x}$$

$$\frac{mg - K\Delta l - Kx}{0} = m\ddot{x}$$

$$m\ddot{x} + Kx = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{K}{m}x = 0$$

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

on a $x = X_m \cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \phi)$

$$\frac{dx}{dt} = -X_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} \sin(\frac{2\pi}{T_0}t + \phi)$$

$$\text{et } \frac{d^2x}{dt^2} = -X_m \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \phi)$$

$$= -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 x$$

$$-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 x + \frac{K}{m}x = 0$$

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

unité de T_0

$$[T_0] = \sqrt{\frac{[m]}{[K]}}$$

$$[T_0] = \sqrt{\frac{[M]}{[N] [L^{-1}]}}$$

$$[T_0] = [s]$$

$$\begin{aligned} T &= K\Delta l \\ [K] &= \frac{[F]}{[L]} = \frac{[M][L][T^{-2}]}{[L]} = [M][T^{-2}] \\ [K] &= [N][L^{-1}] \end{aligned}$$

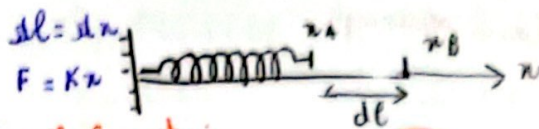
$$E_p = \frac{1}{2} K x^2 + K \Delta l_0 x - mgx$$

d'après état d'éq on a :

$$\vec{T} + \vec{P} = \vec{0} \Leftrightarrow mg - K\Delta l_0 = 0$$

$$E_p = \frac{1}{2} K x^2 + \underbrace{x(K\Delta l_0 - mg)}_0$$

$$E_p = \frac{1}{2} K x^2$$



(H1) travail élémentaire

$$\delta W(\vec{F}) = \vec{F} \cdot d\vec{l}$$

$$= F \cdot dl$$

$$\delta W_i(\vec{F}) = Kx \cdot dx$$

Travail entre A et B

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \int_A^B \delta W_i(\vec{F})$$

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \int_A^B Kx \cdot dx$$

$$= K \int_A^B x \cdot dx$$

$$= K \left[\frac{x^2}{2} \right]_A^B$$

$$= \frac{1}{2} K(x_B^2 - x_A^2)$$

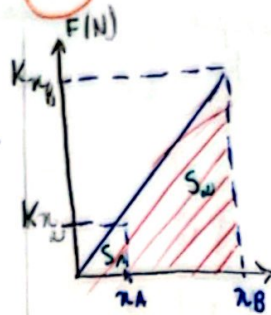
$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \frac{1}{2} K(x_B^2 - x_A^2)$$

$$\text{ou } \vec{F} = -\vec{T}$$

$$W(\vec{F}) = -W(\vec{T})$$

$$W(\vec{T}) = \frac{1}{2} K(x_A^2 - x_B^2)$$

(H2)



$$W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = S_B - S_A$$

$$S_B = \frac{Kx_B x_B}{2} \quad S_A = \frac{Kx_A x_A}{2}$$

$$W(\vec{F})_{A \rightarrow B} = \frac{Kx_B^2}{2} - \frac{Kx_A^2}{2}$$

$$= \frac{1}{2} K(x_B^2 - x_A^2)$$

$$W(\vec{T})_{A \rightarrow B} = -W(\vec{F})_{A \rightarrow B}$$

$$W(\vec{T})_{A \rightarrow B} = \frac{1}{2} K(x_A^2 - x_B^2)$$

(H3)

$$E_m = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} K x^2$$

$$E_m = \text{cte}$$

$$\frac{dE_m}{dt} = 0$$

$$\frac{1}{2} m \frac{d}{dt} (\dot{x}^2) + \frac{1}{2} K \frac{d}{dt} (x^2) = 0$$

$$m \dot{x} \ddot{x} + K x \dot{x} = 0$$

$$\dot{x} \left(m \ddot{x} + K x \right) = 0$$

$$\text{Hg } E_m = \text{cte}$$

$$\text{ou } E_m = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} K x^2$$

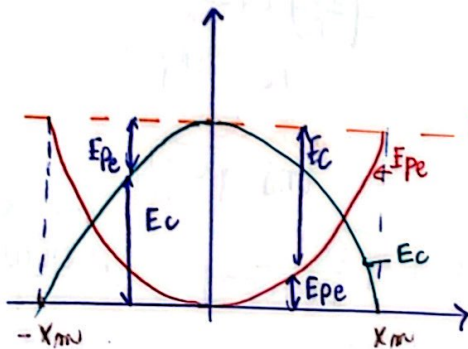
$$\frac{dE_m}{dt} = \frac{1}{2} m \frac{d}{dt} (\dot{x}^2) + \frac{1}{2} K \frac{d}{dt} (x^2)$$

$$= m \dot{x} \ddot{x} + K x \dot{x}$$

$$= m \dot{x} \left(\ddot{x} + \frac{K}{m} x \right)$$

$$= 0$$

$$\text{donc } E_m = \text{cte}$$



$$E_m = \frac{1}{2} K x_m^2$$

$$\text{Hg } E_m = E_{p \max} = \frac{1}{2} K x_m^2$$

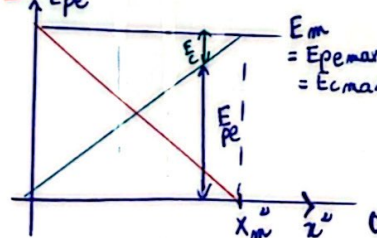
$$E_m = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} K x^2$$

$$= \frac{1}{2} m x_m^2 \left(\frac{2\pi}{T_0} \right)^2 \sin^2 \left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi \right) + \frac{1}{2} K x_m^2 \cos^2 \left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi \right)$$

