

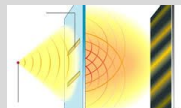
PHYSIQUE

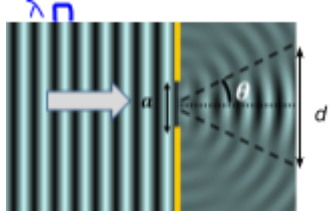
PROPAGATION D'UNE ONDE

- ondes *mécaniques progressives*: propagation d'une perturbation dans un milieu matériel
 - transversales* : direction *perpendiculaire* au déplacement
 - longitudinales* : *même direction* que le déplacement
- célérité = *vitesse* de propagation // retard = *temps* entre deux points *en fase* noté $\tau = \frac{d}{v}$

exemple:

- $v_{son} = 340 \text{ m.s}^{-1}$
- $v_{lumière (vide)} = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1} = c \rightarrow$ *vitesse max*, dans les autres milieu d'indice n alors $v = \frac{c}{n}$
- la *célérité* le long d'une *corde* dépend de sa *tension* et de sa *matière*

• propriétés d'une onde			
- <u>propagation</u> dans toutes les directions		→ tridimensionnel (<i>lumière</i>)	
		→ bidimensionnel (<i>eau</i>)	
		→ unidimensionnel (<i>corde</i>)	
- ne transporte que de <u>l'énergie</u>			
- sa <i>vitesse</i> dépend du <u>milieu</u>			
- deux ondes <i>se croisent sans se perturber</i>			
➤ interférence <i>remarque</i> : deux ondes qui se croisent ont leurs amplitudes additionnées			
<i>les ondes arrivent:</i>	<i>interférences:</i>	<i>franges:</i>	<i>différence de marche</i>
en phase	constructives	brillantes	$\delta = k\lambda$
en opposition de phase	destructives	sombres	$\delta = (k + \frac{1}{2})\lambda$
interfranges: distance i entre deux franges : $i = \frac{\lambda \times D}{a}$, où D est la distance fente-écran et a la distance entre les deux fentes → en lumière <i>polychromatique</i> : chaque radiation/ couleur donne une <u>figure d'interférence</u> , celles-ci se superposent			
- <i>diffraction</i> : quand une onde rencontre un obstacle → diffraction de la lumière <i>polychromatique</i> = <u>trisation</u> de la lumière blanche			

	a : largeur de la fente θ : écart angulaire d : largeur ou diamètre de la tâche λ : longueur d'onde $\alpha = \frac{\lambda}{a}$
---	---

- périodique: $\nu = \frac{\lambda}{T}$, où λ est la distance entre deux points dans le même état vibratoire

• ondes sonores (périodiques)	
- <u>oscillogramme</u>: sinusoïde = son pur $\neq$ son complexe	
- même <u>fréquence</u> (Hz) =	même <i>hauteur</i> $\rightarrow$ même <i>note</i> oscillogrammes différents = timbres différents
$\rightarrow$ 20Hz (infrasons, graves) < audible < 20 000Hz (ultrasons, aigus)	
- <u>source</u>: plus on s'éloigne, <i>intensité diminue</i>	
- <u>intensité sonore</u>: $I = \frac{P}{S}$ où P est la puissance en W et S la surface en m^2	❑ seuil d'<u>audibilité</u>: $I_0 = 10^{-12} W.m^{-2}$
	❑ seuil de <u>douleur</u>: $I_M = 1 W.m^{-2}$
- <u>niveau d'intensité sonore</u>: sensation auditive en décibel	$L = 10 \log(I \div I_0) \text{ dB}$
$\rightarrow 10^{-12} W.m^{-2} < I < 1 W.m^{-2} \Leftrightarrow 0 \text{ dB} < L < 120 \text{ dB}$ $\rightarrow$ pour une intensité I, deux fois plus élevée on a: $L' = 10 \log(2I \div I_0) = L + 3$	
- <u>analyse spectrale</u>:	❑ son <i>complexe</i> = <i>addition</i> de sons purs
	❑ signal <i>périodique</i> = <i>addition</i> de sinusoïdes - <u>fondamentale</u> f, la plus basse (rang 1) - <u>harmoniques</u> f (rang 2, 3, 4, etc)
	❑ <i>timbre</i> = nombre d'harmoniques et de leurs amplitude

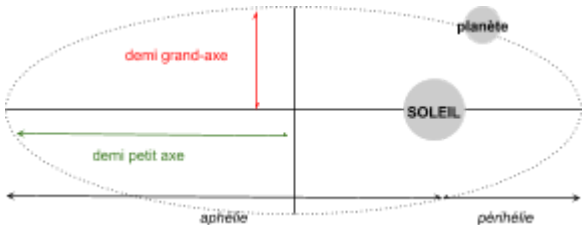
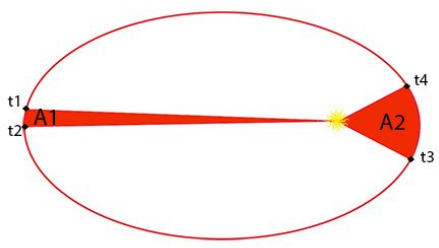
• ondes lumineuses				
$\nu = \frac{v}{\lambda} = \frac{c}{\lambda(max)}$	λ :	400	< lumière visible <	800 nm
	ν :	7,5.10 ⁻¹⁴ (ultraviolets)	< lumière visible <	3,75.10 ⁻¹⁴ Hz (infrarouges)

• effet Doppler

(son grave, λ grand)	A $\vec{v}_{\text{voiture}}$ B	(son aigu, λ petit)
→ décalage de la fréquence : plus la vitesse est grande, plus le décalage est important (radar, écoulement sanguin, etc)		

