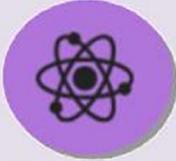


# PHYSIQUE



# CHIMIE

## ESSENTIELS DE TALE SPE POUR LE SUPERIEUR

Thèmes	Séquences d'apprentissage
 MATIÈRE	<input type="checkbox"/> Réactions Acide-base <input type="checkbox"/> Méthodes physiques d'analyse <input type="checkbox"/> Méthodes chimiques d'analyse (Titrages) <input type="checkbox"/> Suivi temporel d'une réaction <input type="checkbox"/> Sens d'évolution d'une réaction chimique <input type="checkbox"/> Force des acides et des bases <input type="checkbox"/> Synthèses organiques <input type="checkbox"/> Réactions nucléaires et décroissance radioactive
 MOUVEMENT & INTERACTIONS	<input type="checkbox"/> Lois de Newton pour décrire les mouvements <input type="checkbox"/> Équation de la trajectoire dans un champ $\vec{g}$ ou $\vec{E}$ <input type="checkbox"/> Lois de Kepler pour décrire les mouvements célestes <input type="checkbox"/> Écoulement d'un fluide
 ÉNERGIE	<input type="checkbox"/> Modèle du gaz parfait <input type="checkbox"/> Premier principe de la thermodynamique
 ONDES & SIGNAUX	<input type="checkbox"/> Diffraction <input type="checkbox"/> Interférences <input type="checkbox"/> Niveau sonore <input type="checkbox"/> Effet Doppler <input type="checkbox"/> Lunette astronomique <input type="checkbox"/> Le circuit électrique RC <input type="checkbox"/> La lumière : un flux de photons





MATIÈRE

## ♥ Réactions acide-base

### LES COUPLES ACIDE-BASE

Qu'est-ce qu'un <b>acide</b> ?	Selon Brönsted, un <b>acide</b> est une espèce chimique capable <b>de libérer un ion hydrogène <math>H^+_{(aq)}</math></b> .
Qu'est-ce qu'une <b>base</b> ?	Selon Brönsted, une <b>base</b> est une espèce chimique capable <b>de capter un ion hydrogène <math>H^+_{(aq)}</math></b> .
Qu'est-ce qu'un <b>couple acide-base</b> ?	<p>Les deux espèces <b><math>AH_{(aq)}</math> et <math>A^-_{(aq)}</math></b> sont indissociables et sont dites conjuguées. Elles forment un <b>couple acide-base noté <math>AH_{(aq)}/A^-_{(aq)}</math></b></p> <p><b>À un couple acide-base correspond une demi-équation acide-base.</b></p> $AH_{(aq)} = A^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$ <p><b>Exemples à connaître:</b> acide éthanique / ion éthanoate : <math>CH_3COOH_{(aq)} / CH_3COO^-_{(aq)}</math> acide carbonique/ ion hydrogénocarbonate : <math>H_2CO_{3(aq)} / HCO_3^-_{(aq)}</math> ion hydrogénocarbonate / ion carbonate : <math>HCO_3^-_{(aq)} / CO_3^{2-}_{(aq)}</math> ion ammonium / Ammoniac : <math>NH_4^+_{(aq)} / NH_{3(aq)}</math></p>
Qu'est-ce qu'une <b>espèce amphotère</b> ?	<p>Une espèce chimique est dite <b>amphotère</b> si elle peut se comporter <b>soit comme l'acide d'un couple soit comme la base d'un autre couple.</b></p> <p>Exemples : <b>Ion hydrogénocarbonate : <math>HCO_3^-_{(aq)} / CO_3^{2-}_{(aq)}</math></b> et <math>H_2CO_{3(aq)} / HCO_3^-_{(aq)}</math> <b>Eau : <math>H_2O_{(l)} / HO^-_{(aq)}</math> et <math>H_3O^+_{(aq)} / H_2O_{(l)}</math></b></p>

## DEFINITION DU PH

Qu'est-ce que le **pH d'une solution** ?

L'acidité ou la basicité d'une solution dépend des valeurs des concentrations en ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ .

**Le pH se calcule directement à partir de la concentration en quantité de matière d'ions oxonium :**

### Fonctions mathématiques

• Le logarithme décimal, ou log, est une fonction définie pour tout réel strictement positif.

Il transforme un produit en somme :

$$\log(a \times b) = \log a + \log b$$

$$\log 1 = 0 \text{ et } \log 10 = 1$$

• Le log est la fonction réciproque de la fonction  $10^x$ .

Pour  $a > 0$ , si  $x = \log a$  alors  $a = 10^x$ .

$$\text{pH de la solution (sans unité)} \rightarrow \text{pH} = -\log \left( \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{c^\circ} \right)$$

concentration en ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  (en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )

concentration standard  $c^\circ = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

**Réciproquement, il est possible de calculer la concentration en ions oxonium connaissant le pH de la solution :**

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

Comment **mesurer le pH** d'une solution ?

Le papier pH permet d'évaluer le pH d'une solution aqueuse avec une précision sur la mesure d'une unité.



Pour plus de précision, on utilise un pH-mètre.

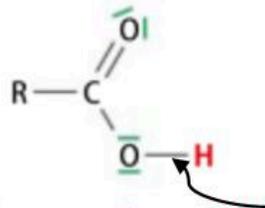


La mesure est fiable pour des pH variant entre 1 et 13, soit pour des concentrations en ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  variant entre  $10^{-1}$  et  $10^{-13} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . L'incertitude sur la mesure est alors de 0,1 unité.

## SCHEMA DE LEWIS DES ACIDES ET DES BASES

Pourquoi les **acides carboxyliques** sont capables de céder un  $H^+$  ?

Pour expliquer cela, il faut partir du **schéma de Lewis des acides carboxyliques**.



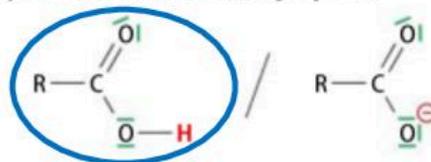
Dans cette représentation, on voit une **liaison polarisée** car la différence d'électronégativités entre O et H est forte :

$$\chi_O - \chi_H = 3,44 - 2,20 = 1,24 > 0,4$$

**L'atome d'oxygène O va attirer les électrons vers lui**, ce qui va entraîner **la rupture de la liaison et libérer un  $H^+$** .

Ce sont **des Acides selon Brönsted**.

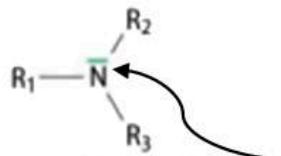
► **Couples des acides carboxyliques :**



Acide carboxylique / ion carboxylate

Pourquoi les **amines** sont capables de capter un  $H^+$  ?

Pour expliquer cela, il faut partir du **schéma de Lewis des amines**.

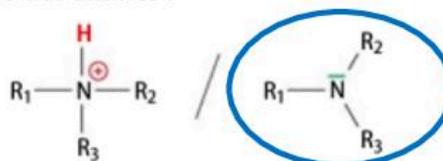


Dans cette représentation, on voit un **doublet non-liant** sur l'atome d'azote.

**L'atome d'azote N va venir combler la lacune électronique d'un ion hydrogène  $H^+$** , ce qui va entraîner **la création d'une liaison et capter un  $H^+$** .

Ce sont **des Bases selon Brönsted**.

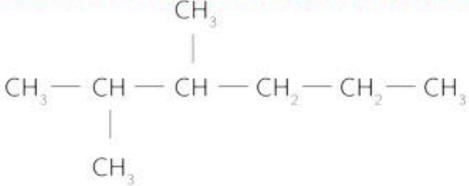
► **Couples des amines :**



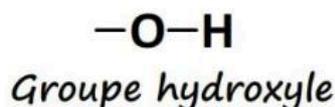
Ion ammonium / amine

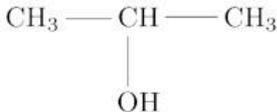
# ♥ Familles chimiques et nomenclature

## FAMILLE DES ALCANES :

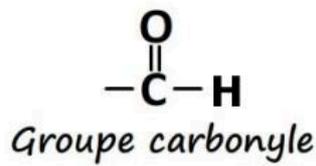
Qu'est-ce qu'un <b>alcane</b> ?	Un alcane n'est composé que d'atomes de <b>carbones et d'hydrogènes</b> et ne possédant que des <b>liaisons simples</b> .																
Comment <b>nommer les alcanes</b> en utilisant la <b>nomenclature de chimie</b> ?	<p><b>1-</b> Identifier la chaîne carbonée la plus longue, appelée la chaîne principale.</p> <p><b>2-</b> Numéroté la chaîne principale</p> <p>Attention, pour un alcane ramifié, on numérote la chaîne principale de façon à ce que le numéro du premier carbone qui porte la ramification soit le plus petit possible.</p> <p><b>3-</b> En fonction du nombre de carbones, attribuer un préfixe suivi de la terminaison <b>-ane</b>.</p> <table border="1"><thead><tr><th>1 C</th><th>2 C</th><th>3 C</th><th>4 C</th><th>5 C</th><th>6 C</th><th>7 C</th><th>8 C</th></tr></thead><tbody><tr><td><b>Meth-</b></td><td><b>Eth-</b></td><td><b>Prop-</b></td><td><b>But-</b></td><td><b>Pent-</b></td><td><b>Hex-</b></td><td><b>Hept-</b></td><td><b>Oct-</b></td></tr></tbody></table> <p><b>4-</b> Écrire le nom de l'alcane en indiquant le numéro de la place des groupes alkyles suivi d'un tiret puis du nom du groupe alkyle sans le « e » final, attaché au nom de l'alcane correspondant à la chaîne principale.</p> <p><b>5-</b> S'il y a plusieurs ramifications identiques, utiliser les préfixes <b>di</b> (2) ; <b>tri</b> (3) ; <b>tétra</b> (4).</p> <p>Exemple :</p> <p><b>2,3-diméthylhexane</b></p> 	1 C	2 C	3 C	4 C	5 C	6 C	7 C	8 C	<b>Meth-</b>	<b>Eth-</b>	<b>Prop-</b>	<b>But-</b>	<b>Pent-</b>	<b>Hex-</b>	<b>Hept-</b>	<b>Oct-</b>
1 C	2 C	3 C	4 C	5 C	6 C	7 C	8 C										
<b>Meth-</b>	<b>Eth-</b>	<b>Prop-</b>	<b>But-</b>	<b>Pent-</b>	<b>Hex-</b>	<b>Hept-</b>	<b>Oct-</b>										

## FAMILLE DES ALCOOLS :



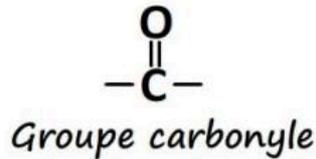
Comment <b>nommer les alcools</b> en utilisant la <b>nomenclature de chimie</b> ?	<p><b>1- Trouver le nom de l'alcane</b> correspondant à la chaîne carbonée la plus longue qui contient le carbone fonctionnel, c'est-à-dire le carbone qui porte le groupe <b>hydroxyle</b> « <b>—OH</b> ».</p> <p><b>2- Remplacer le « e » final par le suffixe « ol »</b>, précédé du numéro de position du carbone fonctionnel dans la chaîne principale. Ce numéro doit être <b>le plus petit</b> possible.</p> <p><b>3- Nommer les ramifications éventuelles</b> en suivant les mêmes règles de nomenclature que pour les alcanes ramifiés. La numérotation de la chaîne carbonée principale étant faite de telle sorte que le carbone fonctionnel (qui porte le groupe hydroxyle) ait le plus petit numéro.</p> <p>Exemple : <b>propan-2-ol</b></p> 
---	---

FAMILLE DES ALDEHYDES :



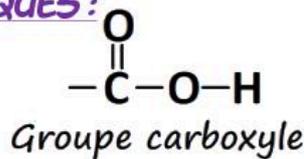
Comment nommer les aldéhydes ?	<p>Tout comme l'alcool sauf que le suffixe est « <b>al</b> »</p> <p>Exemple : <b>2,4-diméthylpentanal</b></p> $\begin{array}{ccccccc} \text{CH}_3 & - & \text{CH} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH} & - & \text{CH} \\ & &   & & & &   & & \parallel \\ & & \text{CH}_3 & & & & \text{CH}_3 & & \text{O} \end{array}$
--------------------------------	---

FAMILLE DES CETONES :



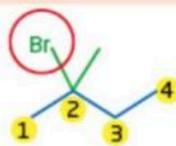
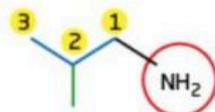
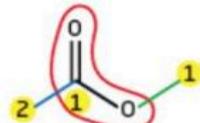
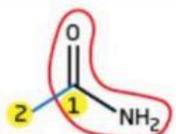
Comment nommer les cétones ?	<p>Tout comme l'alcool sauf que le suffixe est « <b>one</b> »</p> <p>Exemple : <b>3-éthyl,4-méthylpentan-2-one</b></p> $\begin{array}{ccccccc} & & & & \text{O} & & \\ & & & & \parallel & & \\ \text{CH}_3 & - & \text{CH} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{CH}_3 \\ & &   & &   & & & & \\ & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_2 & & & & \\ & & & &   & & & & \\ & & & & \text{CH}_3 & & & & \end{array}$
------------------------------	--

FAMILLE DES ACIDES CARBOXYLIQUES :



Comment nommer les acides carboxyliques	<p>Tout comme l'alcool sauf qu'on ajoute devant « <b>Acide</b> » et en suffixe « <b>-oïque</b> »</p> <p>Exemple : <b>Acide 3-méthylbutanoïque</b></p> $\begin{array}{ccccccc} & & & & \text{O} & & \\ & & & & \parallel & & \\ \text{H}_3\text{C} & - & \text{CH} & - & \text{CH}_2 & - & \text{C} & - & \text{O} \\ & &   & & & & & & \parallel \\ & & \text{CH}_3 & & & & & & \text{OH} \end{array}$
---	--

AUTRES FAMILLES CHIMIQUES :

Famille fonctionnelle	Halogénoalcane	Amine	Ester	Amide
Groupe caractéristique				
Nom	2-bromo-2-méthylbutane	2-méthylpropan-1-amine	Éthanoate de méthyle	Éthanamide



## DOSAGE PAR ETALONNAGE CONDUCTIMETRIQUE

Qu'est-ce que la loi de Kohlrausch ?

La conductivité d'une solution est proportionnelle à sa concentration d'après la **loi de Kohlrausch** :  $\sigma = k \times C$

En effet, plus la solution est concentrée, plus il y a d'ions pour conduire le courant électrique.

**Domaine de validité** : pour des solutions suffisamment diluées ( $c < 1 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ )

### DOSAGE PAR ETALONNAGE CONDUCTIMETRIQUE

Déterminer la concentration d'une espèce chimique

En utilisant une courbe d'étalonnage  $\sigma = f(c)$

Grâce à des mesures de conductivité

Ce dosage est une méthode physique d'analyse car il utilise une grandeur physique (et non une réaction chimique) pour déterminer la concentration des ions en solution.

#### Étape 1 : Préparer les solutions étalons

-On prépare plusieurs solutions filles **par dilution** à partir d'une solution mère.

#### Étape 2 : Réaliser les mesures de conductivité électrique

-On mesure la conductivité des solutions étalons à l'aide d'un conductimètre.

#### Étape 3 : Tracer la courbe d'étalonnage

-On trace la courbe d'étalonnage qui représente la conductivité en fonction de la concentration en ions présents dans la solution.

-On sait que l'on va obtenir une droite passant par l'origine car  $\sigma$  et  $c$  sont proportionnels selon la loi de Kohlrausch

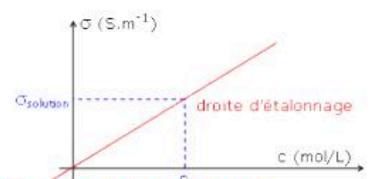
#### Étape 4 : Utiliser la courbe d'étalonnage

-On mesure la conductivité de notre solution de concentration en ion inconnue.

-On reporte la mesure de  $\sigma$  sur la courbe d'étalonnage

-Par lecture graphique, on détermine la concentration  $c$ .

- et/ou on utilise le coefficient de la droite pour calculer ensuite  $c$ .

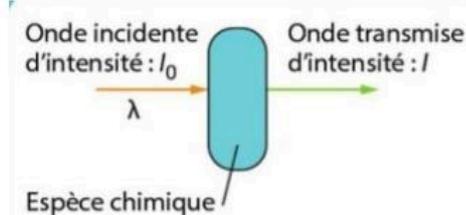


Quelles sont les étapes d'un dosage par étalonnage conductimétrique ?