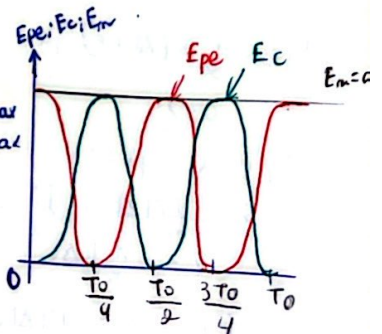
$$= \frac{1}{2} K x_m^2 \sin^2 \left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi \right) + \frac{1}{2} K x_m^2 \cos^2 \left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi \right)$$

$$= \frac{1}{2} K x_m^2 \left(\sin^2 \left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi \right) + \cos^2 \left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi \right) \right)$$

$$= \frac{1}{2} K x_m^2$$

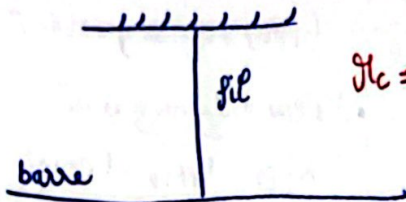


$$E_m = E_{p \max} = E_{c \max}$$

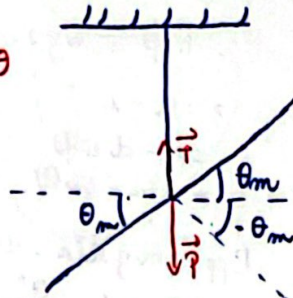


Pendule de torsion. $E_{pt} = \frac{1}{2} C \theta^2 + \frac{1}{2} m \dot{\theta}^2$

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



$$J_C = -C\theta$$



$$\sigma = 0; E_c = 0; E_{pt} = E_{pmax}$$

$$v = v_{max}; E_c = E_{cmax}; E_{pt} = 0$$

$$E_{pt} = E_{ptmax}$$

$$v_0 = 0; E_c = 0$$

$$\ddot{\theta} + \frac{C}{J_\Delta} \theta = 0$$

$$\theta(t) = \theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right)$$

$$\text{on a } dW(J_C) = dJ_C \cdot d\theta; J_C = -C\theta$$

$$dW(J_C)_{\theta_1 \rightarrow \theta_2} = -C d\theta$$

$$W_{\theta_1 \rightarrow \theta_2}(J_C) = -C \int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta$$

$$W_{\theta_1 \rightarrow \theta_2}(J_C) = -C \left[\frac{\theta}{2} \right]_{\theta_1}^{\theta_2}$$

$$W_{\theta_1 \rightarrow \theta_2}(J_C) = \frac{1}{2} C (\theta_1^2 - \theta_2^2)$$

relation entre ΔE_{pt} et $W_{\theta_1 \rightarrow \theta_2}$

$$\Delta E_{pt} = E_{pt2} - E_{pt1}$$

$$= \frac{1}{2} C \theta_2^2 + \frac{1}{2} m \dot{\theta}_2^2 - \frac{1}{2} C \theta_1^2 + \frac{1}{2} m \dot{\theta}_1^2$$

$$= \frac{1}{2} C (\theta_2^2 - \theta_1^2)$$

$$\Delta E_{pt} = -W_{\theta_1 \rightarrow \theta_2}$$

Les forces $\vec{P}$; $\vec{T}$; J_Δ

R.F.D.R.

$$\sum \mathcal{M}(\vec{P}_i) = J_\Delta \ddot{\theta}$$

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

$$0 + 0 - C\theta = J_\Delta \ddot{\theta}$$

$$\ddot{\theta} + \frac{C}{J_\Delta} \theta = 0$$

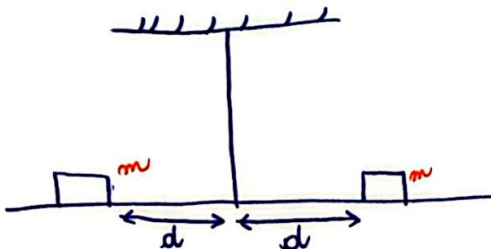
$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_\Delta}{C}}$$

$E_{pt} = ?$

$$E_p(t) = \frac{1}{2} C \theta^2 + \frac{1}{2} m \dot{\theta}^2$$

$$E_{pt} = 0 \text{ et } \theta = 0$$

$$E_p(t) = 0 = \frac{1}{2} C \theta^2 = \frac{1}{2} m \dot{\theta}^2$$



$T_\Delta = ?$

$$J_\Delta = J_0 + m d^2 + m d^2$$

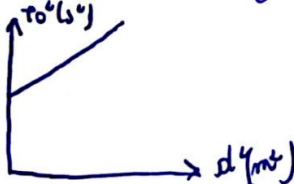
$$= J_0 + 2m d^2$$

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

$$= 2\pi \sqrt{\frac{J_0 + 2m d^2}{C}}$$

$$T_0^2 = \frac{4\pi^2 J_0}{C} + \frac{8\pi^2 m d^2}{C}$$

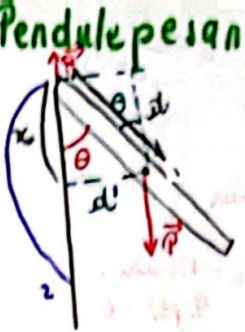
$$T_0^2 = \frac{8\pi^2 m}{C} d^2 + \frac{4\pi^2 J_0}{C}$$



$$E_c = \frac{1}{2} J_\Delta \dot{\theta}^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} C \theta^2$$