LOIS DE NEWTON ET KEPLER/ POSTULATS D'EINSTEIN

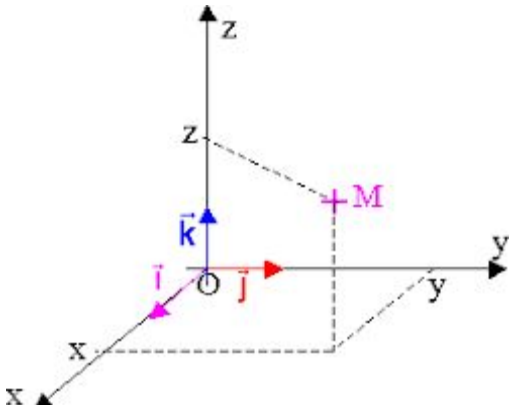
lois de Newton	
• première loi: le principe d' <u>inertie</u>	
- forces qui se <i>compensent</i> $\rightarrow \Delta \vec{v} = 0 \Rightarrow \vec{a} = \vec{0}$ - référentiel <i>GALILÉEN</i> si il vérifie le principe d'inertie	
• deuxième loi: le principe fondamental de la <u>dynamique</u>	
- référentiel <i>galiléen</i>, $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m \cdot \vec{v})}{dt}$ - si m est constante on a $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \frac{d(m \cdot \vec{v})}{dt} = m \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} = m \cdot \vec{a}$ - la connaissance de $\sum \vec{F}_{\text{ext}}$, nous permet d'accéder à : 1. $\vec{a}$ 2. $\vec{v}$ car $\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}(t)}{dt}$ 3. $\vec{OM}$ car $\vec{v}(t) = \frac{d\vec{OM}(t)}{dt}$ 4. <u>équation horaire du mouvement</u> (y en fonction de x)	
• troisième loi: le principe des <u>actions réciproques</u>	
A exerce une force sur B ($\vec{F}_{A/B}$), alors B exerce une force sur A tel que $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$	

lois de Kepler	
• première loi: loi des <u>orbites</u>	
- référentiel <i>héliocentrique</i> $\rightarrow$ trajectoire des planètes = <u>ellipse</u> - distance "Soleil-Planète" $\neq$ <i>constante</i>	
• deuxième loi: loi des <u>aires</u>	
- $t_2 = t_1 + \Delta t$ et $t_4 = t_3 + \Delta t$ - pendant Δt, $t_2 t_1 < t_4 t_3 \rightarrow$ plus la planète est <i>proche du soleil</i>, plus sa <u>vitesse est grande</u> - $A_1 = A_2$	

troisième loi: loi des <u>périodes</u>
$\frac{T^2}{a^3} = k$ T : période de révolution a : demi grand axe

postulats d'Einstein
1905, les lois physiques sont les mêmes dans tout référentiel galiléen $c = 300\,000\text{ km.s}^{-1} = 3,00.10^8\text{ m.s}^{-1}$ - constante dans tout référentiel galiléen - vitesse maximum de tout phénomène

ÉTUDE DES MOUVEMENTS

étude cinématique: étude du mouvement		
- référentiel: - lieu à partir duquel on observe (<i>héliocentrique</i>: planètes / <i>terrestre</i>: à la surface de la terre / <i>géocentrique</i> (centre de la terre): à la surface de la terre) - repère position ($O; \vec{i}; \vec{j}; \vec{k}$) + repère temps (<u>une date = une position</u>)		
- caractéristiques du vecteur: - directeur (AB) - sens de A vers B - norme $[AB]$ - vecteur <u>position</u>: $\vec{OM}(x(t); y(t); z(t))$ - vecteur <u>vitesse</u>: $\vec{v} = \frac{\Delta \vec{OM}}{\Delta t}$ → vitesse <u>instantanée</u>: $\vec{v}(t) = \frac{d\vec{OM}(t)}{dt}$ $\vec{v}(t) \left(\frac{dx(t)}{dt}; \frac{dy(t)}{dt}; \frac{dz(t)}{dt} \right) \Leftrightarrow \vec{v}(t) (x'(t); y'(t); z'(t))$ - vecteur <u>accélération</u>: $\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}(t)}{dt}$ $\vec{a}(t) \left(\frac{dv_x(t)}{dt}; \frac{dv_y(t)}{dt}; \frac{dv_z(t)}{dt} \right) \Leftrightarrow \vec{a}(t) (x''(t); y''(t); z''(t))$ - vecteur <u>quantité de mouvement</u>: $\vec{p} = m\vec{v}$ en kg.m.s^{-1} → constant dans un système isolé		
mouvement	rectiligne ($a_N = 0$)	curviligne
uniforme ($a_T = 0$)	$\vec{v} = \text{constante}$ dans $(O; \vec{i}; \vec{j}; \vec{k})$ et $(\vec{n}; \vec{t})$, $\vec{a} = 0$	$\vec{v}_1 \neq \vec{v}_2 \neq \vec{v}_3$ mais $\ \vec{v}_1\ = \ \vec{v}_2\ = \ \vec{v}_3\ $ dans $(O; \vec{i}; \vec{j}; \vec{k})$, $\vec{a}(a_x; a_y)$ et dans $(\vec{t}; \vec{n})$, $\vec{a}(0, a_n)$
varié	dans $(O; \vec{i}; \vec{j}; \vec{k})$, $\vec{a}(a_x; a_y)$ dans $(\vec{t}; \vec{n})$, $\vec{a}(a_t; 0)$	dans $(O; \vec{i}; \vec{j}; \vec{k})$ et $(\vec{n}; \vec{t})$, $\vec{a}(\neq 0; \neq 0)$

	si $a_t > 0$, mouvement <i>accélééré</i> si $a_t < 0$, mouvement <i>décélééré</i>	→ mouvement <i>uniforme circulaire</i> : $a = \frac{v^2}{R}$
--	--	---

champ de pesanteur

- à l'échelle de la Terre
→ pas uniforme

- à l'échelle humaine
→ uniforme

mouvement dans le champ de pesanteur de la Terre

→ bilan des forces extérieures (en *négligeant les frottements*):

poids $\vec{P} = m \cdot \vec{g} \Rightarrow$ chute libre

1. deuxième loi de Newton, principe fondamental de la dynamique:

- $\sum \vec{F}_{ext} = \frac{d(m \cdot \vec{v})}{dt}$, or m est une constante donc $\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}$
- et $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{P}$

→ $m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{g} = \vec{a}$, indépendant du poids