## SPECTROSCOPIE INFRAROUGE (IR)

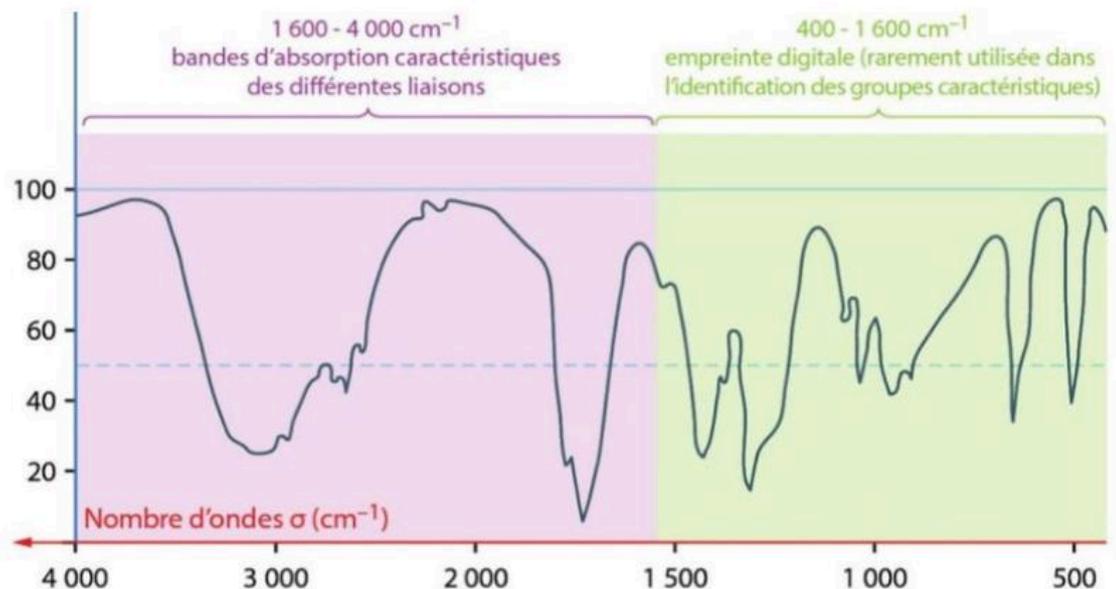
Qu'est-ce que le **spectre infrarouge** ?

- Un spectre infrarouge (IR) est un graphique représentant :
    - en abscisse : le nombre d'onde  $\sigma$  en  $\text{cm}^{-1}$ .
- Le nombre d'onde est relié à la longueur d'onde  $\lambda$  par la relation:  $\sigma = \frac{1}{\lambda}$
- en ordonnée : la transmittance T en pourcent.



Il est utilisé pour identifier les groupes caractéristiques présents dans une molécule.

Quel est l'allure d'un **spectre IR** ?



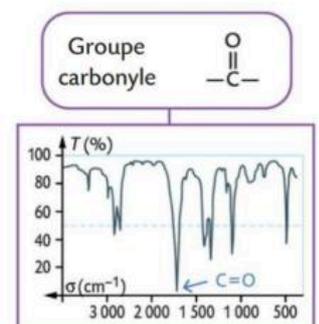
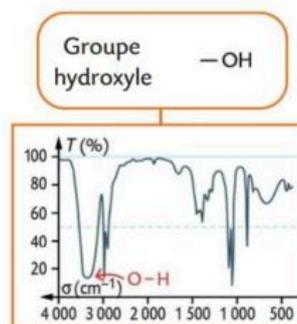
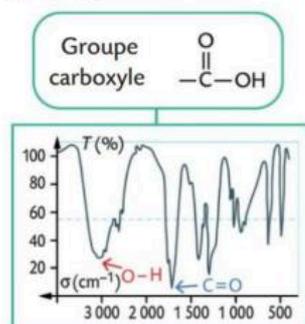
Les bandes d'absorption situées après  $1500\text{cm}^{-1}$  correspondent aux bandes caractéristiques des différentes liaisons de la molécule et nous permettent de l'identifier .

La zone avant  $1500\text{cm}^{-1}$  correspond à l'**empreinte digitale** de la molécule, elle n'est pas utilisée pour identifier les groupes caractéristiques

Que représente une **bande d'absorption** sur un **spectre infrarouge IR** ?

Chaque bande d'absorption du spectre infrarouge est associée à la vibration d'une liaison.

Le nombre d'ondes  $\sigma$  de la vibration absorbée permet de reconnaître la présence de liaisons (C=O, O-H, etc.) dans la molécule. L'identification de groupes caractéristiques est ainsi possible.

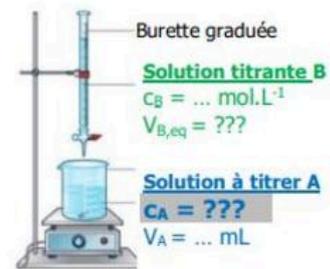


# ♥ Méthodes chimiques d'analyse

## DOSAGE PAR TITRAGE

Quel est le principe d'un dosage par titrage ?

Un **dosage par titrage** consiste à faire réagir deux espèces chimiques A et B dans les proportions stœchiométriques dans le but de **déterminer la quantité de matière ou la concentration de la solution à titrer.**



Comment **déterminer la concentration inconnue** de la solution à titrer à l'aide la relation à l'équivalence ?

**À l'équivalence, les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques.**

On utilise donc un tableau d'avancement pour en déduire la relation à l'équivalence :

Équation de la réaction	$a A + b B \rightarrow c C + d D$			
État initial $x = 0$	$n_i(A)$	$n_i(B)$	0	0
État final (Équivalence du titrage) $x_f = x_{eq}$	$n_f(A) = n_i(A) - a x_{eq}$	$n_f(B) = n_i(B) - b x_{eq}$	$c x_{eq}$	$d x_{eq}$

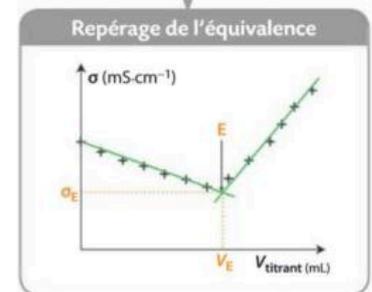
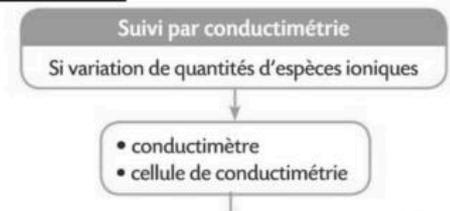
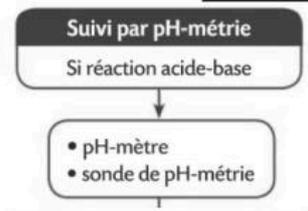
**Relation à l'équivalence :**

$$n_f(A) = n_i(A) - a x_{eq} = 0 \Leftrightarrow n_i(A) - a x_{eq} = 0 \Leftrightarrow x_{eq} = \frac{n_i(A)}{a}$$

$$n_f(B) = n_i(B) - b x_{eq} = 0 \Leftrightarrow n_i(B) - b x_{eq} = 0 \Leftrightarrow x_{eq} = \frac{n_i(B)}{b}$$

$$\boxed{\frac{n_i(A)}{a} = \frac{n_i(B)}{b}}$$

Quelles sont les **deux méthodes de suivi** pour repérer l'équivalence ?



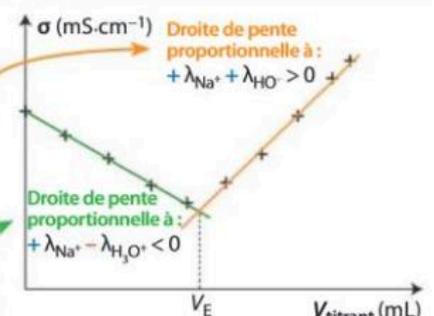
**Méthode pH-métrique**

**Méthode conductimétrique**

Exemple de réaction :  $\mathbf{H_3O^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow 2 H_2O_{(l)}}$  ( $\mathbf{Na^+}$  et  $\mathbf{Cl^-}$  ions spectateurs)

Comment expliquer **l'évolution de la pente** de la courbe du titrage conductimétrique ?

Ions	Évolution des quantités	
	Avant l'équivalence	Après l'équivalence
$\mathbf{Na^+}$	↗	↗
$\mathbf{HO^-}$	0	↗
$\mathbf{H_3O^+}$	↘	0
$\mathbf{Cl^-}$	=	=

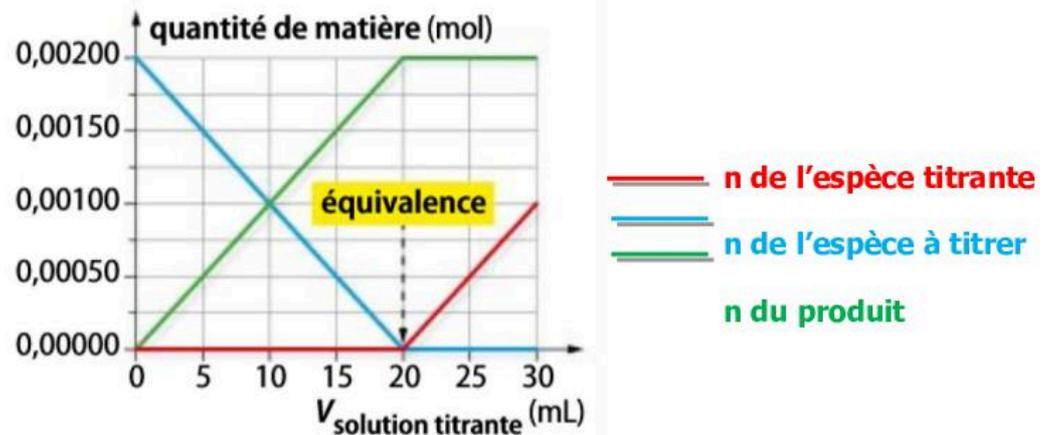


De plus,  $\lambda_{H_3O^+} > \lambda_{Na^+}$  donc la pente est négative.

## EVOLUTION DES QUANTITES DE MATIERE LORS D'UN TITRAGE

Comment **évoluent** les quantités de matière des espèces chimiques lors d'un titrage ?

On peut utiliser un **programme en langage Python**, pour visualiser sur un graphique l'évolution des quantités de matières des espèces chimiques lors d'un titrage.



Avant l'équivalence,

La quantité de matière de l'espèce titrante reste nulle

La quantité de matière de l'espèce à titrer diminue (elle disparaît)

La quantité de matière du produit augmente (il apparaît)

À l'équivalence,

$n_{\text{titrante}} = n_{\text{titrée}} = 0$  (changement de réactif limitant)

Après l'équivalence,

La quantité de matière de l'espèce titrante augmente (elle ne réagit plus)

La quantité de matière de l'espèce à titrer diminue (il y en a plus)

La quantité de matière du produit reste constante (il ne s'en forme plus)

Quelle est la **méthode** pour établir l'expression des quantités de matière en fonction du volume versé de la solution titrante ?

Pour établir l'expression des quantités de matière lors d'un titrage, il faut :  
1- établir le tableau d'avancement de la réaction avec 4 lignes :

Équation	a A	+ b B	→ c C	+ d D
État initial $x = 0$	$n_{A,i}$	$n_{B,i}$	0	0
État intermédiaire $x < x_{\text{eq}}$ avant l'équivalence	$n_{A,i} - ax$	$n_{B,i} - bx$	$cx$	$dx$
État à Équivalence $x = x_{\text{eq}}$	$n_{A,i} - ax_{\text{eq}}$	$n_{B,i} - bx_{\text{eq}}$	$cx_{\text{eq}}$	$dx_{\text{eq}}$
État intermédiaire $x < x_{\text{eq}}$ après l'équivalence	$n_{A,i} - ax$	$n_{B,i} - bx$	$cx$	$dx$

2- déterminer ensuite le réactif limitant **avant l'équivalence** pour avoir  $x$  avant l'équivalence et on remplace  $x$  dans toutes les formules.

**À l'équivalence**, il y a changement de réactif limitant.

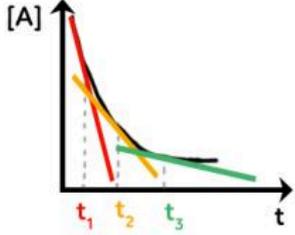
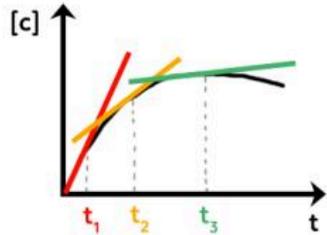
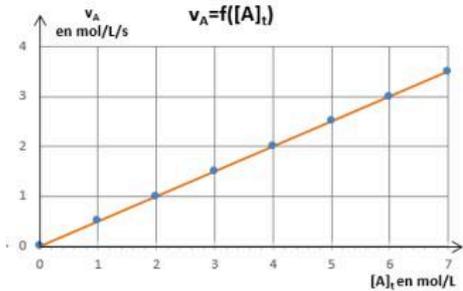
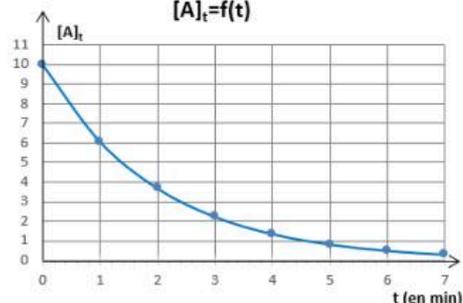
3- faire la même chose **après l'équivalence**.

# ♥ Suivi cinétique d'une transformation chimique

## FACTEURS CINÉTIQUES

<p>Qu'est-ce qu'une <b>réaction « lente »</b> ?</p>	<div style="text-align: center;"> <p>Réaction <b>rapide</b>      Réaction <b>lente</b>      Réaction <b>infiniment lente</b></p> <p>Immédiate      quelques secondes      plusieurs minutes, heures...</p> </div> <p>Une réaction chimique est dite <b>LENTE</b>, si la réaction prend plusieurs secondes, heures, jours...</p> <p>On peut alors <b>suivre son évolution temporelle</b> grâce à l'apparition d'un produit ou la disparition d'un réactif en utilisant <b>deux types de méthodes</b> :</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; background-color: #f8d7da;"> <p style="text-align: center;"><b>Méthodes physiques :</b></p> <p style="text-align: center;">Spectrophotométrie (si réactif ou produit coloré)</p> </div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; background-color: #d1ecf1;"> <p style="text-align: center;"><b>Méthodes chimiques :</b></p> <p style="text-align: center;">Titrages</p> </div> </div> <p>Le but étant de pouvoir <b>tracer l'évolution de la concentration</b> d'un réactif ou d'un produit en fonction du temps.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;"> <p>Formation d'un produit</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Disparition d'un réactif</p> </div> </div>
<p>Qu'est-ce qu'un <b>facteur cinétique</b> ?</p>	<p>Un <b>facteur cinétique</b> est un paramètre qui permet de modifier (accélérer ou diminuer) la vitesse d'une réaction . En voici deux :</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>La température</b></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>la concentration des réactifs</b></p> </div> </div>
<p>Qu'est-ce qu'un <b>catalyseur</b> ?</p>	<p>Un <b>catalyseur</b> est une espèce chimique qui permet d'accélérer une réaction sans faire partie des réactifs. Il n'apparaît pas dans l'équation de la réaction. On dit qu'il est régénéré en fin de réaction.</p> <p>Il existe trois types de catalyse :</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="border: 1px solid orange; border-radius: 15px; padding: 10px; width: 30%;"> <p style="text-align: center; color: orange;"><b>Homogène</b></p> <div style="text-align: center;"></div> <p style="color: red; font-size: small;">Si le catalyseur a le même état physique que les réactifs.</p> <p style="color: red; font-size: small;">Très souvent liquide.</p> </div> <div style="border: 1px solid orange; border-radius: 15px; padding: 10px; width: 30%;"> <p style="text-align: center; color: orange;"><b>Hétérogène</b></p> <div style="text-align: center;"></div> <p style="color: red; font-size: small;">Si le catalyseur n'a le même état physique que les réactifs.</p> <p style="color: red; font-size: small;">Très souvent solide.</p> </div> <div style="border: 1px solid orange; border-radius: 15px; padding: 10px; width: 30%;"> <p style="text-align: center; color: orange;"><b>Enzymatique</b></p> <div style="text-align: center;"></div> <p style="color: red; font-size: small;">Si le catalyseur est une enzyme (protéine produite par les êtres vivants).</p> <p style="color: red; font-size: small;">Cas particulier de la catalyse homogène</p> </div> </div>