Pendule pesant



$$E_c = \frac{1}{2} J \Delta \dot{\theta}^2$$

$$E_{pp} = \frac{1}{2} m g d \theta^2$$

$$\Delta E_{pp} = -W(\vec{P})_{\theta_1 \rightarrow \theta_2}$$

$$E_{pp} = m g z_1$$

$$E_{pp(\omega)} = \frac{1}{2} m g \cdot d \theta_1^2$$

$$z = d - z$$

$$= d - d \cos \theta$$

$$= d(1 - \cos \theta)$$

$$E_{pp(\omega)} = \frac{1}{2} m g d \theta_2^2$$

$$\Delta E_{pp} = E_{pp(\omega)} - E_{pp(\omega)}$$

$$= \frac{1}{2} m g d \theta_2^2 - \frac{1}{2} m g d \theta_1^2$$

$$= \frac{1}{2} m g d (\theta_2^2 - \theta_1^2)$$

$$E_{pp} = m g d (1 - \cos \theta)$$

$$\cos \theta = 1 - \frac{\theta^2}{2}$$

$$E_{pp} = m g d (1 - 1 + \frac{\theta^2}{2})$$

$$E_{pp} = m g d \frac{\theta^2}{2}$$

$$E_{pp} = \frac{1}{2} m g d \cdot \theta^2$$

$$W_{\theta_1 \rightarrow \theta_2}(\vec{P}) = m g (z_1 - z_2)$$

$$= m g (d(1 - 1 + \frac{\theta_1^2}{2}) - d(1 - 1 + \frac{\theta_2^2}{2}))$$

$$= m g d (\frac{\theta_1^2}{2} - \frac{\theta_2^2}{2})$$

$$= -\frac{1}{2} m g d (\theta_2^2 - \theta_1^2)$$

$$= -\frac{1}{2} m g d (\theta_2^2 - \theta_1^2)$$

$$= -\Delta E_{pp}$$

$$\Delta E_c = W(\vec{P})$$

si les frottements sont négligeables

$$E_m = \text{cste et } \Delta E_m = 0$$

$$E_m = E_{pp \text{ max}}$$

$$= \frac{1}{2} m g d \theta_{\text{max}}^2$$

$$= \frac{1}{2} J \Delta \dot{\theta}_{\text{max}}^2$$

$$\Delta E_m = 0 \Rightarrow \Delta E_{pp} = -\Delta E_c$$

$$\Rightarrow \Delta E_c = W(\vec{P})$$

Application de R.F.D.R.

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

$$\mathcal{M}(\vec{P}), \mathcal{M}(\vec{R}) = J \Delta \ddot{\theta}$$

$$\mathcal{M}(\vec{R}) = 0$$

$$\mathcal{M}(\vec{P}) = J \Delta \ddot{\theta}$$

$$-P d = J \Delta \ddot{\theta}$$

$$-m g d \sin \theta = J \Delta \ddot{\theta}$$

$$-m g d \cdot \theta = J \Delta \ddot{\theta}$$

$$\ddot{\theta} + \frac{m g d \cdot \theta}{J \Delta} = 0$$

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J \Delta}{m g d}}$$

$$\text{si } \theta \gg 15^\circ \quad E_{pp} = m g d (1 - \cos \theta)$$

$$\text{si } \theta \leq 15^\circ \quad E_{pp} = \frac{1}{2} m g d \theta^2$$

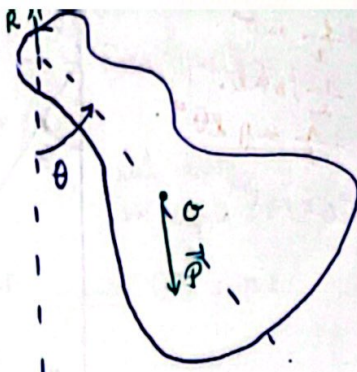
Expression de E_m .

$$E_m = E_{pp} + E_c$$

$$= m g d + \frac{1}{2} J \Delta \dot{\theta}^2$$

$$E_m = \frac{1}{2} m g d \theta^2 + \frac{1}{2} J \Delta \dot{\theta}^2$$

Pendule pesant.



R.F.D.R.: Forces: $\vec{P}$ et $\vec{R}$.

$$\partial(\vec{R}) + \partial(\vec{P}) = J_{\Delta} \ddot{\theta}$$

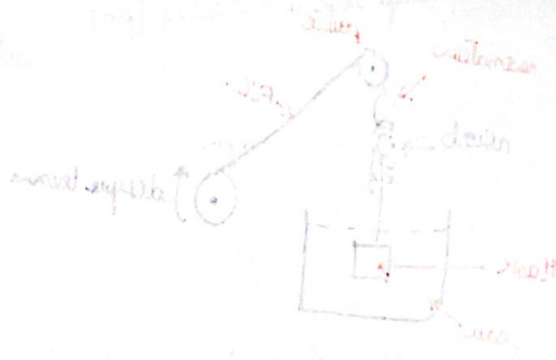
$$\partial_{\Delta}(\vec{P}) = J_{\Delta} \ddot{\theta}$$

$$-m g \sin \theta = J_{\Delta} \ddot{\theta}$$

$$-m g OG \sin \theta = J_{\Delta} \ddot{\theta}$$

$$\ddot{\theta} + \frac{m g OG}{J_{\Delta}} = 0$$

pour avoir le centre d'inertie
d'un corps hétérogène on utilise
$$\vec{OG} = \frac{\sum m_i \cdot \vec{OH}_i}{\sum m_i}$$