$\vec{a}(0; -g)$

2. coordonnées de la vitesse:

$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}(t)}{dt}$, d'où $\vec{v}(t) (K_1; -gt + K_2)$
 où $K_1 = \vec{v}_x(t=0) = \vec{v}_0 \cdot \cos \alpha$
 et $K_2 = \vec{v}_y(t=0) = \vec{v}_0 \cdot \sin \alpha$

d'où

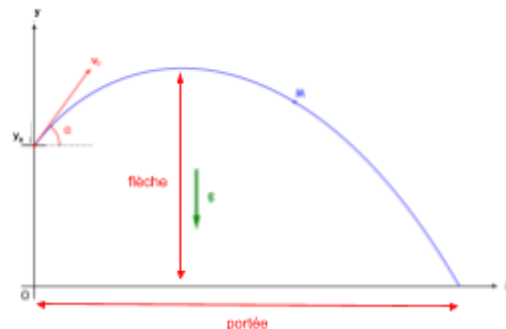
$\vec{v}(t) (\vec{v}_x(t) = \vec{v}_0 \cdot \cos \alpha;$
 $\vec{v}_y(t) = -gt + \vec{v}_0 \cdot \sin \alpha)$

3. position de l'objet:

$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{OM}(t)}{dt}$, d'où $\vec{OM}(t) (\vec{v}_0$
 $\cdot \cos \alpha \cdot t + K_3; -\frac{1}{2}gt^2 + \vec{v}_0 \cdot \sin \alpha \cdot t + K_4)$
 où $K_3 = x(t=0) = 0$
 et $K_4 = y(t=0) = y_0$
 d'où $\vec{OM}(t) (x(t) = \vec{v}_0 \cdot \cos \alpha \cdot t;$
 $y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + \vec{v}_0 \cdot \sin \alpha \cdot t + y_0)$

4. équation horaire de la trajectoire:

$x(t) = \vec{v}_0 \cdot \cos \alpha \cdot t;$
 $y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + \vec{v}_0 \cdot \sin \alpha \cdot t + y_0$
 or $t = \frac{x}{\vec{v}_0 \cdot \cos \alpha}$
 d'où $y = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{\vec{v}_0 \cdot \cos \alpha}\right)^2 + \vec{v}_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{x}{\vec{v}_0 \cdot \cos \alpha} + y_0$
 ainsi $y = -\frac{g}{2\vec{v}_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} x^2 + \tan \alpha \cdot x + y_0$



mouvement d'une *particule* dans un champ électrique uniforme

→ bilan des forces extérieures (en *négligeant les frottements et la poussée d'archimède*):

- poids $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$
- force électrique $\vec{F}_e = q \cdot \vec{E}$ où $E = \frac{U}{d} \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$

5. deuxième loi de Newton, principe fondamental de la dynamique:

- $\sum \vec{F}_{ext} = \frac{d(m \cdot \vec{v})}{dt}$, or m est une constante donc $\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}$
- et $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{P} + \vec{F}_e$

$$\rightarrow m.\vec{g} = \vec{P} + \vec{F}_e \Rightarrow \vec{a} = \frac{q.\vec{E}}{m}$$

$$\vec{a} \left(0; -\frac{q.\vec{E}}{m} \right)$$

6. coordonnées de la vitesse:

$$\vec{a}(t) = \frac{dv(t)}{dt} \text{ d'où } \vec{v}(t) \left(K_1; -\frac{q.\vec{E}}{m}t + K_2 \right)$$

$$\text{où } K_1 = \vec{v}_x(t=0) = \vec{v}_0$$

$$\text{et } K_2 = \vec{v}_y(t=0) = 0$$

d'où

$$\vec{v}(t) \left(\vec{v}_x(t) = \vec{v}_0; \right.$$

$$\left. \vec{v}_y(t) = -\frac{q.\vec{E}}{m}t \vec{v}_0.\sin \alpha \right)$$

7. position de l'objet:

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{OM}(t)}{dt}, \text{ d'où } \vec{OM}(t) \left(\vec{v}_0.t + K_3; -\frac{1}{2}\frac{q.\vec{E}}{m}t^2 + K_4 \right)$$

$$\text{où } K_3 = x(t=0) = 0$$

$$\text{et } K_4 = y(t=0) = 0$$

$$\text{d'où } \vec{OM}(t) \left(x(t) = \vec{v}_0.t; \right.$$

$$\left. y(t) = -\frac{q.\vec{E}}{2m}t^2 \right)$$

8. équation horaire de la trajectoire:

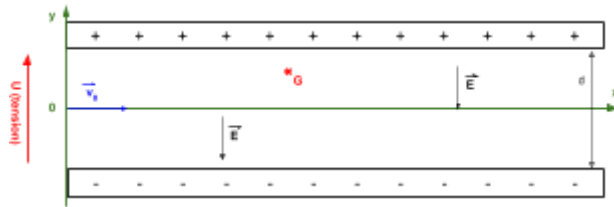
$$x(t) = \vec{v}_0.t$$

$$y(t) = -\frac{q.\vec{E}}{2m}t^2$$

$$\text{or } t = \frac{x}{\vec{v}_0}$$

$$\text{d'où } y = -\frac{q.\vec{E}}{2m}\left(\frac{x}{\vec{v}_0}\right)^2$$

$$\text{ainsi } y = -\frac{q.\vec{E}}{2m.\vec{v}_0^2}x^2$$



→ si la particule se dirige vers la borne +, $q < 0$

→ si la particule se dirige vers la borne -, $q > 0$

A RETENIR

- ❖ forces extérieures: poids $\vec{P} = m.\vec{g}$ et force électrique $\vec{F}_e = q.\vec{E}$
- ❖ principe fondamental de la dynamique: $\Sigma \vec{F}_{ext} = \frac{d(m.\vec{v})}{dt} \rightarrow \vec{a} = \vec{g} // \vec{a} = \frac{q.\vec{E}}{m}$
- ❖ vitesse: sachant $\vec{a}(t) = \frac{dv(t)}{dt} \rightarrow \vec{v}(-;-)$ avec $\vec{v}_x(t=0)$ et $\vec{v}_y(t=0)$
- ❖ position: sachant $\vec{v}(t) = \frac{d\vec{OM}(t)}{dt} \rightarrow \vec{OM}(-;-)$ avec $x(t=0)$ et $y(t=0)$
- ❖ équation horaire de la trajectoire: y en fonction de x