## LOI DE VITESSE D'UNE REACTION CHIMIQUE

<p>Qu'est-ce que la <b>vitesse volumique de disparition</b> d'un réactif ?</p>	<p>Pour tout le bilan, on considère l'équation de la réaction suivante :</p> $a \mathbf{A} + b \mathbf{B} \rightarrow c \mathbf{C}$ <p>B est introduit en excès, donc <b>A est le réactif limitant</b>.</p> <p>On définit la vitesse de disparition d'un réactif par :</p> <p>en mol.L<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> → <math>v_A = - \frac{d[A]_t}{dt}</math> ← en mol.L<sup>-1</sup>  <span style="margin-left: 150px;">← en s</span></p> <p>On observe que la vitesse de disparition du réactif A diminue au cours du temps. C'est-à-dire que A disparaît de moins en moins vite.</p> 
<p>Qu'est-ce que la <b>vitesse volumique d'apparition</b> d'un produit ?</p>	<p>On définit la vitesse de disparition d'un réactif par :</p> <p>en mol.L<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> → <math>v_C = \frac{d[C]_t}{dt}</math> ← en mol.L<sup>-1</sup>  <span style="margin-left: 150px;">← en s</span></p> <p>On observe que la vitesse d'apparition du produit C diminue au cours du temps. C'est-à-dire que C apparaît de moins en moins vite.</p> 
<p>Comment déterminer le <b>temps de demi-réaction</b> ?</p>	<p>Le <b>temps de demi-réaction</b> noté <math>t_{1/2}</math> est la durée au bout de laquelle la moitié du réactif limitant A a disparu, soit pour <math>[A]_{t_{1/2}} = \frac{[A]_0}{2}</math></p> <p><math>t_{1/2}</math> se détermine graphiquement.</p> <p>Ici, entre les 2 réactions, la plus rapide est celle qui a <math>t_{1/2}</math> le plus petit. : <i>la courbe rouge.</i></p>
<p>Comment identifier si l'évolution d'une concentration suit une loi de vitesse d'ordre 1 ?</p>	<p><b>La loi de vitesse d'ordre 1</b> d'une réaction s'écrit ainsi :</p> $v_A = k \times [A]_t$ <p>La vitesse est alors proportionnelle à l'évolution de la concentration du réactif A.</p> <p>Pour identifier si l'évolution de la concentration du réactif A suit une loi de vitesse d'ordre 1, on peut :</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p>soit observer <b>la courbe <math>v_A</math> en fonction de <math>[A]_t</math></b></p> <p>Si <math>v_A = f([A]_t)</math> est une <b>droite linéaire</b> alors la <b>loi de vitesse est d'ordre 1</b>.</p>  </div> <div style="width: 45%;"> <p>soit observer <b>la courbe <math>[A]_t</math> en fonction du temps</b></p> <p>Si <math>[A]_t = f(t)</math> est une <b>courbe exponentielle</b> alors la <b>loi de vitesse est d'ordre 1</b>.</p>  </div> </div>

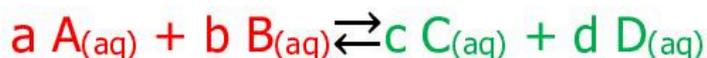
# ♥ Sens d'évolution spontanée d'une réaction

## TRANSFORMATION TOTALE OU NON / TAUX D'AVANCEMENT

<p>Comment distinguer une <b>réaction totale</b> d'une <b>réaction non-totale</b> ?</p>	<p>Une réaction chimique est <b>TOTALE</b> lorsqu'<b>un des réactifs a totalement disparu à l'état final</b> !</p> <p>L'avancement final est égal à l'avancement maximal.  <math>x_f = x_{max}</math></p> <p><math>a A + b B \rightarrow c C + d D</math>  <b>Flèche simple</b></p>	<p>Une réaction chimique est <b>NON-TOTALE</b> lorsque <b>les deux réactifs sont encore présents à l'état final</b> !</p> <p>L'avancement final est inférieur à l'avancement maximal.  <math>x_f &lt; x_{max}</math></p> <p><math>a A + b B \rightleftharpoons c C + d D</math>  <b>Flèche double</b></p>
<p>Qu'est-ce que le <b>taux d'avancement</b> ?</p>	<p><b>Le taux d'avancement</b> d'une réaction, noté <math>\tau</math> (tau) est défini par :</p> $\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si <math>\tau = 1</math>, (<math>x_f = x_{max}</math>) alors la réaction est <b>totale</b>.</li> <li>• Si <math>0 &lt; \tau &lt; 1</math>, (<math>x_f &lt; x_{max}</math>) alors la réaction est <b>non-totale</b>.</li> </ul>	
<p>À quoi correspond l'<b>état d'équilibre</b> d'une réaction ?</p>	<p>Lorsque l'état final d'une réaction ne varie plus (on ne voit plus d'évolution), on parle d'un <b>état d'équilibre</b>.</p> <p>Pour une réaction non-totale, tous les réactifs et tous les produits coexistent à l'état final.</p> <p style="text-align: center;"> <math>Fe^{2+}(aq) + Ag^+(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + Ag(s)</math> </p> <div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;"> <math>Fe^{3+}(aq) + Ag(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Ag^+(aq)</math> </p> <p>Elle est modélisée par deux réactions opposées. L'équation s'écrit :</p> $Fe^{2+}(aq) + Ag^+(aq) \rightleftharpoons Fe^{3+}(aq) + Ag(s).$ <p>Lorsque l'état final est atteint, la réaction chimique se produit dans les 2 sens.          La vitesse d'apparition des espèces chimiques est égale à leur vitesse de disparition.</p> <div style="text-align: right;"> </div> <p>Un état d'équilibre en chimie est qualifié d'<b>équilibre dynamique</b>.</p>	

## CONSTANTE D'EQUILIBRE, SENS DIRECT

Le quotient de réaction  $Q_r$ , grandeur sans dimension, est associé à une réaction chimique



Il est défini par la relation :

$$Q_r = \frac{\left(\frac{[C]}{c^\circ}\right)^c \times \left(\frac{[D]}{c^\circ}\right)^d}{\left(\frac{[A]}{c^\circ}\right)^a \times \left(\frac{[B]}{c^\circ}\right)^b}$$

[A], [B], [C] et [D] : concentration des espèces en solution (mol.L<sup>-1</sup>) ;  
a, b, c et d : coefficients stœchiométriques ;  
c° : concentration standard c° = 1 mol.L<sup>-1</sup>

Seules les concentrations des espèces dissoutes en solution interviennent dans l'expression.

**Les espèces chimiques sous forme solide ou le solvant n'apparaissent pas dans le quotient de réaction  $Q_r$ .**

Qu'est-ce que le **quotient de réaction** ?

Qu'est-ce que la **constante de réaction** ?

À l'équilibre, c'est-à-dire au moment où les quantités n'évoluent plus,

le quotient de réaction notée  $Q_{r,eq}$  est appelé la constante de réaction K.

$$K = \frac{[C]_{eq}^c \times [D]_{eq}^d}{[A]_{eq}^a \times [B]_{eq}^b}$$

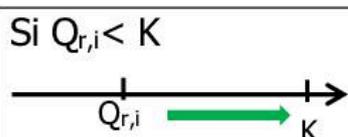
Comme son nom l'indique, c'est une constante donc ne dépend pas des concentrations à l'équilibre mais **uniquement de la température**.

**Un système chimique évolue spontanément vers un état d'équilibre.**

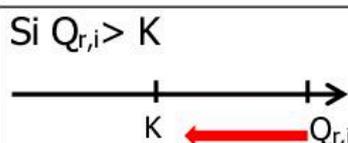
Pour connaître le sens d'évolution de la réaction, il faut comparer le quotient de réaction de l'état initial notée  $Q_{r,i}$  à la constante d'équilibre K. Au cours de la réaction,  $Q_r$  tend toujours vers K

Trois cas sont alors possibles :

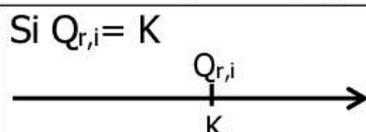
Comment **prévoir le sens d'évolution spontanée** d'une réaction chimique ?



Alors la réaction se fait spontanément dans le **sens direct**.

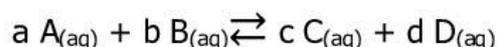


Alors la réaction se fait spontanément dans le **sens indirect**.



La réaction a atteint l'équilibre.

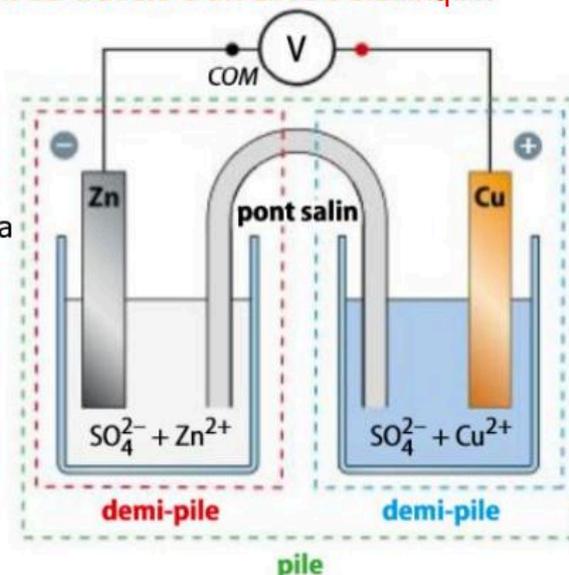
( $v_{apparition} = v_{disparition}$ )



## FONCTIONNEMENT D'UNE PILE

Une **pile** est le siège d'une transformation spontanée d'oxydoréduction pour laquelle les réactifs sont séparés dans deux demi-piles. Le transfert d'électrons se fait indirectement au travers d'un circuit électrique.

Le **pôle -** est appelé **ANODE**, sur laquelle a lieu une **Oxydation**.



Le **pôle +** est appelé **CATHODE**, sur laquelle a lieu une **Réduction**.



- Les électrons (formés à l'anode) circulent à l'extérieur de la pile de la borne - vers les bornes +.
- L'intensité du courant électrique  $i$  circule dans l'autre sens.

**Lorsque l'équilibre est atteint ( $Q_r=K$ ) ou qu'un des réactifs limitant a disparu, la pile est usée.**

Quels sont les **rôles du pont salin** ?

A l'intérieur de la pile, le pont salin permet :

- de **fermer le circuit électrique** (passage du courant grâce aux ions).
- et **d'assurer l'électroneutralité** des solutions (déplacement des cations  $K^+$  et anions  $Cl^-$  dans les demi-piles correspondantes).

Comment déterminer la **capacité électrique maximale d'une pile** ?

La capacité électrique est la charge électrique maximale  $q_{\max}$  (exprimée en Coulomb) que peut fournir une pile. Elle dépend de la quantité de matière d'électrons mis en jeu :

$$q_{\max} = n_{e^-} \times F \quad \text{et} \quad q_{\max} = I \times \Delta t$$

$\swarrow$                        $\downarrow$                        $\downarrow$   
**C**                      **mol**                      **C.mol<sup>-1</sup>**

$F$  : constante de faraday,  $F = N_A \times e = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$

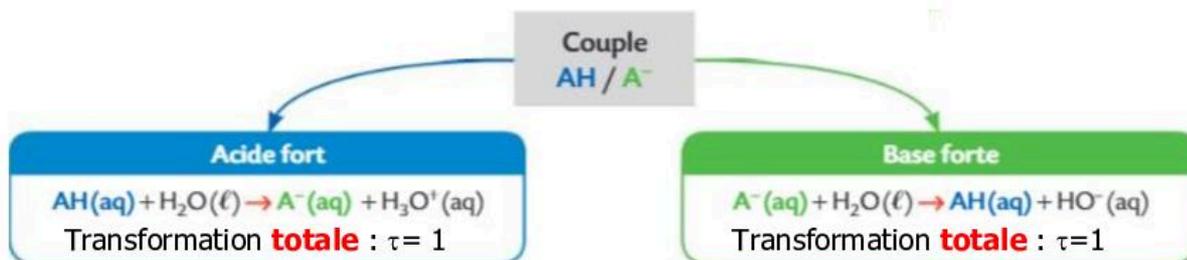
$n_{e^-}$  correspond à la quantité de matière d'électrons ayant circulé. Elle se détermine à partir de la demi-équation du réactif limitant.

# ♥ Force des acides et des bases

## ACIDE FORT/ ACIDE FAIBLE

Qu'est-ce qu'un acide fort ?

Ou une base forte ?



Un acide fort **réagit totalement avec l'eau.**

On dit alors qu'il est totalement dissocié dans l'eau.

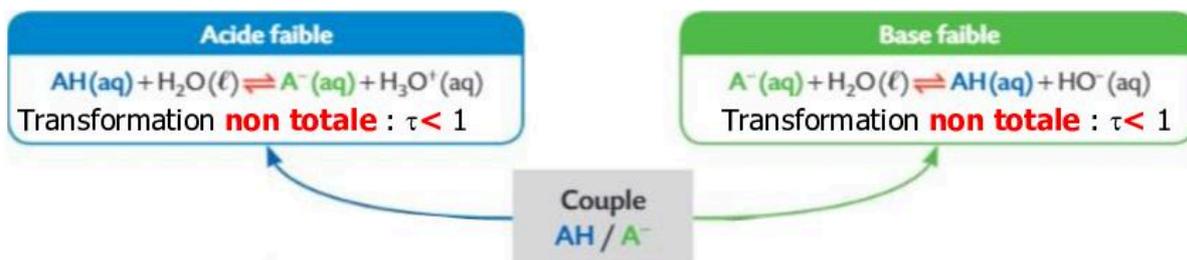
exemple : Acide chlorhydrique ( $H_3O^+ + Cl^-$ )

Une base forte **réagit totalement**

exemple : hydroxyde de sodium ( $Na^+ + HO^-$ )

Qu'est-ce qu'un acide faible ?

Ou une base faible ?



Un acide faible ne réagit pas totalement avec l'eau.

Une base faible ne réagit pas totalement avec l'eau.

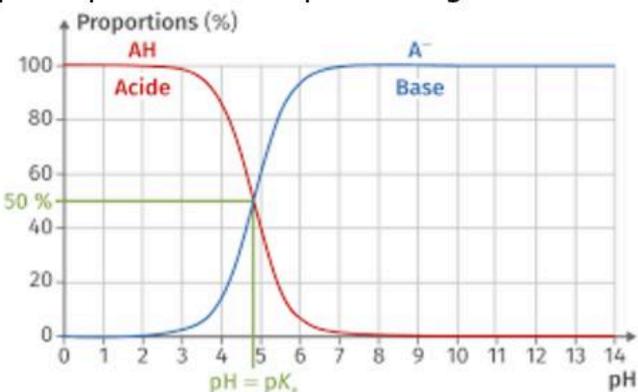
Il n'est pas totalement dissocié dans l'eau.

On observe alors un **état d'équilibre.**

(La réaction dans le sens direct et celle dans le sens indirect se produisent simultanément)

exemple : Acide éthanoïque ( $CH_3COOH$ ) exemple : Ammoniac ( $NH_3$ )