Pendule simple :

$$\sum \mathcal{M}_A(\vec{F}_{ext}) = J \ddot{\theta}$$

$$\mathcal{M}_A(\vec{P}) + \mathcal{M}_A(\vec{T}) = J \ddot{\theta}$$

$$-p \cdot d = J \ddot{\theta}$$

$$J \ddot{\theta} + mgl \sin \theta = 0$$

donc le cas de petit oscillation :

$$\ddot{\theta} + \frac{mgl}{J} \theta = 0$$

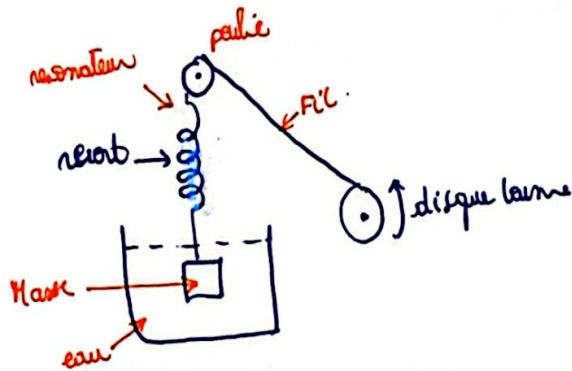
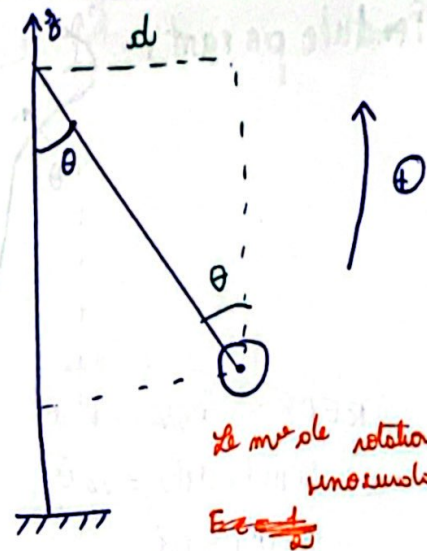
$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l} \theta = 0$$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

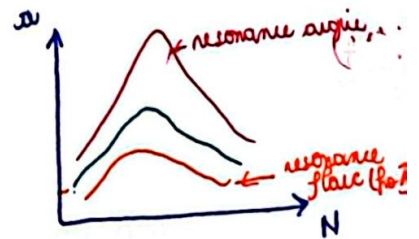
$$= \frac{1}{2} J \dot{\theta}^2$$

$$E_{pp} = \frac{1}{2} m g l \theta^2$$

$$J = m l^2$$



à la résonance $f = f_0$
ou $N = N_0$

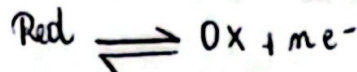


Transformations rapides et transformations lentes.

Oxydo - réduction

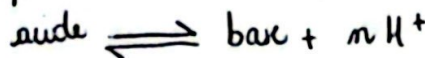
Ox / red

red donne les e^-
ou capte les e^-



Acide - base

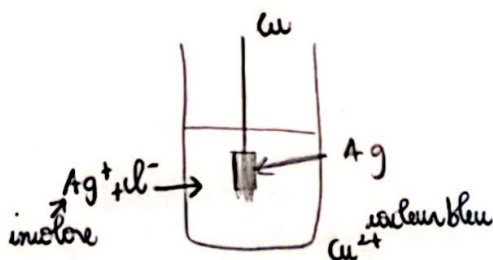
Acid / base



acide donne H^+
base capte H^+

$\text{H}_3\text{O}^+ (\text{H}^+)$ ion oxonium

HO^- (ion hydroxyde)



Cl^- spectateur assure la neutralité de la solution

(aq) utilisé d'eau pour donner l'échelle de pH.

Fe^{2+} : vert

Fe^{3+} : couleur nulle

MnO_4^- : violet

L'oxydant est toute espèce chimique capable d'acquies des e^- lors d'une réaction chimique, et susceptible de se réduire ou s'oxydant selon l'équation $\text{Ox} + ne^- \rightleftharpoons \text{red}$

Le réducteur est toute espèce chimique capable de perdre des e^- lors d'une réaction chimique et susceptible de s'oxyder en oxydant selon : $\text{red} \rightleftharpoons \text{Ox} + ne^-$

Les transformations rapides : sont des transformations qui se produisent rapidement, de sorte que nous ne pouvons pas suivre leur évolution avec l'œil nu ou avec des appareils mesurant disponibles en laboratoire, c'est-à-dire qu'il est impossible de distinguer des états intermédiaires.

Les transformations lentes : sont des transformations qui durent de quelques secondes à plusieurs heures, de sorte que leur évolution peut être suivie à l'œil nu ou avec des appareils de mesure.

Quelques techniques physiques.

Manométrie : des transformations accompagnées d'une modification de n des gaz
calculer la pression

Conductimétrie : transformations ioniques

pH-mètre : on mesure de H_3O^+ et HO^-

influence de température $T \uparrow$ et $v \uparrow$ est et vice versa.