mouvement de la Terre autour du Soleil

on suppose que la Terre tourne de manière circulaire autour de la Soleil

★ accélération: principe fondamental de la dynamique

$$\Sigma \vec{F}_{ext} = \vec{F}_{S/T} : \text{attraction du soleil} \rightarrow \vec{F}_{S/T} = G \frac{M_T.M_s}{ST^2}.\vec{N}$$

$$\Sigma \vec{F}_{ext} = M_T.\vec{a} \Leftrightarrow M_T.\vec{a} = G \frac{M_T.M_s}{ST^2}.\vec{N} \text{ d'où } \vec{a} = G \frac{M_s}{ST^2}.\vec{N} \rightarrow \vec{a} \left(G \frac{M_s}{ST^2}.\vec{N}; a_N \right)$$

→ $\vec{v} = \text{constante}$ donc $a_N = 0$, si le mouvement est circulaire, il est uniforme

(autre manière de le prouver: deuxième loi des aires égales de Kepler)

★ vitesse: le mouvement étant circulaire et uniforme → $a_N = \frac{v^2}{R} \Leftrightarrow v^2 = a_N R$ or

$$a_N = \frac{GM_s}{ST^2} \text{ et } R = ST a_N \text{ donc } v^2 = \frac{GM_s}{ST^2} \times ST \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{GM_s}{ST}} \text{ (a.n.: } 30 \text{ km.s}^{-1} \text{)}$$

- période de révolution

$T = \frac{\text{p\`erim\`etre de l'orbite}}{v}$	$T^2 = \frac{(\Pi \times 2)^2 \times ST^2}{\frac{GM_S}{ST}} \Leftrightarrow \frac{T^2}{ST^3} = \frac{4\Pi^2}{GM_S} \rightarrow 3^{\text{e}} \text{ loi Kepler}$
--	---

RELATIVITÉ RESTREINTE DU TEMPS

• caractère du temps	
la <i>simultanéité</i> des �v�nements dans la navette <u>ne l'est pas sur terre</u> → ce qui impose que le <u>temps est relatif</u>	l'�v�nement se produit dans la navette, et arrive simultanément sur A et B pour l'observateur, l'�v�nement arrive sur A avant B, d� à la vitesse de la navette

• temps	
★ <u>propre</u> noté ΔT_0	★ <u>mesuré</u> noté $\Delta T'$
durée séparants deux �v�nements ayant lieu <i>dans le même référentiel galiléen R</i>	durée séparants deux �v�nements, <i>mesuré par une horloge dans un référentiel R' en mouvement par rapport à R</i>
on note $\Delta T' = \Delta T_0 \times \gamma$ où $\gamma = \sqrt{\frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow$ c'est la <u>dilatation du temps</u>	

TRAVAIL ET ÉNERGIE

- travail d'une force
 - définition: $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \cdot AB \cdot \cos(\vec{F}; \vec{AB}) \rightarrow$ force $\vec{F}$, qui se déplace de A vers B

o travail			
/	<u>moteur</u> favorise le déplacement	n'a pas d'effet	<u>résistant</u> opposé au déplacement
$W_{A \rightarrow B}(\vec{F})$	> 0	$= 0$	< 0
$\alpha = \cos(\vec{F}; \vec{AB})$	$0 < \alpha < 90$	$\alpha = 90$	$90 < \alpha < 180$
graphiquement			
o travail d'une force conservative : <u>ne dépend pas du trajet</u> mais des points d'arrivée et de départ			

poids	$W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = P \cdot AB \cdot \cos(\alpha)$ $= mg \cdot (z_A - z_B)$ $= mgh$ et $W_{B \rightarrow A}(\vec{P}) = -mgh$	
force électrique	$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}_e) = F_e \cdot AB \cdot \cos(\alpha)$ $= qE \cdot AB \cdot \frac{BC}{AB}$ $= qEL$ or $E = \frac{U_{A/B}}{L}$, ainsi $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}_e) = qU_{A/B}$	
○ travail d'une force non conservative		
frottement	$W_{A \rightarrow B}(\vec{f}) = f \cdot AB \cdot \cos(\Pi)$ $= -f \cdot AB$ → <i>dépend</i> de la distance AB	
● transfert d'énergie		
○ énergie <u>potentielle</u>		
<u>pesanteur (EPP)</u> - $E_{pp}(z) = mgz$ - $W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = mgh$ ou $mg \cdot (z_A - z_B)$ - $\Delta E_{pp_{A \rightarrow B}}(z) = mg(z_B - z_A)$ $\Rightarrow \Delta E_{pp_{A \rightarrow B}}(z) = -W_{A \rightarrow B}(\vec{P})$	<u>électrique (EPE)</u> - $E_{pe} = qV$ - $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}_e) = qU_{A/B}$ ou $q \cdot (V_A - V_B)$ - $\Delta E_{pe_{A \rightarrow B}} = q \cdot (V_B - V_A)$ $\Rightarrow \Delta E_{pe_{A \rightarrow B}} = -W_{A \rightarrow B}(\vec{F}_e)$	
○ énergie <u>mécanique</u>		
$E_m = E_c + E_p$ où $E_c \rightarrow$ énergie cinétique $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ $E_p \rightarrow$ somme des énergies potentielles		
- <u>conservation</u>	- <u>non conservation</u>	

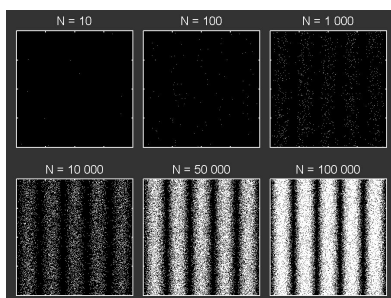
TRANSFERT MACROSCOPIQUE D'ÉNERGIE

- passage de *micro* à *macro* : constante d'Avogadro $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ atomes
- énergie totale d'un système, notée E_{TOT} , comprend
 - énergies *microscopiques* ou énergie *interne* notée U
 - $\Rightarrow (E_c$ des particules/ E_p d'interactions entre atomes, etc)
 - énergies *macroscopiques*