## CONSTANTE D'ACIDITE / DIAGRAMME DE PREDOMINANCE

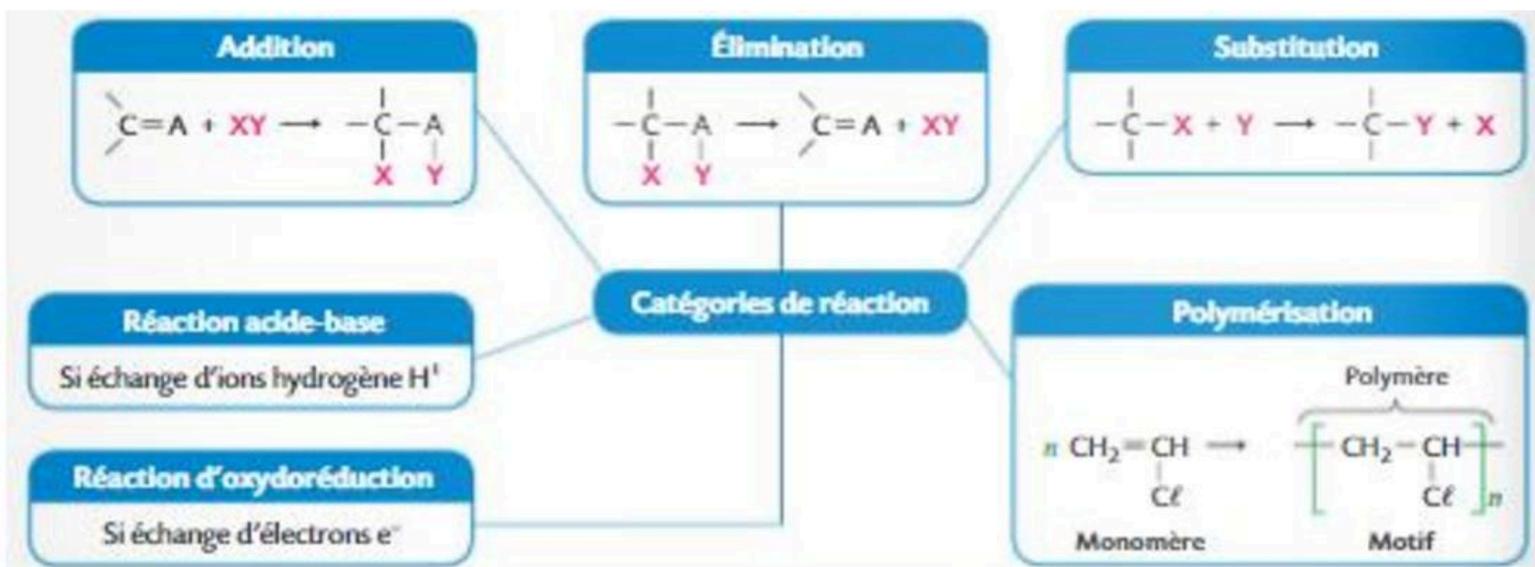
<p>A quoi correspond le <b><math>K_A</math></b> et le <b><math>pK_A</math></b> d'un couple acide-base ?</p>	<p>La constante d'acidité <math>K_A</math> correspond à la constante d'équilibre de la réaction entre un acide AH et l'eau.</p> $\text{AH}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{A}^-_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ $K_A = \frac{[\text{A}^-]_{eq} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{eq}}{[\text{AH}]_{eq}}$ <p>On note <b><math>pK_A = -\log K_A</math></b> ( ou <b><math>K_A = 10^{-pK_A}</math></b>)</p>
<p>Qu'appelle-t-on le <b>produit ionique</b> de l'eau ?</p>	<p><b>Un cas particulier : l'eau</b></p> <p>L'eau peut être à la fois un acide ou une base (espèce amphotère) Donc deux molécules d'eau peuvent réagir ensemble.</p> $\text{H}_2\text{O}_{(l)} / \text{HO}^-_{(aq)} : \text{H}_2\text{O}_{(l)} = \text{HO}^-_{(aq)} + \text{H}^+_{(aq)}$ $\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} / \text{H}_2\text{O}_{(l)} : \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{H}^+_{(aq)} = \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ <hr style="width: 50%; margin: 10px auto;"/> $2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{HO}^-_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)}$ <p>Cette réaction s'appelle <b>autoprotolyse de l'eau</b>.</p> <p>On peut alors écrire la constante d'équilibre de cette réaction appelée <b>le produit ionique de l'eau</b>.</p> $K_e = [\text{HO}^-]_{eq} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{eq}$ $K_e = 10^{-14} \text{ et } pK_e = 14$
<p>Qu'est-ce que le <b>diagramme de prédominance</b> d'un couple acide-base ?</p>	<p>C'est un axe de pH sur lequel apparaît :</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <math>[\text{AH}] &gt; [\text{A}^-]</math>  <span style="color: blue;">AH prédomine</span> </div> <div style="text-align: center;"> <math>[\text{AH}] = [\text{A}^-]</math>  <span style="color: red;"> </span>  <math>pK_a = \text{pH}</math> </div> <div style="text-align: center;"> <math>[\text{AH}] &lt; [\text{A}^-]</math>  <span style="color: green;">A<sup>-</sup> prédomine</span> </div> </div> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">pH →</p>
<p>Qu'est-ce que le <b>diagramme de distribution</b> d'un couple ?</p>	<p>C'est un graphique représentant le pourcentage d'acide et de base en fonction du pH :</p> 

# ♥ Synthèse des molécules organiques

## OPTIMISATION D'UNE SYNTHÈSE ORGANIQUE

<p>Comment calculer le <b>rendement</b> d'une synthèse ?</p>	<p>On appelle <b>rendement r</b> ou <math>\eta</math> d'une synthèse, le rapport de la quantité de produit obtenu (valeur expérimentale) sur la quantité de produit maximale possible.</p> $r = \frac{n(\text{produit})_{\text{récupéré expérimentalement}}}{n(\text{produit})_{\text{formé si transformation totale}}} \times 100$ <p>Plus simplement <math>r = \frac{n(\text{produit})_{\text{exp}}}{n(\text{produit})_{\text{max}}} \times 100</math></p> <p>Remarque : en multipliant le numérateur et le dénominateur par la <b>masse molaire</b> du produit :</p> $R = \frac{n(\text{produit})_{\text{exp}} \times M}{n(\text{produit})_{\text{max}} \times M} \times 100 \quad \text{soit} \quad r = \frac{m(\text{produit})_{\text{exp}}}{m(\text{produit})_{\text{max}}} \times 100$
<p>Comment <b>optimiser</b> une synthèse ?</p>	<p>Un des enjeux d'une synthèse chimique est de choisir les bonnes <b>conditions expérimentales</b> (dites aussi conditions opératoires) pour obtenir le plus de produit possible</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- en <b>augmentant la vitesse et le rendement</b></li> <li>- et en <b>minimisant les apports d'énergie et les déchets</b>.</li> </ul> <p>On parle de <b>synthèses éco-responsables</b>.</p> <p><b>Pour augmenter la vitesse de formation d'un produit</b>, on peut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Chauffer</b> le milieu réactionnel (à l'aide d'un <b>montage de chauffage à reflux</b>)</li> <li>• Utiliser un <b>catalyseur</b> (qui est régénéré en fin de réaction).</li> <li>• Augmenter la <b>concentration</b> des réactifs en solution.</li> </ul> <p><b>Pour optimiser le rendement</b>, on peut :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduire un <b>réactif</b> en <b>excès</b>.</li> <li>• <b>Éliminer</b> un <b>produit</b> de la réaction au fur et à mesure de sa formation.</li> </ul>

## STRATEGIES DE SYNTHÈSE



# ♥ Réactions nucléaires et décroissance radioactive

## RADIOACTIVITE

<p>Qu'est-ce que la <b>radioactivité</b> ?</p>	<p>C'est un <b>phénomène physique</b> naturel qui résulte de réactions nucléaires.</p> <p>Des noyaux instables se transforment en d'autres noyaux plus stables lors de leur désintégration en émettant des rayonnements sous forme de particules chargés.</p> <p>/!\ La radioactivité n'est pas toujours naturelle.</p>
<p>Quelle est la différence entre <b>élément chimique, atome et isotope</b> ?</p>	<p>Un élément chimique est l'ensemble des atomes caractérisés par un nombre défini de protons dans leur noyau... On a découvert 118 éléments sur Terre dont 94 qui sont présents à l'état naturel</p> <p>En revanche, les atomes d'un même élément chimique peuvent avoir un nombre variable de neutrons dans leur noyau qu'on appelle « des isotopes ».</p> <div data-bbox="491 846 1369 1070" style="text-align: center;"> <p>nombre de nucléons      nombre de protons      nombre de neutrons</p> <p><math>A = Z + N</math></p> </div> <p>Des isotopes sont des atomes ayant le même nombre de protons Z nombre de nucléons A donc de neutrons différents. Des isotopes appartiennent donc au même élément chimique. Il existe des isotopes radioactifs qui ont un noyau instable se désintégrant en une autre espèce d'un autre élément chimique.</p>
<p>Comment savoir si un isotope est <b>stable ou radioactif</b> ?</p>	<p>-Un <b>isotope est dit stable</b> s'il se trouve dans la vallée de la stabilité sur le diagramme N-Z.</p> <p>-Un <b>isotope est dit instable soit radioactif</b> s'il s'éloigne de cette zone de stabilité (trop de neutrons par rapport aux protons ou l'inverse).</p> <div data-bbox="1002 1290 1497 1572" style="text-align: right;"> <p>Protons Z</p> <p>Neutrons N</p> <p>Isotopes stables (vallée de la stabilité)</p> <p>Isotopes instables</p> </div>
<p>Quelles sont les <b>applications de la radioactivité</b> ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Usage médical</b> (autoradiographie, scintigraphie, radiothérapie, traceur radiatif, ...)</li> <li>➤ <b>Explorer la Terre</b> et son histoire (datation absolue)</li> <li>➤ <b>Produire de l'énergie nucléaire</b> (fusion, fission, désintégration)</li> <li>➤ <b>Protéger le patrimoine</b> (irradiation par des rayons gamma)</li> <li>➤ <b>Usage agricole et sanitaire</b> (irradiation par des rayons gamma)</li> <li>➤ <b>Usage agroalimentaire</b> (irradiation par des rayons gamma)</li> <li>➤ <b>Usage industriel</b> (autoradiographie) • Usage militaire (bombe atomique)</li> </ul>

## LES TYPES DE REACTIONS NUCLEAIRES

Il existe 3 types de radioactivités naturelles : On distingue trois types de particules pouvant être émises :

### 1) La radioactivité $\alpha$ (alpha)

Un noyau d'hélium, appelé particule alpha :

Radioactivité	Particule émise	Équation de désintégration	
		Expression générale	Exemple
$\alpha$	noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$	${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\text{Y} + {}^4_2\text{He}$	${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$

### 2) La radioactivité $\beta$ (bêta) :

- Un électron appelé particule  $\beta^-$ . L'électron possède un nombre de masse nul et une charge égale à -1.

$\beta^-$	électron ${}^0_{-1}\text{e}$	${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^A_{Z+1}\text{Y} + {}^0_{-1}\text{e}$	${}^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow {}^{60}_{28}\text{Ni} + {}^0_{-1}\text{e}$
-----------	------------------------------	---	---

- Un positon ou particule, qui possède un nombre de masse nul et une charge égale à 1 (électron positif), correspond à une radioactivité  $\beta^+$ .

$\beta^+$	positon ${}^0_1\text{e}$	${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^A_{Z-1}\text{Y} + {}^0_1\text{e}$	${}^{80}_{35}\text{Br} \rightarrow {}^{80}_{34}\text{Se} + {}^0_1\text{e}$
-----------	--------------------------	--	--

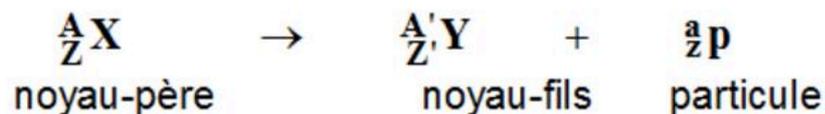
### 3) La radioactivité $\gamma$ (gamma) :

Souvent lors de la désintégration radioactive, l'atome passe dans un état excité noté  $\text{Y}^*$ . Il dispose alors d'un trop plein d'énergie. Il libérera cet excédent sous la forme d'une onde électromagnétique (photon) appelée **rayon gamma**.

$\gamma$	photon gamma ${}^0_0\gamma$	${}^A_Z\text{Y}^* \rightarrow {}^A_Z\text{Y} + {}^0_0\gamma$	${}^{80}_{34}\text{Se}^* \rightarrow {}^{80}_{34}\text{Se} + {}^0_0\gamma$
----------	-----------------------------	--	--

Quels sont les types de réactions nucléaires ?

Lors d'une transformation nucléaire, il y a une conservation de la charge Z et du nombre de masse A.



Ce phénomène obéit aux lois de Soddy c'est-à-dire:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{Z} &= \mathbf{Z}' + \mathbf{z} \\
 \mathbf{A} &= \mathbf{A}' + \mathbf{a}
 \end{aligned}$$

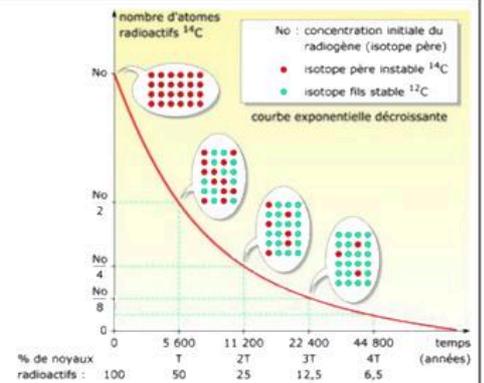
Quelles sont les lois de conservation qui permettent d'écrire l'équation des réactions nucléaires ?

# LA LOI DE DECROISSANCE RADIOACTIVE

Qu'est-ce que la **décroissance radioactive** ?

La **décroissance radioactive** est la réduction du nombre de noyaux radioactifs (instables) dans un échantillon.

La décroissance radioactive se produit jusqu'à ce que tous les noyaux de l'échantillon soient stables.



Comment établir la **loi de décroissance radioactive** ?

On note  $N_0$  le nombre initial de noyaux radioactifs (qui sont tous identiques) présent dans un même échantillon et  $N(t)$  le nombre restants de noyaux radioactifs au moment de la date  $t$  avec  $N(t) < N_0$

$$\Delta N = N(t) - N_0$$

Cela veut donc dire que le nombre moyen de désintégrations est proportionnel aux nombres de noyaux  $N(t)$  et à la durée de mesure notée  $\Delta t$ .

On obtient donc l'expression suivante :  $\Delta N = -\lambda \times N(t) \times \Delta t$

ici,  $\lambda$  est nommé constante radioactive et s'exprime en  $s^{-1}$  et  $t$  en  $s$

$$\text{Donc } \frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda \times N(t)$$

Et lorsque l'on fait tendre  $\Delta t$  vers 0 alors on obtient :

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

C'est une équation différentielle du type :  $y' = a \times y$

en la résolvant, on trouve  $y(x) = K \times e^{-a \times x}$

On peut donc déduire que  $N(t) = K \times e^{-\lambda t}$  Lorsque  $t = 0s$ , on a alors,  $N(0) = N_0$ , donc  $K = N_0$ .

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

**Loi de décroissance radioactive**

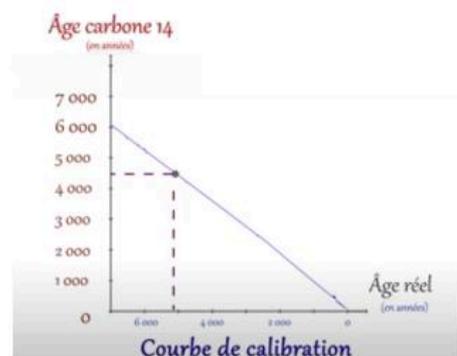
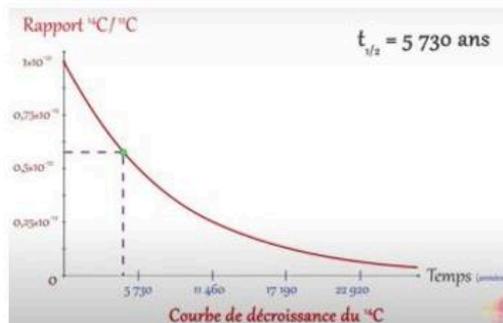
Comment **utiliser la courbe de décroissance radioactive** ?

## La datation au carbone 14 :

Le Carbone 14 est un **isotope radioactif du carbone** se formant dans l'atmosphère. Il est très rare (1 atome de  $^{14}\text{C}$  pour  $10^{12}$  atomes de  $^{12}\text{C}$ ) mais est cependant **présent chez chaque être vivant** de manière constante.

Après la mort de l'organisme, le  $^{14}\text{C}$  va **décroître progressivement** et se transformer en Azote 14 ( $^{14}\text{N}$ ).

- **Mesurer le rapport  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$**  actuel de l'échantillon étudié grâce à une spectrométrie de masse.
- **Modéliser la courbe de décroissance** spécifique à l'échantillon à un rythme de 5730 ans ( $t_{1/2}$  du  $^{14}\text{C}$ )
- **Détermination de l'âge Carbone 14** en reportant le rapport  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  actuel sur le graphique.
- **Déterminer l'âge réel de l'échantillon** grâce à une courbe de calibration (car évolution du Carbone 12 et 14 à cause du magnétisme terrestre)





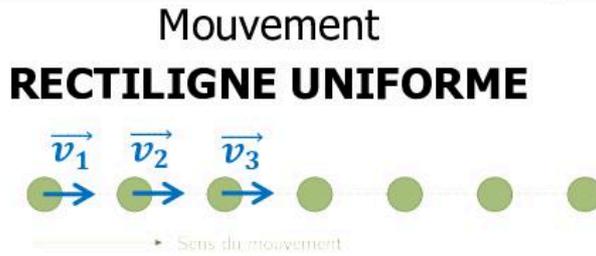
## ♥ Description du mouvement

### OUTILS POUR DECRIRE UN MOUVEMENT

<p>Qu'est-ce qu'un <b>système</b> et un <b>référentiel</b> ?</p>	<p>Pour décrire le mouvement d'un objet, il est impératif d'écrire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le <b>système</b> (Centre de gravité de l'objet dont on étudie le mouvement)</li> <li>- Le <b>référentiel</b> (objet fixe par rapport auquel on observe le mouvement)</li> </ul> <p>Le référentiel est toujours muni :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- D'un repère d'espace <math>(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})</math></li> <li>- D'un repère de temps (chronomètre qui se déclenche au début du mvt)</li> </ul>
<p>Comment <b>caractériser la nature du mouvement</b> ?</p>	<p>Le mouvement d'un objet est caractérisé par :</p> <p style="text-align: center;"><b>sa trajectoire et l'évolution de sa vitesse.</b></p>
<p>Quelles sont les <b>coordonnées des vecteurs position, vitesse et accélération</b> ?</p>	<p>Dans un référentiel associé à un repère d'espace <math>(O, \vec{i}, \vec{j})</math>, pour un point M d'un système, à toute date t :</p> <p style="text-align: center;"> <math>\vec{OM}</math> <math>\xrightarrow{\text{Dérivée par rapport au temps}}</math> <math>\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt}</math> <math>\xrightarrow{\text{Dérivée par rapport au temps}}</math> <math>\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}</math> </p> <p><b>Coordonnées des vecteurs :</b></p> $\vec{OM} = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ 0 \end{pmatrix} \quad \vec{v} = \begin{pmatrix} v_x = \frac{dx}{dt} \\ v_y = \frac{dy}{dt} \\ v_z = 0 \end{pmatrix} \quad \vec{a} = \begin{pmatrix} a_x = \frac{dv_x}{dt} \\ a_y = \frac{dv_y}{dt} \\ a_z = 0 \end{pmatrix}$

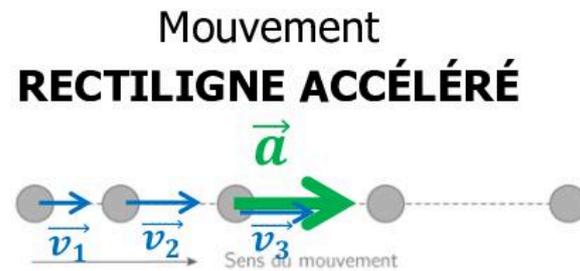
## CARACTERISTIQUES DU VECTEUR ACCELERATION

Quelles sont les caractéristiques du vecteur **accélération** pour les **mouvements rectilignes** ?