La concentration initiale des réactifs $[]_0 \uparrow \Rightarrow v \uparrow$

valeurs physiques qui sont

la mesure du volume en l

ne l

Si je calcule σ

C doit être en mol/m^{-3}

?!!

$$G = \sigma \cdot \frac{S}{L}$$

$\uparrow$ $\uparrow$ $\uparrow$
 s s m^{-2} $\frac{\text{m}^2}{\text{m}}$

$$\sigma = \sum_i \lambda_i c_i$$

$\uparrow$ $\uparrow$ $\leftarrow$
 s m^{-2} $\text{s m}^{-2} \cdot \text{mol}^{-1}$ mol m^{-3}

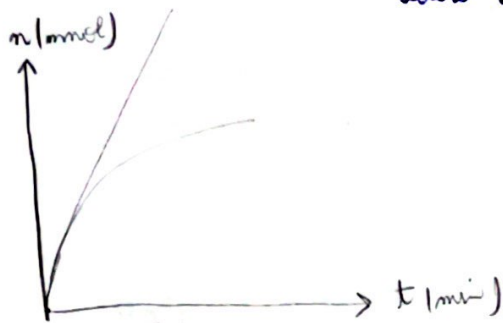
$\frac{I_{\text{violet}}}{I_{\text{violet}}}$

Les méthodes physiques : sont utilisées lorsque certaines grandeurs physiques qui sont mesurables sont liées à la conductivité, pH mètre ou à la mesure du volume ou la pression et aussi la spectrophotométrie.

- Les méthodes chimiques : on utilise dosage pour déterminer la m ou Γ des réactifs ou de produits

$\text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$ courbe temporel d'une transformation chimique
 $v(t) = \frac{1}{V_s} \cdot \frac{dx}{dt}$ vitesse de la réaction
 $\frac{dx}{dt}$: la pente de la tangente à la courbe

à la fin de la réaction : x_{max} attend son max : $x_{\text{max}} = \text{cte}$
 alors $v(t) = 0$
 car la dérivée d'une cte est 0



$\frac{dx}{dt} = \tan \alpha$
 $\Rightarrow$ si la tangente s'approche de 0 y
 la pente augmente

Le temps de demi-réaction $t_{\frac{1}{2}}$ si $t = t_{\frac{1}{2}}$ alors $x = \frac{x_{\text{max}}}{2}$

Mesure de pression :

à $t=0$ $P_{\text{atm}} \cdot V = n_0 RT \Rightarrow P_{\text{atm}} = \frac{n_0 RT}{V}$

à t $P \cdot V = (n_0 + n_t) \cdot RT$

$P \cdot V = n_0 RT + n_t RT$

$P = \frac{n_0 RT}{V} + \frac{n_t RT}{V}$

$P = P_{\text{atm}} + n_t \frac{RT}{V}$

$P - P_{\text{atm}} = n_t \frac{RT}{V}$

$\Delta P = n_t \cdot \frac{RT}{V}$

on a $x(t) = \frac{\Delta P \cdot V}{RT}$ ①

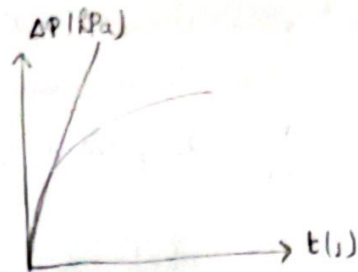
$x_{\text{max}} = \frac{\Delta P_{\text{max}} \cdot V}{RT}$ ②

$\frac{①}{②} \Rightarrow \frac{x_t}{x_{\text{max}}} = \frac{\frac{\Delta P \cdot V}{RT}}{\frac{\Delta P_{\text{max}} \cdot V}{RT}}$

$\Rightarrow \frac{x_t}{x_{\text{max}}} = \frac{\Delta P}{\Delta P_{\text{max}}}$

$\Rightarrow x_t = \frac{\Delta P}{\Delta P_{\text{max}}} \cdot x_{\text{max}}$

$$\Delta P = f(t)$$



$$x(t) = \Delta P \cdot \frac{V}{RT}$$

$$\Delta P = x(t) \cdot \frac{RT}{V}$$

$$\text{Calculer } v(t=0) = ?$$

$$x(t) = \Delta P \cdot \frac{V}{RT}$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\Delta P \cdot \frac{V}{RT} \right)$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{V}{RT} \frac{d\Delta P}{dt}$$

$$v(t) = \frac{1}{V_s} \cdot \frac{dx}{dt} \Rightarrow v(t) = \frac{1}{V_s} \cdot \frac{V}{RT} \cdot \frac{d\Delta P}{dt}$$

La conductivité

$$\sigma(t) = \lambda_{H^+} \cdot [H^+] + \lambda_{Cl^-} \cdot [Cl^-] \quad [H^+] = [Cl^-]$$

$$\sigma(t) = [H^+] (\lambda_{H^+} + \lambda_{Cl^-})$$

$$\sigma(t) = \frac{xt}{V} (\lambda_{H^+} + \lambda_{Cl^-})$$

$$\text{à } t \quad \sigma(t) = \frac{xt}{V} (\lambda_{H^+} + \lambda_{Cl^-})$$

$$\text{à } t = t_{max} \quad \sigma_{max} = \frac{x_{max}}{V} (\lambda_{H^+} + \lambda_{Cl^-})$$