- $\Rightarrow (E_C \text{ du système} / E_{PP}, E_{PElectrique}, E_{PElastique})$
 ○ $E_{TOT} = E_m + U$ en Joule
- variation $\Delta U = m.c.(T_F - T_I) = m.c.\Delta T$ où c est la capacité thermique massique (en $J.kg^{-1}.K^{-1}$ ou $J.kg^{-1}.^{\circ}C^{-1}$ → énergie qu'il faut pour augmenter 1 kg de $1^{\circ}C / K$)
 - travail W
 - transfert thermique Q
 - $\Rightarrow W \text{ et } Q > 0 \rightarrow \text{reçu} \neq W \text{ et } Q < 0 \rightarrow \text{cédé}$
 - conduction (transfert de *proche en proche*)
 - convection (déplacement de fluide chaud vers le haut)
 - rayonnement (émission ou absorption d'un rayonnement électromagnétique)
 - flux thermique (vitesse du transfert thermique chaud vers froid)
 $\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$ (watts = $J.s^{-1}$) et $\Phi_{1 \rightarrow 2} = \frac{T_1 - T_2}{R_{th}}$ W
 - où la résistance thermique R_{th} (capacité à s'opposer au transfert thermique)
 - dépend de son épaisseur e , sa surface S et sa conductivité thermique λ
 - est définie par $R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S} K.W^{-1}$
 - si il y plusieurs parois accolées, les résistances thermiques s'additionnent
 - si $E_m = \text{constante}$, $\Delta U = W + Q$
 - si le système n'interagit pas avec son environnement, $\Delta U = 0$ J
 - **rendement** en % (efficacité de la transformation) : $\eta = \frac{\text{énergie utile}}{\text{énergie reçue}} \times 100$

DUALITÉ ONDE-PARTICULE

- le photon
 - particule élémentaire des ondes lumineuses (électromagnétiques)
 - aspect particulaire et ondulatoire
 - quantum d'énergie
 - masse nulle, charge nulle, $v = c = 3,00.10^8 m.s^{-1}$
 - transport d'énergie : $E = h\nu \Leftrightarrow E = \frac{hc}{\lambda}$ où la constante de Planck $h = 6,626.10^{-34} J.s$
 - relation de De Broglie (quantité de mouvement) : $p = \frac{h}{\lambda} kg.m.s^{-1}$
- interférences :



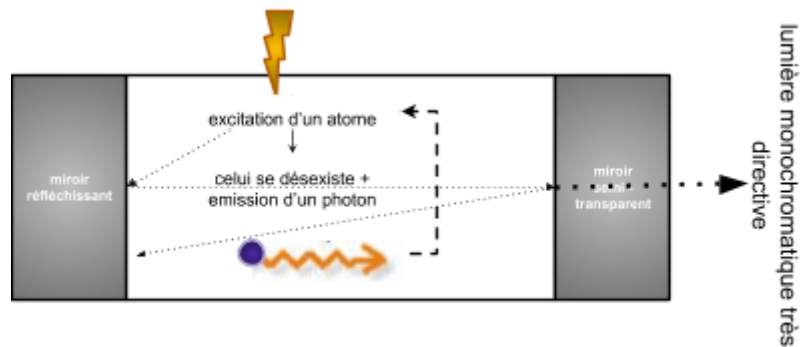
→ les premiers impacts semblent désordonnés puis on observe une figure d'interférence (semblable à celui d'une onde) car les probabilités de présence sont plus grandes à certains endroits que d'autres)

TRANSFERTS QUANTIQUES D'ÉNERGIE

- transition d'énergie

- énergie du photon : $E = E_{sup} - E_{inf}$
- énergie émise/ absorbée : $E = \frac{hc}{\lambda}$
 $\Leftrightarrow$ la longueur d'onde absorbée/ émise $\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{hc}{E_{sup} - E_{inf}}$
- absorption = visible sur un spectre de raies d'absorption par des raies noires
// émission = visible sur un spectre de raies d'émission par des raies colorées
- transitions énergétiques :
 - noyaux = rayonnement γ
 - électrons = U.V. et visible
 - liaisons moléculaires = IR

LE LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)



NUMÉRISATION DE L'INFORMATION

□ nombre binaire en décimale

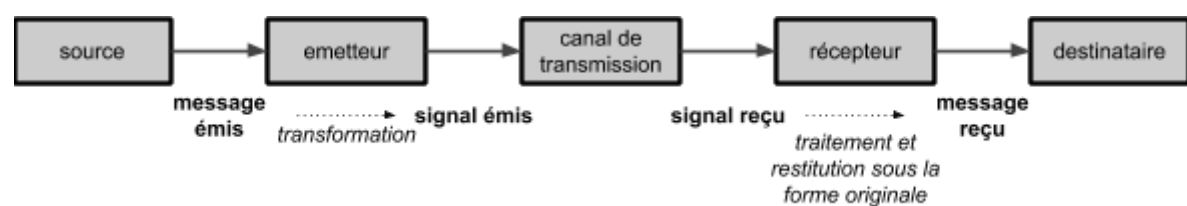
exemple de $b = 01001101$ (on travaille sur 1 octet = 8 bits)

octet	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
	128	64	32	16	8	4	2	1
d	0	1	0	0	1	1	0	1
somme	0	64	0	0	8	4	0	1

on a donc $b = 64 + 8 + 4 + 1 = 77$

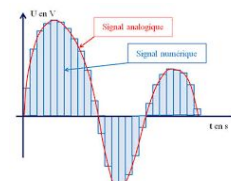
□ SIGNAL

- la chaîne de *transmission*



➤ signal analogique (rouge) varie de façon *continu*

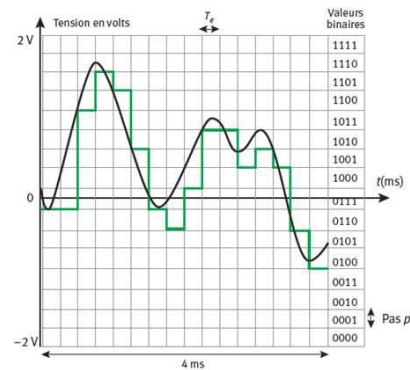
➤ signal numérique (bleu) varie de façon *discrète* (par *palier*)