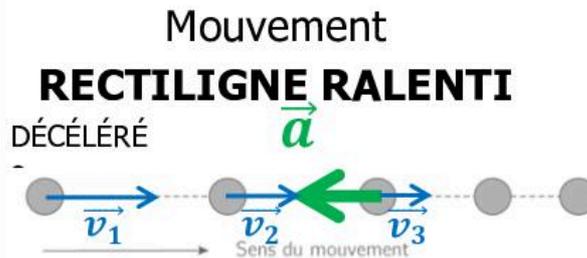
### Caractéristiques de $\vec{a}$

- $\vec{a} = \vec{0}$
- Valeur :  $a = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$



### Caractéristiques de $\vec{a}$

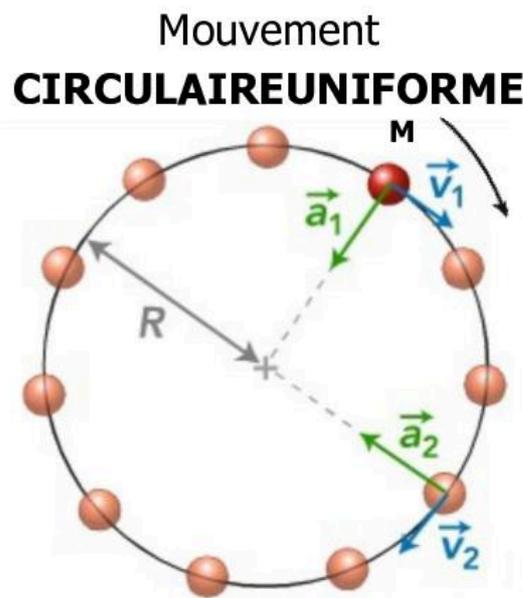
- Direction : celle du mouvement
- Sens : même que le mouvement ( $\vec{a}$  et  $\vec{v}$  dans le même sens)
- Valeur :  $a > 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$   
positive



### Caractéristiques de $\vec{a}$

- Direction : celle du mouvement
- Sens : Opposé au mouvement. ( $\vec{a}$  et  $\vec{v}$  dans le sens opposé)
- Valeur :  $a < 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .  
négative

Quelles sont les caractéristiques du vecteur **accélération** pour les **mouvements circulaires** ?



### Caractéristiques de $\vec{a}$ dans le repère de Frenet

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{\tau} + \frac{v^2}{R} \vec{n}$$

**Uniforme donc  $v = \text{cste}$ ,  $\frac{dv}{dt} = 0$**

- Direction :  $\perp$  à la trajectoire
- Sens : vers le centre de la trajectoire
- Valeur :  $a = \frac{v^2}{R}$

### Coordonnées de $\vec{a}$ dans le repère de Frenet

$$\vec{a} = 0 \vec{\tau} + \frac{v^2}{R} \vec{n} \text{ ou } \vec{a} = \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{v^2}{R} \end{pmatrix}$$

$$\vec{v} = v \vec{\tau} + 0 \vec{n} \text{ ou } \vec{v} = \begin{pmatrix} v \\ 0 \end{pmatrix}$$

$(\vec{a} \perp \vec{v})$

**Repère de Frenet ( $O, \vec{\tau}, \vec{n}$ ) se déplace avec le système**  
 $\vec{\tau}$  est le vecteur unitaire **tangent** à la trajectoire et dans le **sens** du mouvement.  
 $\vec{n}$  est le vecteur unitaire **perpendiculaire** à la trajectoire.

## LA DEUXIEME LOI DE NEWTON

<p>Quel est le lien entre l'<b>accélération</b> d'un système et les <b>forces</b> qui s'y appliquent ?</p>	<p>Ce qui fait le lien entre les actions « forces » appliquées au système et son accélération, c'est la <b>2<sup>ème</sup> loi de Newton</b> ! Très importante en physique !</p> $\sum \vec{F} = m \times \vec{a}$ <p>Cela signifie que <math>\sum \vec{F}</math> est colinéaire à <math>\vec{a}</math> (<b>Même direction, même sens</b>)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="384 600 874 864" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>Exemple 1 :</b></p> </div> <div data-bbox="975 600 1474 864" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>Exemple 2 :</b></p> </div> </div> <p>Cette 2<sup>ème</sup> loi de Newton n'est valable que dans des référentiels supposés <b>galiléens</b>.</p>
<p>Quelles sont les <b>utilisations de la 2<sup>ème</sup> loi de Newton</b> ?</p>	<p>Ainsi, la 2<sup>ème</sup> loi de Newton peut s'utiliser pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- déterminer le vecteur accélération <math>\vec{a}</math></li> <li>- déterminer une force à partir de la <math>\sum \vec{F}</math></li> </ul>
<p>Qu'est-ce qu'un <b>référentiel galiléen</b> ?</p>	<p>Un référentiel est supposé <b>galiléen</b> si la <b>1<sup>ère</sup> loi de Newton</b> (appelée principe d'inertie) s'applique. C'est-à-dire que</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Si Le mouvement est RECTILIGNE UNIFORME.</b></p> <p>•••••</p> <p><math>\vec{v}</math> ne varie pas donc <math>\vec{a} = \vec{0}</math></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><math>\Leftrightarrow</math> <b>alors Les forces agissant sur le système se compensent.</b></p> <p>Il en est de même si le système est immobile.</p> <math display="block">\sum \vec{F} = \vec{0}</math> </div> </div> <p style="text-align: center;">Et réciproquement.</p>
<p>À quoi correspond l'<b>équilibre d'un système</b> ?</p>	<p>Dans un référentiel galiléen, <b>un système est à l'équilibre</b>, si et seulement si <math>\sum \vec{F} = \vec{0}</math> car <math>\vec{a} = \vec{0}</math> (d'après la 2<sup>ème</sup> loi de Newton), ce qui implique qu'à l'équilibre, le système est immobile (statique) <math>\vec{v} = \vec{0}</math>.</p>

# ♥ Mouvement dans un champ uniforme

## EQUATION DE LA TRAJECTOIRE

Quels sont les deux champs uniformes à connaître ?

### Champ de pesanteur $\vec{g}$ uniforme

**D'où vient-il ?**

Il est créé par un objet très très massif telle qu'une étoile, une planète...

**Ses caractéristiques :**

- Direction : toujours verticale
- Sens : toujours vers le bas
- Valeur :  $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$  à la surface de la Terre.



On dit que **le champ est uniforme** car ses caractéristiques restent identiques sur Terre.

**Sur quoi agit ce champ de pesanteur ?**

Ce champ de pesanteur agit sur tout objet à la surface de la Terre ayant une masse.

Cet objet va donc subir une **force de pesanteur** (le poids P) :  $\vec{P} = m \times \vec{g}$

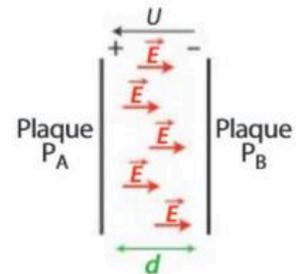
### Champ électrique $\vec{E}$ uniforme

**D'où vient-il ?**

Il est créé par un condensateur (2 plaques parallèles l'une chargée + et l'autre chargée -)

**Ses caractéristiques :**

- Direction : perpendiculaire aux 2 plaques
- Sens : toujours du + vers le -
- Valeur :  $E = \frac{U_{AB}}{d}$  (en  $\text{V.m}^{-1}$ )



On dit que **le champ est uniforme** car ses caractéristiques restent identiques entre les plaques

**Sur quoi agit ce champ électrique ?**

Ce champ électrique agit sur toute particule chargée électriquement qui se trouve entre ces plaques.

Cette particule va donc subir une **force électrique** :

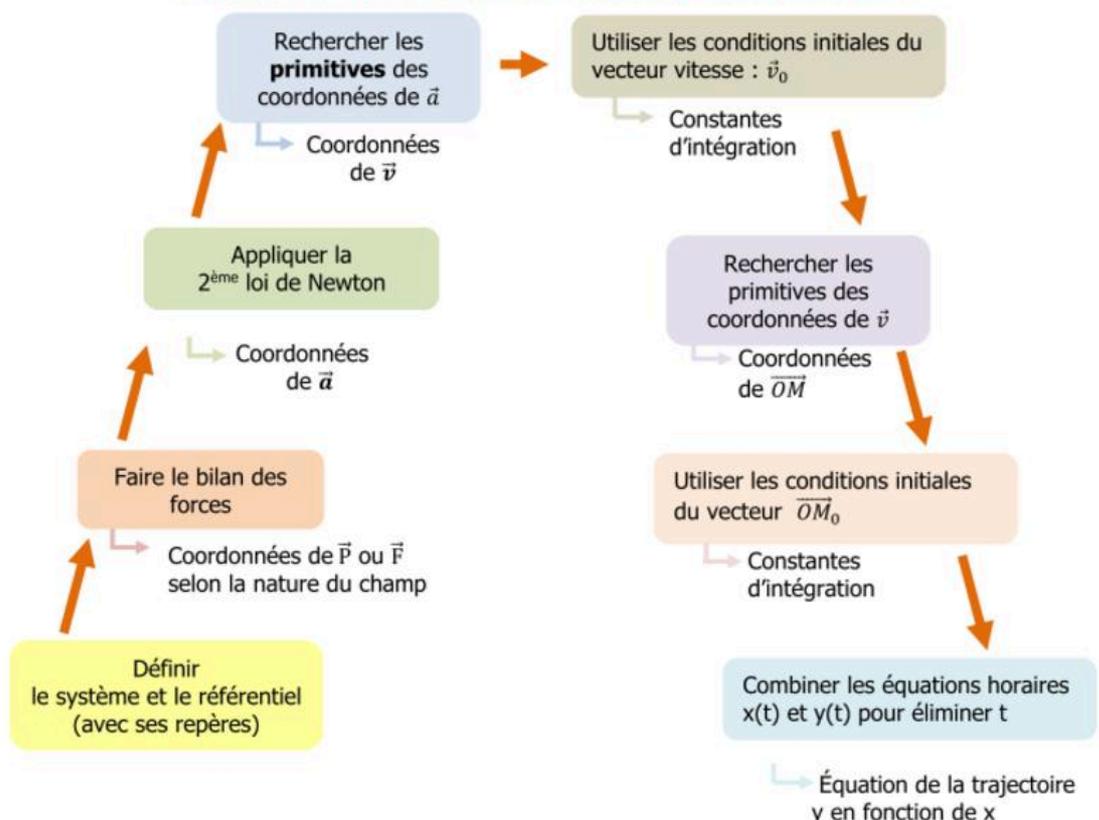
$$\vec{F}_e = q \times \vec{E}$$

Si  $q > 0$  alors  $\vec{F}_e$  et  $\vec{E}$  dans le même sens.

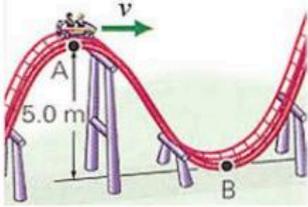
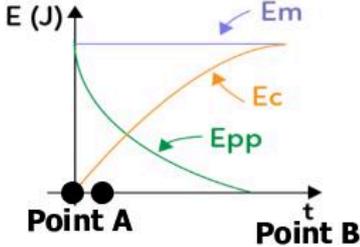
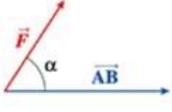
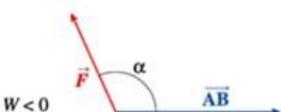
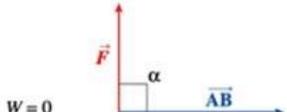
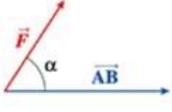
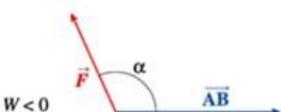
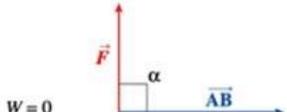
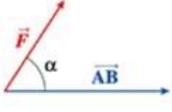
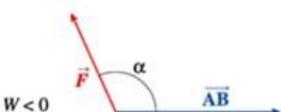
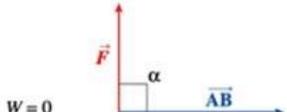
Si  $q < 0$  alors  $\vec{F}_e$  et  $\vec{E}$  dans le sens opposé.

Comment **établir l'équation de la trajectoire** d'un système dans un **champ uniforme** ?

### Méthode pour étudier le mouvement dans un champ uniforme

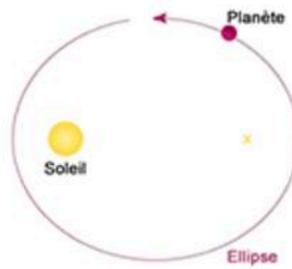


## ASPECT ENERGETIQUE DU MOUVEMENT

<p><b>A quoi correspond l'énergie mécanique ?</b></p>	<p><b>L'énergie mécanique</b> correspond à l'énergie emmagasinée par un système en mouvement.</p> <p>Elle correspond à : <b><math>E_m = E_{pp} + E_c</math></b></p> <p>Avec <math>E_{pp}</math>, l'énergie potentielle de pesanteur (liée à la hauteur)</p> $E_{pp} = m \times g \times z$ <p>Avec <math>E_c</math>, l'énergie cinétique (liée à la vitesse)</p> $E_c = \frac{1}{2} \times m \times v^2$												
<p><b>Qu'est-ce que la conservation de l'énergie mécanique ?</b></p>	<p>Si le système en mouvement ne subit aucun frottement, <b>l'énergie mécanique se conserve</b> au cours de ce mouvement entre une position A et une position B.</p> <p>On écrit alors <b><math>E_{m_A} = E_{m_B}</math></b></p> <p>Donc <b><math>E_{c_A} + E_{pp_A} = E_{c_B} + E_{pp_B}</math></b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p>Remarque : En cas de frottement, il y a <b>non-conservation de l'énergie mécanique</b>. Une partie de l'énergie se dissipe sous forme de chaleur (énergie thermique).</p>												
<p><b>Comment exploiter le principe de conservation de l'énergie ?</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1- On écrit <b>l'égalité <math>E_{m_A} = E_{m_B}</math></b></li> <li>2- On exprime <b><math>E_{m_A} = E_{c_A} + E_{pp_A}</math> et <math>E_{m_B} = \dots</math></b> en fonction des données</li> <li>3- On égalise <b>les 2 expressions</b>.</li> <li>4- On en déduit la <b>grandeur souhaitée (v, h, ...)</b></li> </ol>												
<p><b>Quel est le théorème de l'énergie cinétique ?</b></p>	<p>Pour déterminer une vitesse, une hauteur... , il est aussi possible d'exploiter le <b>Théorème de l'énergie cinétique</b> :</p> <p><b>La somme des travaux des forces est égale à la variation de l'énergie cinétique d'un point A à un point B.</b></p> $\Sigma W_{AB}(\vec{F}) = \Delta E_c$ $\Sigma W_{AB}(\vec{F}) = E_{c_B} - E_{c_A}$ <p>Avec <math>W_{AB}(\vec{F})</math>, le travail d'une force : <math>W_{AB}(\vec{F}) = F \times AB \times \cos \alpha</math></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; padding: 5px;"><math>w &gt; 0</math></td> <td style="width: 33%; padding: 5px;"><math>w &lt; 0</math></td> <td style="width: 33%; padding: 5px;"><math>w = 0</math></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"><b>Travail moteur</b></td> <td style="padding: 5px;"><b>Travail résistant</b></td> <td style="padding: 5px;"><b>Travail nul</b></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"><b>Force même sens que le mouvement</b></td> <td style="padding: 5px;"><b>Force sens opposé au mouvement</b></td> <td style="padding: 5px;"><b>Force perpendiculaire au mouvement</b></td> </tr> </table>	$w > 0$	$w < 0$	$w = 0$				<b>Travail moteur</b>	<b>Travail résistant</b>	<b>Travail nul</b>	<b>Force même sens que le mouvement</b>	<b>Force sens opposé au mouvement</b>	<b>Force perpendiculaire au mouvement</b>
$w > 0$	$w < 0$	$w = 0$											
													
<b>Travail moteur</b>	<b>Travail résistant</b>	<b>Travail nul</b>											
<b>Force même sens que le mouvement</b>	<b>Force sens opposé au mouvement</b>	<b>Force perpendiculaire au mouvement</b>											

Quelle est la 1<sup>ère</sup> loi de Kepler ?