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{max}} = \frac{x_1}{x_{max}}$$

$$x(t) = \frac{\sigma_1}{\sigma_{max}} \cdot x_{max}$$

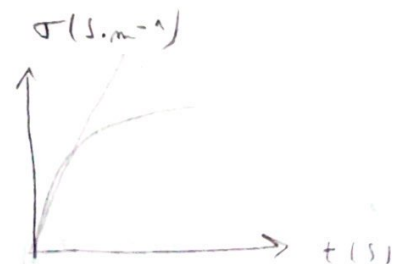
$$\frac{dx}{dt} = \frac{x_{max}}{\sigma_{max}} \cdot \frac{d\sigma}{dt}$$

$$v(t) = \frac{x_{max}}{V \cdot \sigma_{max}} \cdot \frac{d\sigma}{dt}$$

$$t = \frac{t_1}{1} \Rightarrow \frac{x_1}{x_{max}} = \frac{x_{max}}{x}$$

$$x(t) = \frac{x_{max}}{\sigma_{max}} \sigma(t) \Rightarrow \frac{x_{max}}{x} = \frac{x_{max}}{\sigma_{max}} \frac{\sigma_1}{x}$$

$$\sigma_1 = \sigma_{max}$$



Les transformations chimiques effectuées dans les deux sens.

$$[H_3O^+] = 10^{-pH}$$

$$pH = -\log [H_3O^+]$$

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} \quad \begin{array}{l} \leftarrow \text{avancement final expérimental} \\ \leftarrow \text{avancement final théorique} \end{array}$$

taux d'avancement final (sans unité)

si $x_f = x_{max} \Rightarrow \tau = 1 \Rightarrow$ réaction totale (réactifs $\rightarrow$ produits).

si $x_f < x_{max} \Rightarrow \tau < 1 \Rightarrow$ réaction limitée réactifs $\rightleftharpoons$ produits.

$$K > 10^4 \Rightarrow R. \text{ totale}$$

$$K < 10^4 \Rightarrow R. \text{ limitée}$$

Définition

Acide: toute espèce chimique capable de céder un proton H^+ au cours d'une transformation chimique.

Base: toute espèce chimique capable de capter un proton H^+ .

un ampholyte: est une espèce chimique qui peut jouer le rôle d'acide dans une réaction et d'une base dans une autre réaction selon les conditions chimiques.

Les solutions correspondantes sont dites : Ampholytes.

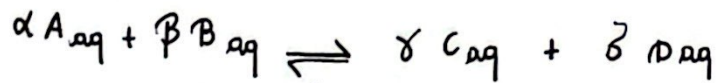
La solution aqueuse: est un mélange homogène obtenu par la dissolution d'une espèce chimique (solute) dans l'eau (solvant).

Transformation totale: une transformation dont l'évolution s'arrête par la disparition totale d'au moins un des réactifs du système chimique $x_{max} = x_f$. $\tau = [H_3O^+]$.

Transformation non totale est une transformation dont l'évolution s'arrête sans disparition totale de tous les réactifs du système chimique $x_f < x_{max}$ $[H_3O^+] < C$

Etat d'équilibre À l'état final d'une transformation non totale, le système chimique cesse de s'évoluer et se caractérise par la présence de tous les réactifs et produits à des proportions fixes au cours du temps.

Quotient d'une réaction chimique



$$Q_r = \frac{[C]^\gamma \cdot [D]^\delta}{[A]^\alpha \cdot [B]^\beta}$$

Rq: $[H_2O] = 1$; $[S] = 1$; $[g] = 1$

Le quotient de la réaction de l'état d'équilibre

$$Q_r = \text{cte}$$

$$Q_{r \text{ eq}} = K_r \text{ constante d'équ.}$$

Le quotient de réaction à l'état d'équilibre est la valeur que prend le quotient de réaction lorsque l'état d'équilibre du système chimique est atteint.

Rmq: Le quotient à l'équilibre à la même température reste constant

K : constante d'équilibre est la valeur que prend le quotient de réaction Q_r à l'état d'équilibre du système

par les réactions de deux sens $K_r = \frac{1}{K_r}$

L'influence de l'état initial:

$$\tau = \frac{10^{-pH}}{c}$$

τ et c sont inversement proportionnels.

donc τ dépend de l'état initial du système (dépend de c).

L'influence de K :

$$K = \frac{[C]^\gamma}{[A]^\alpha}$$

$$[C] = \frac{n_{eq}}{V} \Rightarrow [C] = \frac{\tau \cdot c \cdot V}{V}$$

$$[A] = c - \frac{n_{eq}}{V} = c - \frac{\tau \cdot c \cdot V}{V} = c - \tau \cdot c = c(1 - \tau)$$

$$\tau = \frac{n_{eq}}{n_{max}} \Rightarrow n_{eq} = \tau \cdot n_{max} = \tau \cdot c \cdot V$$

$$K = \frac{\tau^\gamma \cdot c^\gamma}{c^\alpha (1 - \tau)^\alpha}$$

$$K = \frac{\tau^\gamma}{(1 - \tau)^\alpha} \quad \tau \text{ et } K \text{ sont proportionnels}$$

donc τ dépend de K

si $K > 10^4 \Rightarrow$ transformation totale

Transformations liées aux couples acide basiques dans une solution aqueuse.