- numérisation :
signal analogique en signal numérique → tension électrique en valeur numérique avec un Convertisseur Analogique Numérique (C.A.N)

- échantillonnage : découpe le signal en échantillon de durée T_E où la fréquence $F_E = \frac{1}{T_E}$

- quantification et numérisation :
 - nombre de bits n
 - amplitude A
 - alors le pas $p = \frac{A}{2^n}$
 - x valeurs permises : $x = 2^n$



❑ IMAGE

- codage
mesure de l'intensité lumineuse moyenne reçue par chaque pixels

- noir et blanc : nuances de gris avec 0 ou 1

- couleurs (R/V/B) :
 - synthèse additive
 - chaque pixel = on utilise 3 octets
 - 1 octet/ couleur
 - couleurs possibles : $x = 2^8 + 2^8 + 2^8 = 16\,777\,216$ couleurs

- définition d'une image = nombre de pixels qui la compose

- taille d'une image = place nécessaire au stockage

- la taille est $= nb_{pixels} \times nb_{octets\ par\ pixel}$ octet
- comme 1 octet = 8 bits, la taille est $= nb_{pixels} \times 8 \times nb_{octets\ par\ pixel}$ bits

❑ LA TRANSMISSION

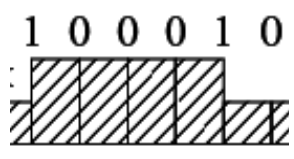
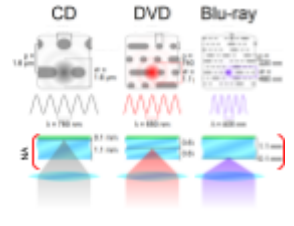
→ caractéristiques:

- ◆ atténuation (ou amortissement) $A = 10 \log(\frac{P_E}{P_S})$: puissance à l'entrée $P_E >$ celle à la sortie P_S
- ◆ coefficient d'atténuation $\alpha = \frac{A}{L}$
- ◆ débit binaire : vitesse de transmission ($nb_{bits} \cdot s^{-1}$)

→ propagation

- ◆ guidée : câble entre la source et l'émetteur
 - transmission par câble
 - transmission par fibre optique (monomode : une information à la fois ≠ multimode : plusieurs information)
- ◆ libre : dans toutes les directions, on ne sait pas où est le récepteur
 - la transmission hertzienne (onde électromagnétique)

❑ STOCKAGE OPTIQUE

→ succession de <i>plats</i> et de <i>creux</i> disposée en <i>spirale</i> à partir du centre → phénomène de diffraction : ◆ si il y a un <i>changement de hauteur</i> (retard), 1 ◆ sinon, 0	
→ <u>augmenter</u> la capacité de stockage	
★ allonger la <i>longueur de la spirale</i> ★ rapprocher les lignes de la piste ★ diamètre d du faisceau incident <i>plus fin</i> où $d = 1.22 \times \frac{\lambda}{NA} \rightarrow$ laser de <i>plus petite longueur d'onde</i>	

CHIMIE

TRANSFORMATION D'UN SYSTÈME CHIMIQUE

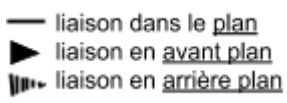
- système:
 - réagit *instantanément* → trop rapide pour distinguer l'évolution
 - réagit *lentement* → quelques minutes ou secondes
 - *n'évolue pas* → réaction impossible ou extrêmement lente
- facteurs cinétiques (influent sur la vitesse de réaction):
 - *concentration* : + concentré, + rapide
 - *température* : + chaud, + rapide (froid = arrêt ou ralentissement → trempe)
 - *état physique* : gaz, + rapide
 - lumière
 - *solvant* : favorise le *déplacement*
 - *catalyseur* (accélère la réaction, mais n'apparaît pas dans le bilan)
 - homogène : réactifs et catalyseurs dans le même état physique
 - hétérogène : réactifs et catalyseurs dans des états physiques différents
- temps de *demi-réaction*: $t_{1/2}$
 - avancement à atteint la *moitié de sa valeur maximale/ finale* : $x_{MAX/2}$ ou $x_{FIN/2}$
 - $t_{final} = 5 \text{ à } 7 \times t_{1/2}$

RÉACTION D'OXYDORÉDUCTION

● transfert d'électrons ● <u>réducteur</u> cède des électrons ⇒ <i>oxydation</i> ● <u>oxydant</u> capte des électrons ⇒ <i>réduction</i> ● <i>couple rédox/ oxydant réducteur</i> = <u>oxydant</u> + <u>réducteur</u> d'un <u>même élément</u> ● <i>réducteur</i> $\rightleftharpoons$ <i>oxydant</i> + ne^-	● réaction d'oxydoréduction: <u>transfert d'électrons</u> entre deux couples rédox $\begin{array}{l} \text{réd}_1 \rightarrow \text{ox}_1 + ne^- \\ \text{ox}_2 + ne^- \rightarrow \text{réd}_2 \end{array} \quad \leftarrow \text{demi-équations électroniques}$ $\text{réd}_1 + \text{ox}_2 \rightarrow \text{ox}_1 + \text{réd}_2$ + <i>coefficient</i> pour garantir qu'il ne reste pas d'électrons libres = <u>égalité du nombre de</u>
--	--

remarque: certain n'existe que dans des conditions particulières	charge total
--	--------------