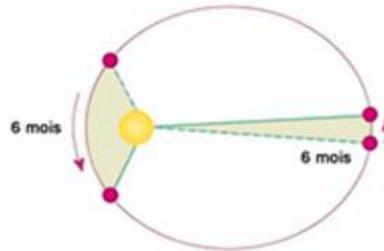
La 1<sup>ère</sup> loi de Kepler s'appelle la **Loi des Orbites** :



Dans le référentiel héliocentrique, la trajectoire du centre de masse d'une planète est une ellipse dont le centre de masse du Soleil est l'un des foyers.

Quelle est la 2<sup>ème</sup> loi de Kepler ?

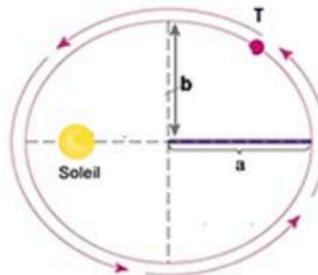
La 2<sup>ème</sup> loi de Kepler s'appelle la **Loi des Aires** :



Le segment de droite reliant les centres de gravité du Soleil et de la planète balaie des aires égales pendant des durées égales.

Quelle est la 3<sup>ème</sup> loi de Kepler ?

La 3<sup>ème</sup> loi de Kepler s'appelle la **Loi des Périodes** :

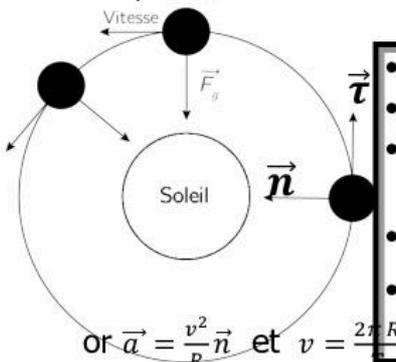


Le rapport entre le carré de la période de révolution  $T$  d'une planète du système solaire

et le cube de son demi-grand axe  $a$  est constant  $\frac{T^2}{a^3} = \text{constante}$

Cette constante se détermine à partir de la 2<sup>ème</sup> loi de Newton appliqué au système {Planète} dans le repère de Frenet.

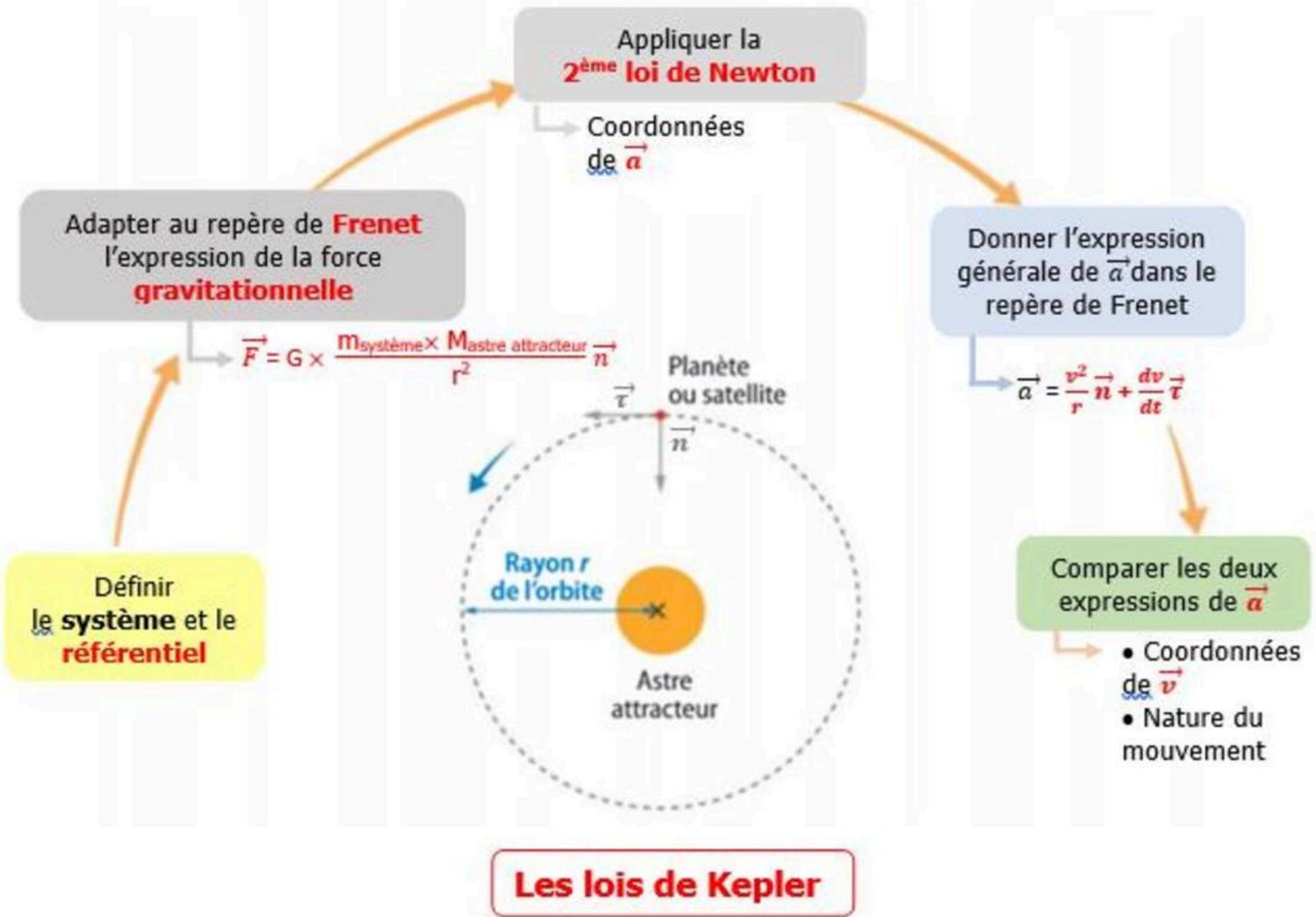
Pour une planète autour du Soleil, l'orbite est assimilée à un cercle donc le demi-grand axe  $a = R$ .



- **Système** : {Centre de gravité de la planète}
  - **Référentiel** : Héliocentrique supposé galiléen
  - Muni du repère de Frenet  $(\vec{n}, \vec{\tau})$  et d'un repère de temps
  - **Bilan des forces** :  $\vec{F}_{\text{Soleil}/\text{planète}} = G \times \frac{M_{\text{Soleil}} \times m_{\text{planète}}}{R^2} \vec{n}$
  - **2<sup>ème</sup> loi de Newton** :  $\sum \vec{F} = m_{\text{planète}} \vec{a}$
- donc on en déduit  $\frac{T^2}{R^3} = \dots$



Étude du mouvement circulaire  
du centre de masse d'une planète ou d'un satellite  
dans un référentiel astrocentrique supposé galiléen



Les trois lois de Kepler permettent d'étudier le mouvement d'un corps autour d'un astre attracteur.



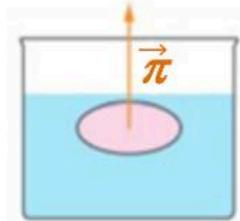
L'application de la 2<sup>ème</sup> loi de Newton, dans le référentiel astrocentrique auquel est associé le repère de Frenet, permet de retrouver la 3<sup>ème</sup> loi de Kepler dans le cas d'un mouvement circulaire et uniforme :



# ♥ Écoulement d'un fluide

Qu'est-ce que la **poussée d'Archimède** ?

La **poussée d'Archimède** est la somme des forces pressantes exercées par un **fluide** (liquide/gaz) sur la partie immergée d'un corps, solide ou fluide. C'est **l'opposé du poids du fluide déplacé** par ce corps.



$$\vec{\pi} = - \rho_{\text{fluide}} \times V_{\text{immergé}} \times \vec{g}$$

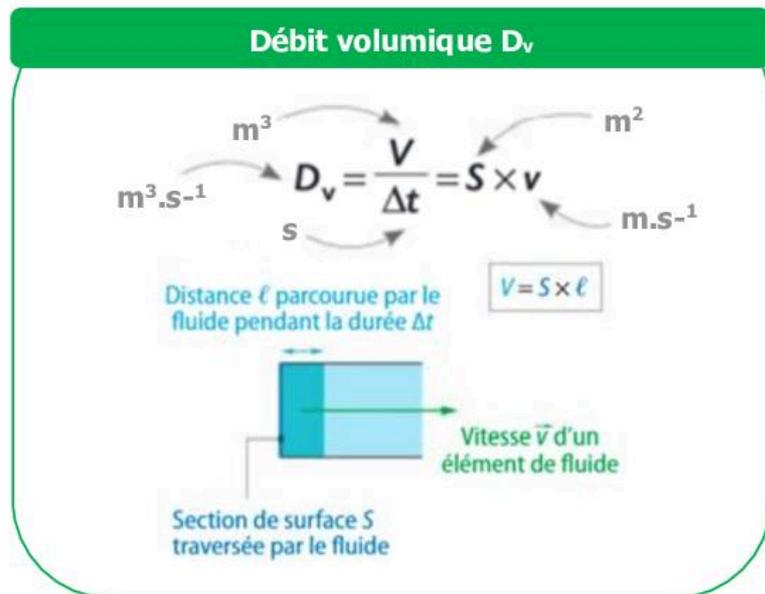
$$\pi = \rho_{\text{fluide}} \times V_{\text{immergé}} \times g$$

$\swarrow$  N       $\swarrow$  kg.m<sup>-3</sup>       $\swarrow$  m<sup>3</sup>       $\swarrow$  N.kg<sup>-1</sup>

avec :

- $\rho_{\text{fluide}}$ , la masse volumique du fluide ;
- $V_{\text{immergé}}$ , le volume immergé du corps ;
- $g$ , l'intensité de pesanteur.

Qu'est-ce que le **débit volumique** ?  
Dans quel **cas est-il conservé** ?

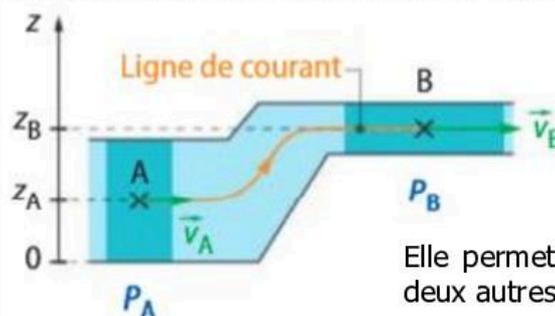


• Un fluide s'écoule en **régime permanent** si la valeur de la vitesse du fluide en toute position est indépendante du temps.

•  $D_v = \text{constante}$  au cours de l'écoulement d'un fluide **incompressible** en **régime permanent** indépendant du temps.

Qu'est-ce que la **relation de Bernoulli** ?

La relation de Bernoulli est vérifiée le long d'une ligne de courant pour un fluide incompressible qui s'écoule en régime permanent.



Elle relie, en toute position du fluide appartenant à une même ligne de courant, la **pression  $P$** , la **valeur  $v$  de la vitesse** et la **coordonnée verticale  $z$  de la position**.

Elle permet de calculer  $P$ ,  $v$  ou  $z$  quand les deux autres grandeurs sont connues.

Le long de la ligne de courant, on peut écrire :

$$P_A + \rho \times g \times z_A + \frac{1}{2} \rho \times v_A^2 = P_B + \rho \times g \times z_B + \frac{1}{2} \rho \times v_B^2$$



## ♥ Premier principe de la thermodynamique

### L'ÉNERGIE A L'ÉCHELLE MICROSCOPIQUE

<p>Quel est le <b>modèle du gaz parfait</b> ? Quelques limites.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ce modèle est limité à des gaz à <b>faible</b> pression et dont les entités <b>ponctuelles</b> n'interagissent pas.</li> <li>L'<b>équation d'état</b> relie différentes grandeurs macroscopiques (volume <math>V</math>, pression <math>P</math>, température <math>T</math>, quantité de matière <math>n</math>) qui permettent de le décrire :</li> </ul> <div style="text-align: center;"> <p>Quantité de matière <math>n</math> en mol</p> <math display="block">P \text{ en Pa} \quad \curvearrowright \quad P \times V = n \times R \times T \quad \curvearrowleft \quad T \text{ en K}</math> <p><math>V \text{ en m}^3</math> <span style="margin-left: 150px;">Constante des gaz parfaits en <math>\text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}</math></span></p> </div>
<p>Qu'est-ce que l'<b>énergie interne</b> d'un système macroscopique ?</p>	<p>Tout système macroscopique est composé d'un grand nombre d'entités <b>microscopiques</b> en mouvement et en interaction entre elles. Chacune possède donc une énergie <b>cinétique</b> microscopique liée à l'agitation <b>thermique</b> et une énergie potentielle <b>microscopique</b> liée à ses interactions avec les autres. L'énergie interne <math>U</math> d'un système macroscopique correspond à :</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p><i>Remarque : dans le cas d'un gaz parfait, il n'y a pas d'interaction entre les particules, donc : <math>E_{p,micro} = 0</math> soit <math>U = E_{c,micro}</math></i></p>
<p>Quelle est l'<b>énergie totale</b> d'un système macroscopique ?</p>	<p>En mécanique, un système possède, au niveau macroscopique, de l'énergie mécanique composé d'énergie <b>cinétique</b> <math>E_c</math> et d'énergie <b>potentielle</b> <math>E_p</math> . En fait, l'énergie totale d'un système vaut donc :</p> $E_{tot} = E_c + E_p + U$ <p>Remarque : dans cette séquence, on considère le système au repos macroscopique donc son énergie <b>mécanique</b> sera constante. La variation de l'énergie totale du système sera alors égale à la variation de son énergie <b>interne</b> : <math>\Delta E_{tot} = \Delta U</math></p>
<p>Quels sont les deux <b>modes de transfert</b> d'énergie ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le <b>travail</b> noté <math>W</math> est un transfert d'énergie qui s'effectue <b>macroscopiquement</b> de manière ordonnée ; il est lié au déplacement du point d'application d'une force s'exerçant sur le système.</li> <li>Le <b>transfert thermique (ou chaleur)</b> noté <math>Q</math> est un transfert d'énergie qui s'effectue <b>microscopiquement</b> de manière désordonnée entre le système et l'extérieur. Lorsqu'il existe une différence de température entre eux, ce transfert d'énergie se fait spontanément du corps le plus <b>chaud</b> vers le corps le plus <b>froid</b>.</li> </ul> <p>Un transfert thermique a pour conséquence macroscopique une modification de la <b>température</b> ou un changement d'<b>état physique</b>.</p>

# LES TRANSFERTS THERMIQUES ET 1<sup>ER</sup> PRINCIPE

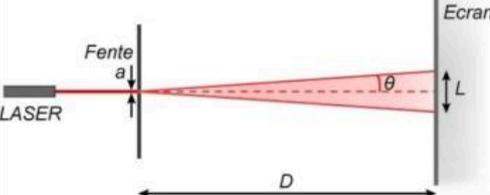
<p>Quelles sont les <b>conventions</b> pour les modes de transfert d'énergie ?</p>	<div style="text-align: center;"> </div> <p>W : <b>travail électrique ou mécanique</b>  Q : <b>transfert thermique par chauffage si Q &gt; 0 ou par refroidissement si Q &lt; 0</b></p>
<p>Quel est le <b>premier principe de la thermodynamique</b> ?</p>	<p>Le premier principe de la thermodynamique permet d'établir le bilan énergétique d'un système qui n'échange pas de matière avec l'extérieur.</p> <p>Pour établir un bilan d'énergie, il faut :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- définir un système au repos macroscopique, l'extérieur est alors le reste de l'Univers ;</li> <li>- Écrire le <b>premier principe de la thermodynamique</b> :</li> </ul> <p>Pour un système au repos macroscopique qui évolue d'un état initial à un état final :</p> $\Delta U_{i \rightarrow f} \text{ en J} \quad \Delta U_{i \rightarrow f} = W + Q \quad W \text{ et } Q \text{ en J}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire l'inventaire de tous les transferts d'énergie ayant lieu entre le système et l'extérieur en repérant leur sens.</li> <li>- Effectuer la somme de ces transferts : si la somme est positive, le système <b>reçoit</b> de l'énergie, si la somme est négative, le système <b>cède</b> de l'énergie à l'extérieur.</li> </ul>
<p>Quelle est l'expression de l'<b>énergie interne</b> d'un système incompressible ?</p>	<p>Pour un système incompressible de masse <math>m</math> et de capacité thermique massique <math>c</math>, dont la température varie :</p> $\Delta U_{i \rightarrow f} \text{ en J} = m \times c \times (T_f - T_i) = m \times c \times (\theta_f - \theta_i)$ <p> <math>m</math> en kg      <math>c</math> en <math>\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}</math> ou <math>\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}</math>  <math>T</math> en K      <math>\theta</math> en <math>^\circ\text{C}</math> </p>
<p>Quels sont les différents <b>modes de transfert thermique</b> ?</p>	
<p>Qu'est-ce que le <b>flux</b> ou la <b>puissance thermique</b> ?</p>	<p>Si le transfert thermique <math>Q</math> entre un système et l'extérieur a pour durée <math>\Delta t</math>, alors le flux thermique est défini par :</p> $\Phi \text{ et } \mathcal{P}_{th} \text{ en W} \quad \Phi = \mathcal{P}_{th} = \frac{Q}{\Delta t} \quad Q \text{ en J} \quad \Delta t \text{ en s}$
<p>Qu'est-ce que la <b>résistance thermique</b> ?</p>	<p>Le flux thermique dépend de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur du matériau utilisé. Pour un isolant, on définit la résistance thermique <math>R_{th}</math> (en <math>\text{K} \cdot \text{W}^{-1}</math>) :</p> $R_{th} = \frac{ \Delta T }{\Phi}$ <p><b>ou encore</b> <math>R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S}</math></p> <p> <math>e</math> : épaisseur du matériau (m)  <math>\lambda</math> : Conductivité thermique du matériau (<math>\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}</math>)  <math>S</math> : surface du matériau (<math>\text{m}^2</math>) </p>