solution neutre: $pH = \frac{pK_e}{2} = 7$

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

$$[H_3O^+]^2 = [OH^-][H_3O^+]$$

$$[H_3O^+]^2 = K_e$$

$$\log [H_3O^+]^2 = \log K_e$$

$$2 \log [H_3O^+] = \log K_e$$

$$- \log [H_3O^+] = \frac{-\log K_e}{2}$$

$$pH = \frac{pK_e}{2}$$

solution Acide: $pH < \frac{pK_e}{2}$

solution basique: $pH > \frac{pK_e}{2}$

constante d'acidité: $K_A = \frac{[B][H_3O^+]}{[A]}$

$$pH = pK_A + \log \frac{[B]}{[A]}$$

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

$$pK_e = -\log K_e; K_e = 10^{-pK_e}$$

$$pK_A = -\log K_A; K_A = 10^{-pK_A}$$

$$pH = -\log [H_3O^+]; [H_3O^+] = 10^{-pH}$$

$$H_3O^+/H_2O: K_A = 1$$

$$H_2O/HO^-: K_A = K_e$$

$$K = \frac{K_{A1}(\text{acide 1})}{K_{A2}(\text{acide 2})} = 10^{pK_{A2} - pK_{A1}}$$

• $pH < pK_A$: l'acide A qui prédomine sur la base

$$pH < pK_A \Rightarrow \log \frac{[B]}{[A]} < 0$$

$$\Rightarrow \frac{[B]}{[A]} < 1$$

$$\Rightarrow [B] < [A]$$

• $pK_A < pH$: la base B qui prédomine sur A

• $pK_A = pH$, aucune espèce n'est prédominante

Rmq:

De deux acides le plus dissocié (l'acide fort) est celui qui lui correspond K_A plus grande, pK_A plus petite, pH petit, τ élevé.

De deux bases le plus dissocié

pK_A plus grande, pH plus grand, τ élevé.

dissolution d'un acide dans l'eau: $K = K_A$

dissolution de la base dans l'eau: $K = \frac{K_e}{K_A}$

$$\tau = \frac{[H_3O^+]}{c} = \frac{10^{-pH}}{c}$$

$$\tau = \frac{K_e}{[H_3O^+] \cdot c} = \frac{K_e}{10^{-pH} \cdot c}$$

$$\tau = K_e$$

$$\alpha(A) = \frac{[A]}{[A] + [B]} \cdot 100$$

$$\alpha(B) = \frac{[B]}{[A] + [B]} \cdot 100$$

Titrage acido-basique

La réaction de titrage doit être totale, rapide, unique et réversible

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \\ \text{p}K_A &= -\log K_A \Leftrightarrow K_A = 10^{-\text{p}K_A} \\ \text{p}K_e &= -\log K_e \Leftrightarrow K_e = 10^{-\text{p}K_e} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A/B : K_A &= \frac{[\text{B}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{A}]} \\ \text{pH} &= \text{p}K_A + \log \frac{[\text{B}]}{[\text{A}]} \\ \frac{[\text{B}]}{[\text{A}]} &= 10^{\text{pH} - \text{p}K_A} \end{aligned}$$

si $\text{pH} < \text{p}K_A$ ou $[\text{A}] > [\text{B}] \Rightarrow A$ prédomine

si $\text{pH} > \text{p}K_A$ ou $[\text{B}] > [\text{A}] \Rightarrow B$ prédomine

$\text{pH} = \text{p}K_A$: aucune espèce ne prédomine

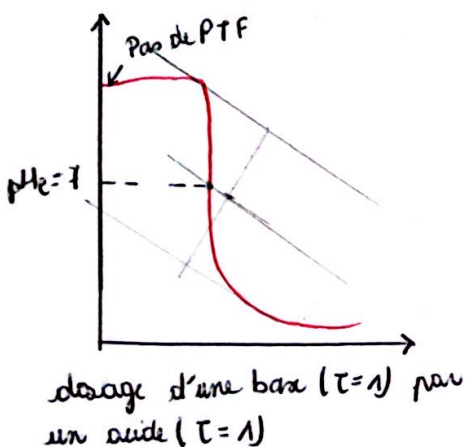
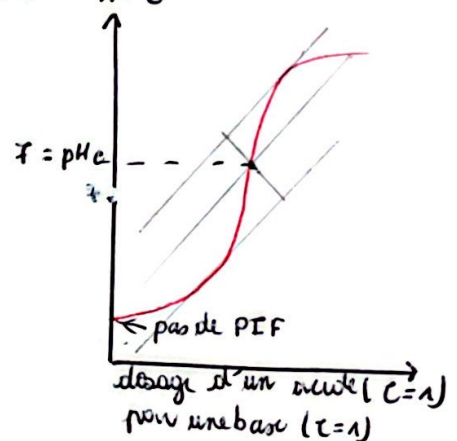
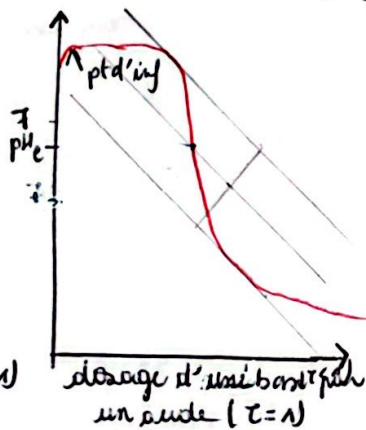
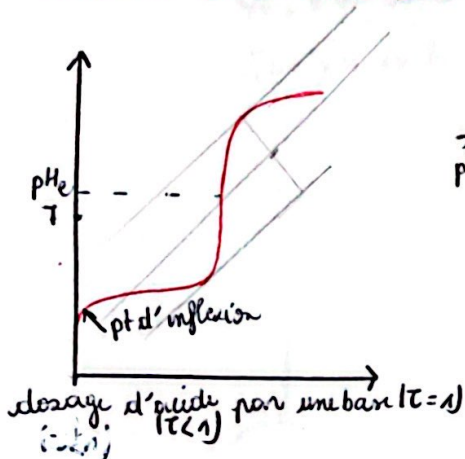
dissolution d'un acide dans l'eau : $K = Q_{\text{réq}} = K_A$; $\tau = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C} = \frac{10^{-\text{pH}}}{C}$