ANALYSE SPECTRALE

formule brute					C ₂ H ₆				
formule éclatée/ développée					$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} $				
formule semi-développée					H ₃ C-CH ₃				
formule de Lewis					formule semi-développée + doublets non liants				
formule topologique					/				
représentation de Cram									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
méth-	éth-	prop-	but-	pent-	hex-	hept-	oct-	non-	déc-
nom de la molécule		terminaison du nom		préfixe		nom du groupe caractéristique		groupe	
alcane		-ane		/		/		C-C	
alcène		-ène		/		/		C=C	
alcool		-ol		hydroxy-		hydroxyle		-OH	
aldéhyde		-al		oxo- / formyl-		carbonyle (bout de chaîne)		-CH=O	
cétone		-one		oxo-		carbonyle		-C=O	
acide carboxylique		acide -oïque		/		carboxyle (bout de chaîne)		-C(O)OH	
ester		(1)-oate de (2)-yle		oxycarbonyl-		ester		(1)-C(O)O-(2)	
amine		-amine		amino-		amine		-N	
amide		-amide		carbamoyle-		amide		-C(O)N-	

- transistance $T = \frac{I}{I_0} \rightarrow$ absorbance $A = -\log T$
- plus il y a de liaisons = absorbance de grandes longueurs d'ondes
- couleur absorbée $\neq$ couleur de la lumière

<u>spectroscopie infrarouge</u> : (transmittance en fonction du nombre d'onde σ, où $\sigma = \frac{1}{\lambda} \text{cm}^{-1}$ → une <i>bande d'absorption</i> = un type de liaison (au delà de 1500cm^{-1})	
- Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) δ en ppm - série de pics = <i>signal</i> (→ <u>groupe</u> de protons équivalents) <i>multiplet</i> ($n + 1$ pics) = un <u>groupe</u> a n <u>voisins</u>	
<u>courbe d'intégration</u> : <i>hauteur</i> des paliers proportionnel <i>nombre de protons équivalents</i>	

REPRÉSENTATION SPATIALE DES MOLÉCULES

stéréoisomérisation		
❖ de <u>conformation</u> <i>libre rotation des liaison C – C</i>	➤ étoilée	
	➤ éclipée	
❖ de <u>configuration</u> <i>pas de libre rotation des liaison</i>	➤ <u>chirale</u> <i>pas superposable à son image dans un miroir</i>	
	➤ <u>énantiomère</u> <i>molécule symétrique (image l'une de l'autre)</i>	
	≠ <u>diastéréoisomère</u> <i>isomérisation Z et E</i>	Z: zusammen (ensemble) E: entgegen (opposé)
	➤ <u>atome asymétrique C*</u>	

lié à 4 groupes d'atomes différents
→ chirale et possède une énantiomère

TRANSFORMATION EN CHIMIE ORGANIQUE

(molécules ayant au moins $C-H$)

❖ aspect macroscopique

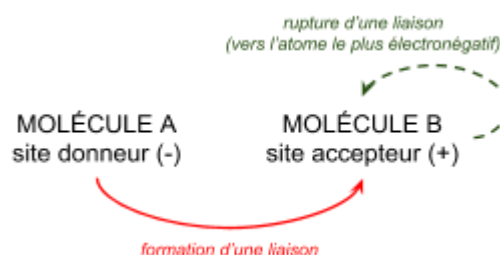
- modification de la **chaîne**
 - craquage (chauffer, $500^{\circ}C$) → raccourcir la chaîne
 - * vapocraquage (vapeur, $800^{\circ}C$) ⇒ formation d'alcène
 - reformage → modification de la chaîne ⇒ isomérisation (ramifié) ou cyclisation
 - allongement ⇒ alkylation (alcane ramifié) ou polymérisation ($n \times$ monomères = polymère)
- modification du **groupe fonctionnel**
 - substitution → remplacer un atome/ groupe d'atomes $A + B \rightarrow A' + B'$
 - addition → ajouter un atome/ groupe d'atomes (molécule avec liaison(s) multiple(s)) $A + B \rightarrow C$
 - élimination → retirer un atome/ groupe d'atomes ⇒ formation de liaison(s) multiple(s) $A \rightarrow B + C$

❖ aspect microscopique

- définitions:
 - couches électroniques : $(K)^a(L)^b(M)^c$
 - couche de valence (dernière couche) : pour être stable → liaisons covalentes ⇒ octet ou duet

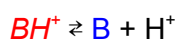
- polarisation d'une liaison : si $X_B > X_A$ alors $A \overset{+\delta}{\text{---}} \overset{-\delta}{B} \Rightarrow$ facile à casser

- site :
 - accepteur (défaut d'électrons) δ^+ ou +
 - donneur (excès d'électrons) δ^- / - / liaison multiple ou doublet non liant



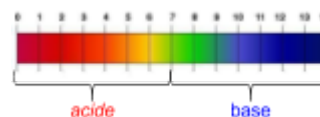
ACIDES ET BASES

- couple acido-basique : AH / A^- ou BH^+ / B



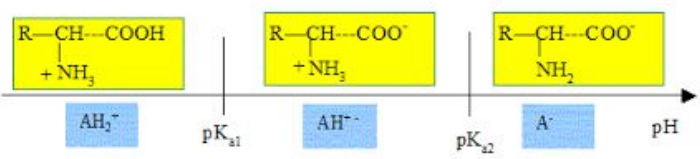
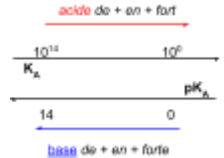
★ acide: cède un proton