ONDES &  
SIGNAUX

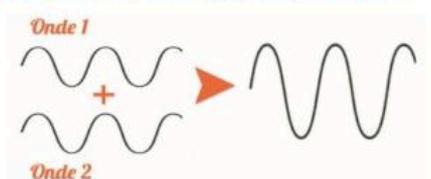
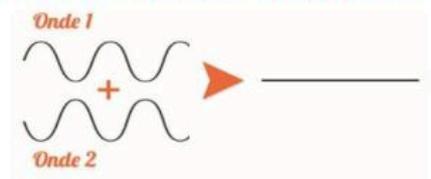
## ♥ Phénomènes ondulatoires

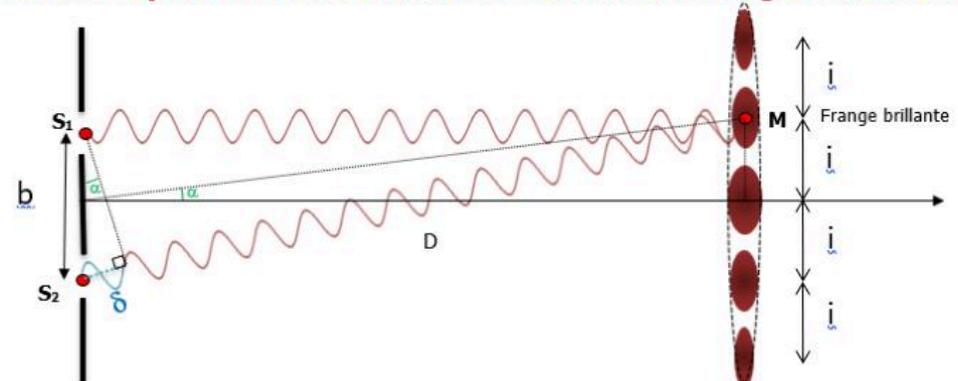
### LA DIFFRACTION

Qu'est-ce que le phénomène de <b>diffraction</b> ?	La diffraction correspond un <b>changement de la direction de propagation d'une onde</b> (mécanique ou lumineuse) au passage d'une petite ouverture. On voit que l'onde « s'étale ».
Quelles sont les <b>conditions pour observer une diffraction</b> ?	<b>Conditions d'observation de la diffraction</b> d'une onde : <ul style="list-style-type: none"><li>- il faut que la taille de l'ouverture <math>a</math> soit du même ordre de grandeur que la longueur d'onde <math>\lambda</math>. <math>a \approx \lambda</math></li><li>- Pour <b>la lumière</b>, la taille de l'ouverture <math>a</math> peut être jusqu'à environ 100 fois plus grande que la longueur d'onde <math>\lambda</math>. Jusqu'à <math>a \approx 100 \times \lambda</math></li></ul>
Quelle est la relation entre la <b>taille de l'ouverture et l'angle de diffraction</b> ?	 <p>Le phénomène de diffraction est mesurée grâce à l'angle de diffraction <math>\theta</math> et est lié à la taille de l'ouverture <math>a</math> et à la longueur d'onde <math>\lambda</math> de l'onde par la relation :</p> $\theta = \frac{\lambda}{a}$ <p>Plus l'ouverture <math>a</math> est petite, plus l'angle <math>\theta</math> est grand (plus le phénomène est marqué).</p>

### LES INTERFERENCES

Qu'est-ce que le phénomène d' <b>interférences</b> ?	Les interférences correspondent à la <b>superposition de deux ondes</b> qui peuvent <b>s'additionner</b> ou <b>s'annuler</b> par endroit. Elles sont obtenues à partir deux ondes secondaires issues d'une même onde primaire.  
Quelles sont les <b>conditions pour observer des interférences</b> ?	<b>Conditions d'observation d'interférences</b> de deux ondes : <ul style="list-style-type: none"><li>- il faut que les ondes aient la <b>même fréquence</b> et un <b>déphasage constant</b>.</li></ul> On dit alors que ces <b>deux ondes sont cohérentes</b> .

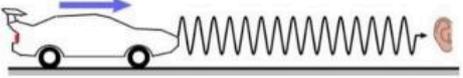
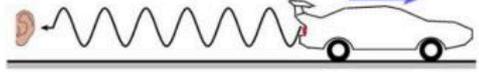
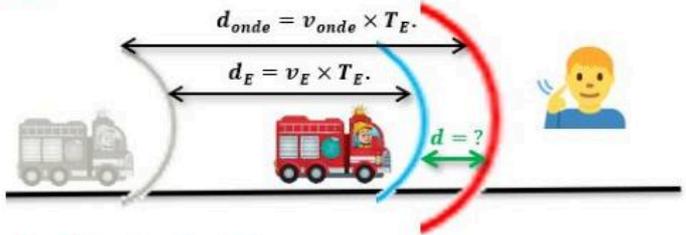
<p>Qu'appelle-t-on <b>interférences constructives / destructives</b> ?</p>	<p>Il y a interférences <b>constructives</b> lorsque les deux ondes sont <b>en phase</b>.</p> <p>On observe des franges <b>brillantes</b></p>  <p>Il faut alors que la différence de chemin optique soit : <math>\delta = k \times \lambda</math></p>	<p>Il y a interférences <b>destructives</b> lorsque les deux ondes sont en <b>opposition de phase</b>.</p> <p>On observe des franges <b>sombres</b></p>  <p>Il faut alors que la différence de chemin optique soit : <math>\delta = (k + \frac{1}{2}) \times \lambda</math></p>
--	--	--

<p>Comment déterminer l'expression de l'<b>interfrange i</b> ?</p>	<p>Pour déterminer l'expression de l'interfrange, il faut s'aider d'un schéma du dispositif d'interférences :</p> <p><b>Attention le point M doit se situer au centre de la frange brillante n°1.</b></p>  <p>Dans le petit triangle rectangle : <math>\sin \alpha = \alpha = \frac{\delta}{b}</math></p> <p>or <math>\delta = \lambda</math> (pour la frange n°1)</p> <p>Dans le grand triangle rectangle : <math>\tan \alpha = \alpha = \frac{i}{D}</math></p> <p>Donc : <math>\frac{\lambda}{b} = \frac{i}{D}</math> d'où : <math>i = \frac{\lambda \times D}{b}</math></p>
--	---

## NIVEAU SONORE ET ATTENUATION

<p>Comment calculer le <b>niveau d'intensité</b> sonore ?</p>	<p>Pour calculer le niveau d'intensité sonore en décibel (dB), on utilise la fonction logarithme décimal.</p> $\text{en dB} \rightarrow L = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right) \text{ en } W \cdot m^{-2}$ <p>avec <math>I_0</math> l'intensité de référence : <math>I_0 = 1 \times 10^{-12} W \cdot m^{-2}</math></p> <p>Pour calculer <math>I</math> à partir du niveau sonore, on utilise sa fonction réciproque :</p> $I = I_0 \times 10^{\frac{L}{10}}$		
<p>Comment peut-on <b>atténuer le niveau sonore</b> ?</p>	<p>Pour diminuer le niveau sonore, il existe 2 atténuations possibles :</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p><b>Atténuation géométrique</b> liée à la distance parcourue par l'onde sonore.</p> <p><math>A = L_{\text{proche}} - L_{\text{loin}}</math></p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p><b>Atténuation par absorption</b> liée à la paroi traversée par l'onde sonore.</p> <p><math>A = L_{\text{incident}} - L_{\text{transmis}}</math></p> </td> </tr> </table>	<p><b>Atténuation géométrique</b> liée à la distance parcourue par l'onde sonore.</p> <p><math>A = L_{\text{proche}} - L_{\text{loin}}</math></p>	<p><b>Atténuation par absorption</b> liée à la paroi traversée par l'onde sonore.</p> <p><math>A = L_{\text{incident}} - L_{\text{transmis}}</math></p>
<p><b>Atténuation géométrique</b> liée à la distance parcourue par l'onde sonore.</p> <p><math>A = L_{\text{proche}} - L_{\text{loin}}</math></p>	<p><b>Atténuation par absorption</b> liée à la paroi traversée par l'onde sonore.</p> <p><math>A = L_{\text{incident}} - L_{\text{transmis}}</math></p>		

## EFFET DOPPLER

<p>Qu'est-ce que le phénomène de <b>l'effet Doppler</b> ?</p>	<p>L'effet Doppler correspond à un <b>décalage de fréquence</b> entre une onde émise par un émetteur et l'onde reçue par un récepteur lorsque l'émetteur (la source) est en mouvement.</p>
<p>Quelles sont les <b>conditions pour observer</b> un effet Doppler ?</p>	<p>Pour observer un effet Doppler, il faut que l'émetteur (appelé aussi source) de l'onde soit en mouvement par rapport à un récepteur.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="width: 45%;"> <p>Lorsque l'émetteur <b>se rapproche</b> du récepteur :</p>  <p>La fréquence perçue par le récepteur <math>f_R</math> est plus grande que la fréquence émise par l'émetteur <math>f_E</math>.</p> <p>Le son perçu est <b>plus aigu</b>.</p> <math display="block">f_R &gt; f_E</math> <p>donc le décalage Doppler <math>\Delta f = f_R - f_E &gt; 0</math></p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>Lorsque l'émetteur <b>s'éloigne</b> du récepteur :</p>  <p>La fréquence perçue par le récepteur <math>f_R</math> est plus petite que la fréquence émise par l'émetteur <math>f_E</math>.</p> <p>Le son perçu est <b>plus grave</b></p> <math display="block">f_R &lt; f_E</math> <p>Donc le décalage Doppler <math>\Delta f = f_R - f_E &lt; 0</math></p> </div> </div>
<p>Comment <b>déterminer l'expression du Décalage Doppler</b> ?</p>	<p>Pour déterminer l'expression du Décalage Doppler quand l'émetteur se rapproche, il faut suivre les étapes ci-dessous. :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① <b>Emission du 1<sup>er</sup> front d'onde</b> (rouge) à <math>t=0</math> s ,</li> </ol>  <ol style="list-style-type: none"> <li>② <b>Emission du 2<sup>ème</sup> front d'onde</b> (bleu) à <math>t=T_E</math>, et l'émetteur a avancé d'une distance <math>d_E</math></li> </ol>  <ol style="list-style-type: none"> <li>③ Trouver <math>d</math> en fonction de <math>d_E</math> et <math>d_{\text{onde}}</math></li> <li>④ Exprimer <math>d</math> en fonction de <math>\lambda_R</math>, <math>T_E</math> et <math>v_{\text{onde}}</math> et <math>v_E</math>.</li> <li>⑤ Remplacer alors <math>\lambda_R</math> par <math>f_R</math> et <math>T_E</math> par <math>f_E</math>.</li> <li>⑥ En déduire le décalage Doppler <math>\Delta f = f_R - f_E</math></li> </ol>

# ♥ Le circuit électrique RC

## RAPPELS

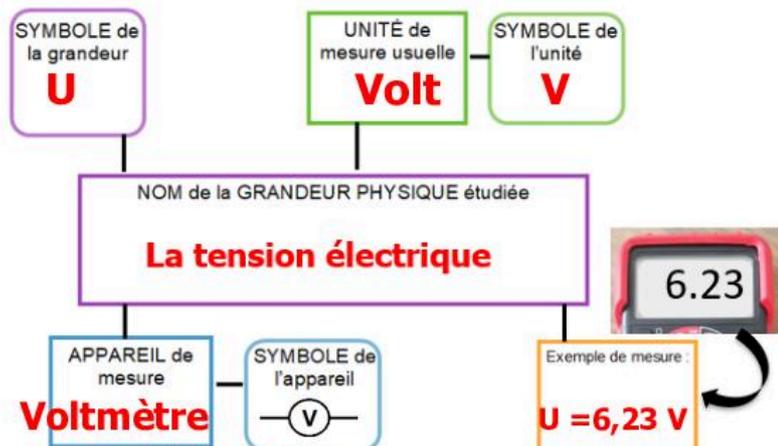
Qu'est-ce qu'un **dipôle**?

Un **dipôle** est un **composant électrique possédant 2 bornes**.

On distingue en général deux sortes de dipôles :

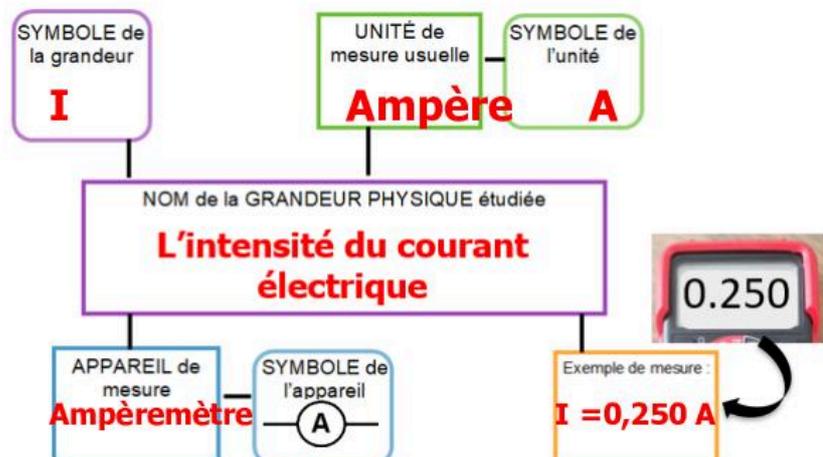
- Les **générateurs** qui convertissent une forme d'énergie en énergie électrique et peuvent ainsi permettre au courant électrique de circuler.
- Les **récepteurs** qui convertissent l'énergie électrique en une autre forme d'énergie.

Comment et en quoi se **mesure la tension** électrique d'un dipôle?



Il se branche en **dérivation** dans le circuit.

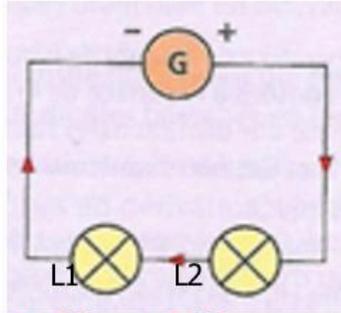
Comment et en quoi se **mesure l'intensité du courant** électrique d'un dipôle?



Il se branche en **en série** dans le circuit

Quelles **lois** s'appliquent à la **tension électrique** ?

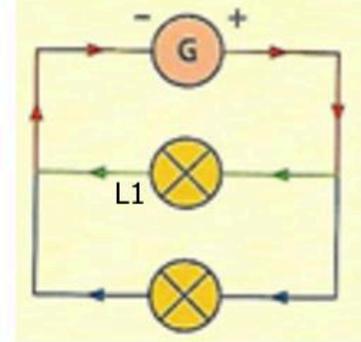
Dans un circuit **en série**,



$$U_g = U_{L1} + U_{L2}$$

C'est la **loi d'additivité des tensions**  
appelée aussi  
**loi des mailles**

Dans un circuit **en dérivation**,

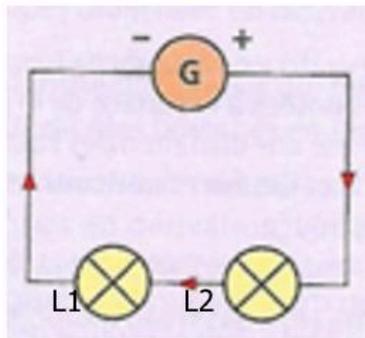


$$U_g = U_{L1} = U_{L2}$$

C'est la **loi d'unicité de la tension**.