dissolution de la base de l'eau : $K = Q_{\text{réq}} = \frac{K_e}{K_A}$; $\tau = \frac{[\text{HO}^-]}{C} = \frac{10^{\text{pH} - \text{p}K_e}}{C}$

réaction entre deux espèces acido-basique : $K = Q_{\text{réq}} = \frac{K_{A1}}{K_{A2}} = 10^{\text{p}K_{A2} - \text{p}K_{A1}}$

dissolution de l'acide dans l'eau : $K = Q_{\text{réq}} = \frac{\tau \cdot C}{1 - \tau} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C - [\text{H}_3\text{O}^+]}$

dissolution de la base de l'eau : $K = Q_{\text{réq}} = \frac{[\text{HO}^-]}{C - [\text{HO}^-]} = \frac{\tau \cdot C}{1 - \tau}$



pas de pt d'inflexion, dosage d'une espèce totale dissociée par une espèce totalement dissociée

si $\text{pH} < \text{p}K_A - 1$ ou $[\text{H ind}] > [\text{ind}^-] \Rightarrow$ la valeur de la forme d'acide

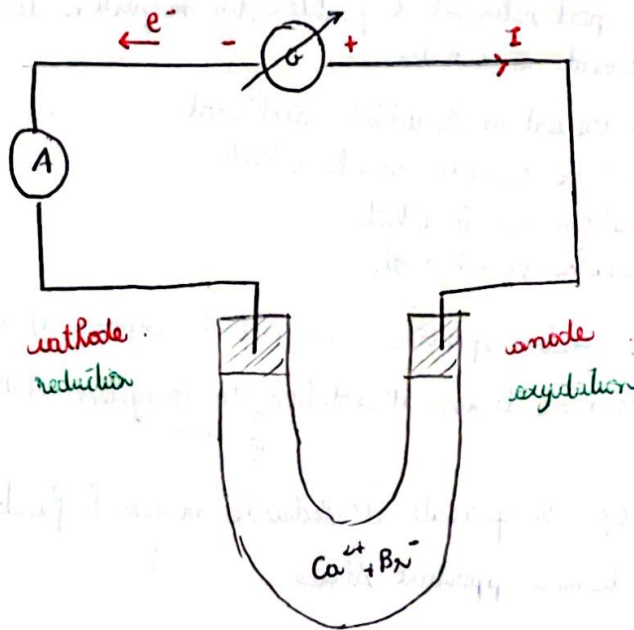
si $\text{pH} > \text{p}K_A + 1$ ou $[\text{ind}^-] > [\text{H ind}] \Rightarrow$ la valeur de base qui prédomine

si $\text{pH} = \text{p}K_A \Rightarrow$ teinte stable

pour le titrage acido-basique on a $\tau = 1$

pour que l'indicateur soit convenable, il faut que le pH à l'éq appartienne à la zone du virage

Les transformations forcées (électrolyse)

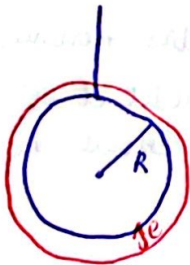


$Q_{ni} < K \Rightarrow$ le sens direct

$Q_{ni} > K \Rightarrow$ le sens inverse

$$Q = n(e^{-}) \cdot F$$

$$Q = I \cdot \Delta t$$



$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$V' = \frac{4}{3} \pi (R + e)^3$$

$$V_n = V' - V$$

Le rôle du pont salin est de faciliter la migration des ions d'un compartiment à un autre

Pile : le courant de la cathode vers l'anode
 e^- de l'anode vers la cathode
 anions vers la cathode
 cations vers l'anode

• Le critère d'évolution spontanée consiste à comparer Q_{sp} avec K pour comparer et déterminer le sens d'évolution du système chimique spontané

• La capacité C_p : la quantité d'électricité maximale fournie par la pile de son fonctionnement pendant Δt_{max}

$$q \vec{v} \wedge \vec{B} = m \vec{a}_c$$

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

$$\vec{a} + \vec{B} \text{ et } B // z$$

$$\text{donc } a_z = 0$$

$$v_z = 0$$

donc le mouvement de la particule est plan.

α entre $\vec{v}_H$ et (Oy)

$$\tan \alpha = \tan \alpha = \frac{|v_{xH}|}{|v_{yH}|}$$

• caractéristique de $\vec{v}_g$:

pt d'app : le pth

la droite : droite formant l'angle α .

géocentrique : mv des satellites autour la Terre

héliocentrique : mv des planètes autour du soleil

Mvt de G est oscillatoire sinusoidal
 car G effectue un mvt de va et ven autour de sa position d'équilibre et que l'éq diff possède une fct sinusoïdale

l'intérêt de chauffer à reflux est d'éviter la perte des produits et des réactifs ou sous le r^{ap}

pièce percée : homogénéiser le chauffage et éviter l'ébullition de mélange

flamme de sodium :

faire précipiter des petits morceaux de verre d'une part et où les empiler de se dissoudre dans l'eau