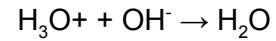
★ base: capte un proton



- espèce amphotère : espèce qui sont acide et base

★ acide α -aminé

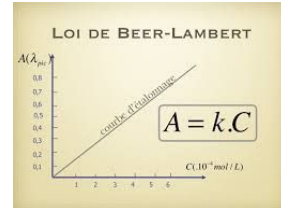
couple acide/base 1 $\text{NH}_3^+ - \text{CH} - \text{COOH} \rightleftharpoons \text{NH}_3^+ - \text{CH} - \text{COO}^-$ $\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad$ $\quad \quad \quad \text{R} \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{R}$ couple acide/base 2 $\text{NH}_3^+ - \text{CH} - \text{COO}^- \rightleftharpoons \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^-$ $\quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad$ $\quad \quad \quad \text{R} \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{R}$	
★ H ₂ O	
• réaction acido-basique	
couple 1: $\text{AH}_1 / \text{A}_1^-$ couple 2: $\text{AH}_2 / \text{A}_2^-$	$\text{AH}_1 + \text{A}_2^- \rightleftharpoons \text{AH}_2 + \text{A}_1^-$
• équilibre chimique	
❖ réaction <u>totale</u> (jusqu'à élimination du réactif limitant) $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C} + \text{D}$	❖ réaction <u>partielle</u> ou <u>limitée</u> (aboutit à un <u>équilibre chimique</u>) $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$
→ acide fort	réaction <u>totale</u> avec l'eau ⇒ n'existe pas dans l'eau $\text{AH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{A}^- + \text{H}_3\text{O}^+$
→ base forte	au contraire acide et base <i>faibles</i>, réagissent partiellement $\text{A}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{AH} + \text{OH}^-$
• le pH (potentiel d'Hydrogène) : détermine la force d'un acide ou d'une base	
→ acide	$pH = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$
→ base avec le <u>produit ionique</u> de l'eau $K_e = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$	$pH = 14 + \log[\text{OH}^-]$
• la <u>constante d'acidité</u> K_A du couple AH / A^-	
$K_A = \frac{[\text{A}^-]_{\text{éd}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éd}}}{[\text{AH}]_{\text{éd}}}, \text{ pour un couple } K_A = \text{constante}$	
➤ $pK_A = -\log(K_A) \Leftrightarrow pK_A = pH - \log\left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]}\right)$ et ainsi $pH = pK_A + \log\left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]}\right)$ $pH - pK_A = \log\left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]}\right)$ ➤ solution <i>tampon</i> : $pK_A - 1 < pH < pK_A + 1$	
➤ diagramme de <u>prédominance</u> sachant que $pH - pK_A = \log\left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]}\right)$ - si $pH = pK_A$ alors $\log\left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]}\right) = 0$ donc $[\text{A}^-] = [\text{AH}]$ - si $pH > pK_A$ alors $\log\left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]}\right) > 0 \Leftrightarrow \frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]} > 1$ donc $[\text{A}^-] > [\text{AH}]$ ⇒ base prédomine - si $pH < pK_A$ alors $\log\left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]}\right) < 0 \Leftrightarrow \frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]} < 1$ donc $[\text{A}^-] < [\text{AH}]$ ⇒ acide prédomine remarque: pour les <i>amphotère</i> , on $K_A = K_E \Rightarrow$ réaction <u>d'autoprotolyse</u> de l'eau	
• réaction acide fort et base forte	



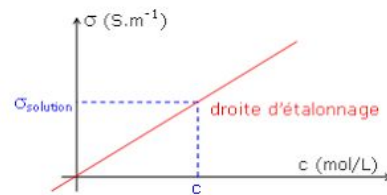
CONTRÔLE DE LA QUALITÉ PAR DOSAGE

- dosage par étalonnage
déterminer une concentration C_x en comparant une grandeur G

➤ spectrophotométrie, mesure de l'absorbance où $G = A$
→ d'après la loi de Beer-Lambert,
 $A = \varepsilon \cdot l \cdot C \Leftrightarrow A = k \cdot C$
avec $\varepsilon = l \cdot cm^{-1} \cdot mol^{-1}$, $l = cm$ et $C = mol \cdot l^{-1}$



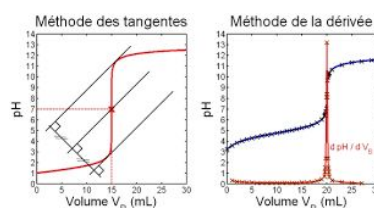
➤ conductimétrie, mesure de l'aptitude à conduire le courant où $G = \sigma$
→ d'après la loi de Kohlrausch,
 $\sigma = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot [X_i] \Leftrightarrow \sigma = k \cdot C$
avec $\lambda = S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$ et $C = mol \cdot l^{-1}$



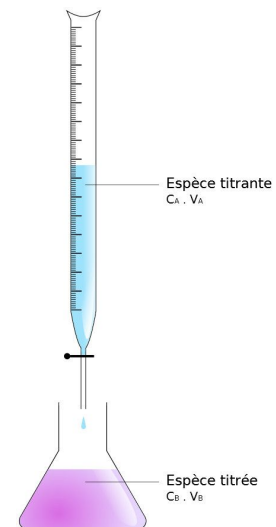
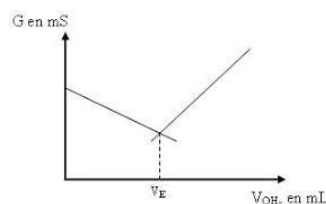
- dosage par titrage
 - mise en jeu d'une réaction chimique (rapide, totale, unique)
 $aA + bB \rightarrow P$
 - à l'équivalence, les deux réactifs ont été introduits dans les proportions stoechiométriques
on a $\frac{n_A}{a} = \frac{n_B}{b} \Leftrightarrow \frac{C_A \times V_A}{a} = \frac{C_B \times V_B}{b}$

➤ colorimétrie : détermination de l'équivalence grâce au changement de teinte

➤ pH-métrie :
il faut que la réaction support soit acido-basique



➤ conductimétrie :
il faut que la réaction support fasse intervenir des ions



STRATÉGIE DE SYNTHÈSE ET SÉLECTIVITÉ

- synthèse
 - réaction
 - isolement (séparation du produit qu'on a synthétisé)
 - purification (recristallisation pour un solide/ distillation pour un liquide)

- *caractérisation* (contrôler la pureté du produit synthétisé)
- rendement : $\rho = \frac{n_p}{n_{max}}$ (rendement *total* = *produit* des *rendement* de chaque étape)
- la *sélectivité* :
 - conditions expérimentales
 - réactif chimiosélectif *réagit préférentiellement avec une fonction*
 ≠ un réactif non chimiosélectif réagit sur plusieurs fonctions, il faut donc *protéger* la fonction qui ne doit pas réagir
- protection : *transformer un groupe fonctionnel* en un autre grâce à un *groupe protecteur*