Quelles **lois** s'appliquent à **l'intensité du courant électrique** ?

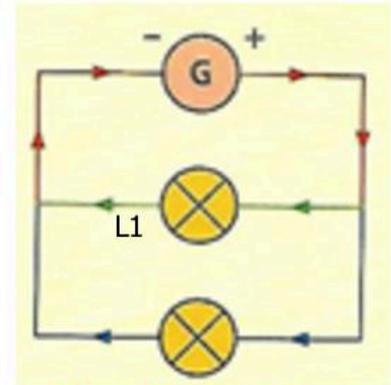
Dans un circuit **en série**,



$$I$$

C'est la **loi d'unicité de l'intensité**.

Dans un circuit **en dérivation**,



$$I = I_1 + I_2$$

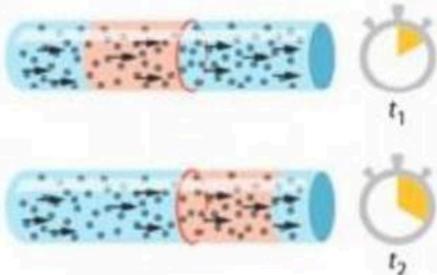
C'est la **loi d'additivité de l'intensité**  
appelée aussi **loi des noeuds**

Qu'est-ce que la **loi d'Ohm** ?

La **loi d'Ohm** indique que la **tension U** aux bornes d'une **résistance R** est proportionnelle à **l'intensité du courant I**. Ce coefficient de proportionnalité est la valeur de la résistance.

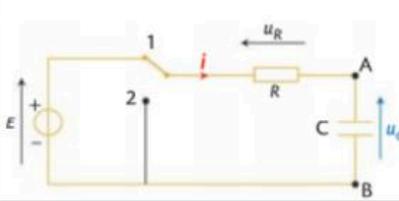
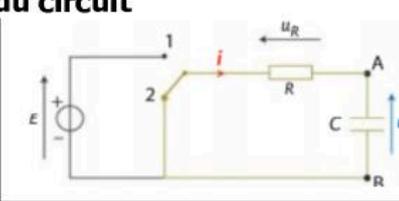
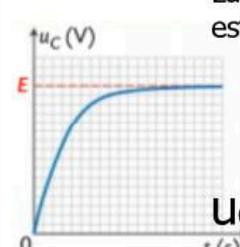
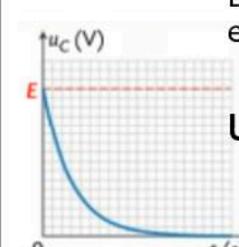
$$U = R \times I$$

## LE CONDENSATEUR

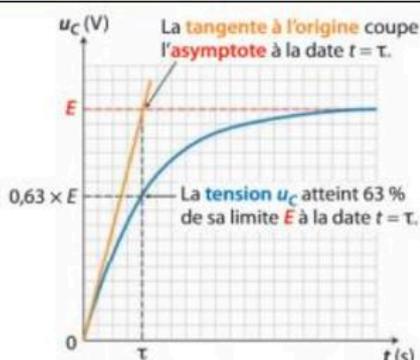
<p><b>Qu'est-ce qu'un condensateur ?</b></p>	<p>Le condensateur est un <u>composant électronique</u>, constitué de deux armatures conductrices et séparées par un isolant (appelé « <u>diélectrique</u> »).</p>  <p>Son symbole dans les schémas électriques est :</p>  <p>Sa propriété principale est de pouvoir accumuler des charges électriques opposées sur ses armatures. Ce phénomène est appelé <b>l'effet Capacitif</b>.</p>
<p><b>De quoi dépend la capacité d'un condensateur ?</b></p>	<p>La <b>capacité C d'un condensateur</b> correspond au coefficient de proportionnalité entre la charge <math>q</math> et la tension <math>u_c</math> tel que :</p> <p>en coulomb (C) <math>\longrightarrow</math> <math>q = C \times u_c</math> <math>\longleftarrow</math> en volt (V)</p> <p style="margin-left: 150px;">en Farad (F)</p> <p>Les capacités des condensateurs usuels sont comprises entre quelques picofarads (<math>1\text{pF} = 10^{-12} \text{ F}</math>) et quelques millifarads (<math>1 \text{ mF} = 10^{-3} \text{ F}</math>).</p> <p>La valeur de <math>C</math> est <b>proportionnelle à la surface <math>S</math></b> des armatures et <b>inversement proportionnelle à l'épaisseur <math>e</math></b> du diélectrique.</p> $C = \epsilon \times \frac{S}{e}$ <p style="text-align: center;">Si <math>S \nearrow</math> alors <math>C \nearrow</math> et si <math>e \searrow</math> alors <math>C \nearrow</math></p>
<p><b>A quoi correspond l'intensité <math>i</math> du courant électrique ?</b></p>	<p>L'intensité <math>i</math> du courant électrique est un <b>débit</b> de <b>charges électriques</b> quel que soit le régime de fonctionnement.</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• En régime permanent : <math>I = \frac{Q}{\Delta t}</math></li> <li>• En régime variable : <math>i = \frac{dq}{dt}</math></li> </ul>

## CHARGE ET DECHARGE D'UN CONDENSATEUR

Quelle est l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes d'un condensateur dans un circuit RC ?

Cas de la CHARGE	Cas de la DÉCHARGE
<b>Schéma du circuit</b>	
 <p>À <math>t = 0</math>, le condensateur est initialement déchargé et l'interrupteur est basculé en position <b>1</b></p>	 <p>À <math>t = 0</math>, le condensateur est initialement chargé et l'interrupteur est basculé en position <b>2</b></p>
D'après la <b>loi des mailles</b> : $U_R + U_C = E$	D'après la <b>loi des mailles</b> : $U_R + U_C = 0$
Or, $u_R = Ri$ et $i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du_C}{dt}$	Or, $u_R = Ri$ et $i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du_C}{dt}$
D'où l'équation différentielle : $RC \frac{du_C}{dt} + u_C = E$	D'où l'équation différentielle : $RC \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <math display="block">\text{Ou } \frac{du_C}{dt} = -\frac{1}{RC} u_C + \frac{E}{RC}</math> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <math display="block">\text{Ou } \frac{du_C}{dt} = -\frac{1}{RC} u_C</math> </div>
<b>Détermination de la solution de l'équation différentielle</b>	
Les solutions d'une équation différentielle du type $y' = ay + b$ sont de la forme $y = K \times e^{ax} - \frac{b}{a}$	
avec $K$ , <u>constante d'intégration</u> à déterminer à partir des <u>conditions initiales</u> .	
$a = -\frac{1}{RC}$ et $b = \frac{E}{RC}$	$a = -\frac{1}{RC}$ et $b = 0$
$u_C = K x e^{-\frac{1}{RC}t} + E = K x e^{-\frac{t}{RC}} + E$	$u_C = K x e^{-\frac{1}{RC}t} = K x e^{-\frac{t}{RC}}$
<b>Détermination de la constante d'intégration K</b>	
Le condensateur est initialement déchargé donc $u_C(0) = 0 \text{ V}$	Le condensateur est initialement chargé donc $u_C(t=0) = E$
Ainsi, $0 = K x e^{-\frac{0}{RC}} + E \Leftrightarrow K = -E$ car $e^0 = 1$	Ainsi, $E = K x e^{-\frac{0}{RC}} \Leftrightarrow K = E$
La solution de l'équation différentielle est donc :	La solution de l'équation différentielle est donc :
 $u_C = -E x e^{-\frac{1}{RC}t} + E$ $U_C = E \times (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$	 $U_C = E x e^{-\frac{t}{RC}}$

Qu'est-ce que la **constante de temps**  $\tau$  ?



Le temps caractéristique  $\tau$  de la charge ou de la décharge d'un dipôle RC, appelé aussi constante de temps, est défini par :

$$\tau = R \times C$$

Il permet de déterminer la durée de la charge ou de la décharge d'un dipôle RC : au bout de  $t = 5\tau$ , la tension  $u_C$  a atteint sa valeur finale.

$\tau$  est la durée nécessaire pour atteindre **63 %** de la valeur maximale de la tension  $u_C$

# ♥ La lunette astronomique

## FORMER DES IMAGES AVEC UNE LENTILLE CONVERGENTE

Qu'est-ce que le **modèle réduit de l'œil** ?

Schéma simplifié de l'œil réel

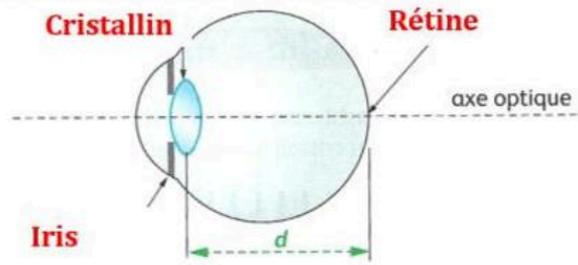
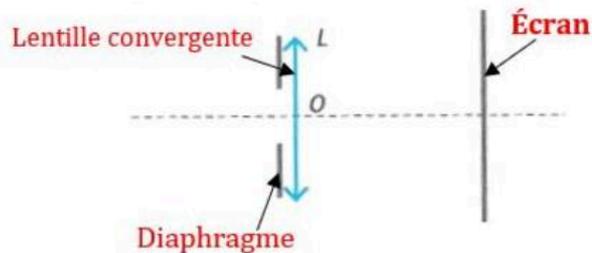


Schéma du modèle réduit de l'œil



Quelles sont les **caractéristiques d'une lentille convergente** ?

**Caractéristique 1 :** La lentille possède un centre optique O.

**Caractéristique 2 :** F est le foyer objet et F' le foyer image

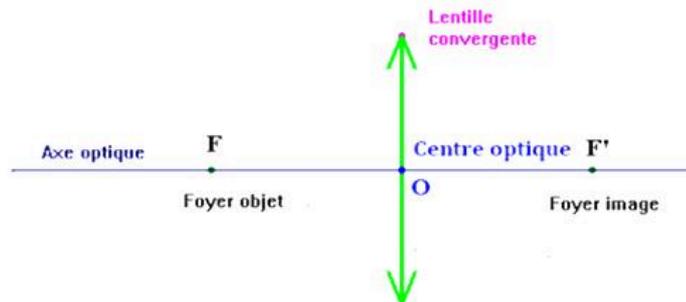
La distance  $\overline{OF'} = -\overline{OF}$  est appelée la **distance focale** et est notée **f'**.

**Caractéristique 3 :** La **vergence** notée **C** est l'inverse de la distance

focale f' :  $C = \frac{1}{f'}$

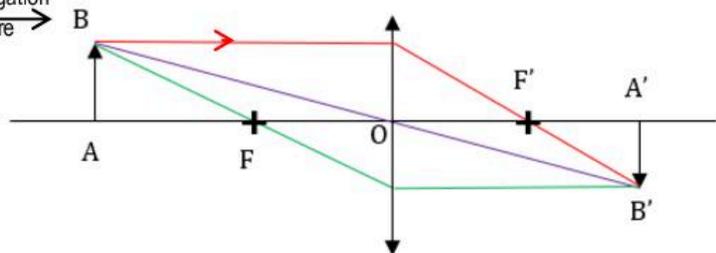
en dioptrie (δ)

← en mètre (m)



Comment **construire l'image d'un objet** donnée par une lentille convergente à l'aide des rayons lumineux ?

Sens de propagation de la lumière →



- Les **rayons passant par le centre optique O** de la lentille ne sont pas déviés.
- Les **rayons parallèles** à l'axe optique sortent de la lentille en passant par le foyer image F'.
- Les **rayons passant par le foyer objet F** sortent de la lentille parallèle à l'axe.

$\overline{AB}$  correspond à la taille de l'objet

$\overline{AB}$  positif

$\overline{OA}$  correspond à la position de l'objet

$\overline{OA}$  négatif

$\overline{A'B'}$  correspond à la taille de l'image

$\overline{A'B'}$  négatif

$\overline{OA'}$  correspond à la position de l'image

$\overline{OA'}$  positif

## FONCTIONNEMENT D'UNE LUNETTE ASTRONOMIQUE

Une lunette astronomique est un dispositif optique dont le but est de **former des images grossies** d'objets **lointains** pour les observer.



Oculaire

Comment est modélisée **une lunette astronomique** ?

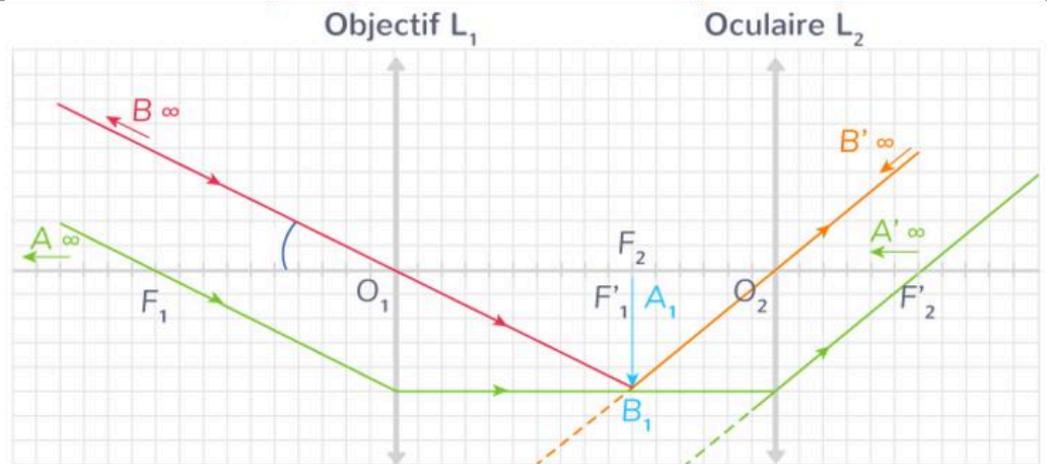
### Modélisation d'une lunette astronomique afocale



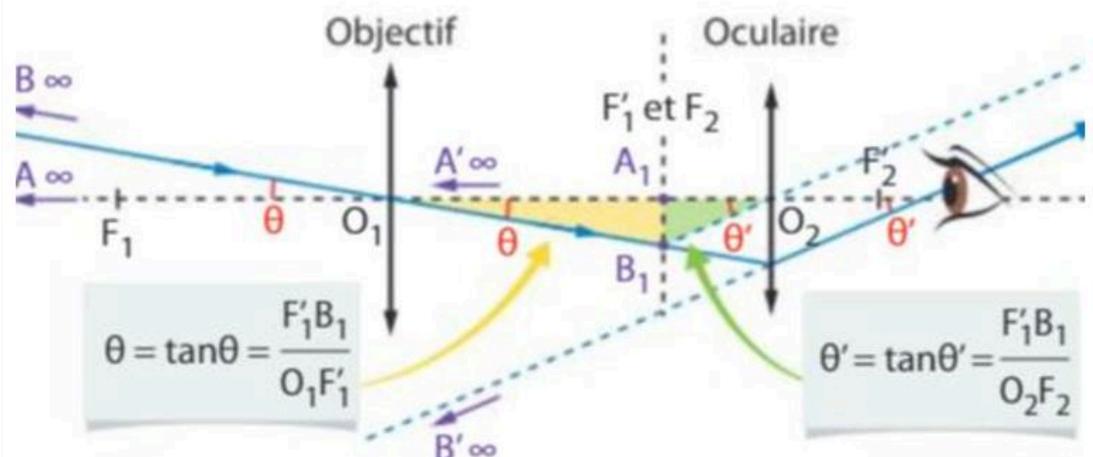
Le **foyer image  $F'_1$**  de l'objectif est confondu avec le **foyer objet  $F_2$**  de l'oculaire, d'où le nom **Lunette afocale** (pas de foyer).

Ainsi **les rayons parallèles** à l'entrée de la lunette **émergent parallèles** à la sortie de la lunette. (Un objet à l'infini forme une image à l'infini).

Quelle est la **construction** du **faisceau traversant une lunette afocale** ?



Quel est le **grossissement** d'une **lunette afocale** ?



Grossissement  $G$  :  $O_1F'_1 = f'_1$  et  $O_2F_2 = O_2F'_2 = f'_2$

$$G = \frac{\theta'}{\theta}$$

Conclusion :  $G = \frac{f'_1}{f'_2}$

# ♥ La lumière : un flux de photons

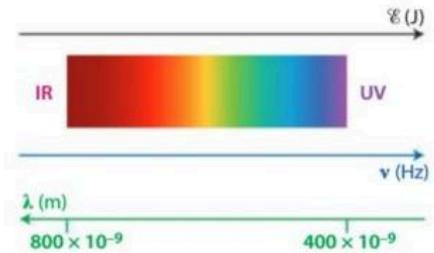
Qu'est-ce que le **modèle particulaire** de la lumière ?

Le **modèle particulaire** décrit la lumière comme un **flux de photons**, particule de masse nulle qui se propage à la célérité de la lumière  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .

L'énergie d'un photon associé à une radiation de fréquence  $\nu$  (ou  $f$ ) est donnée par la relation :

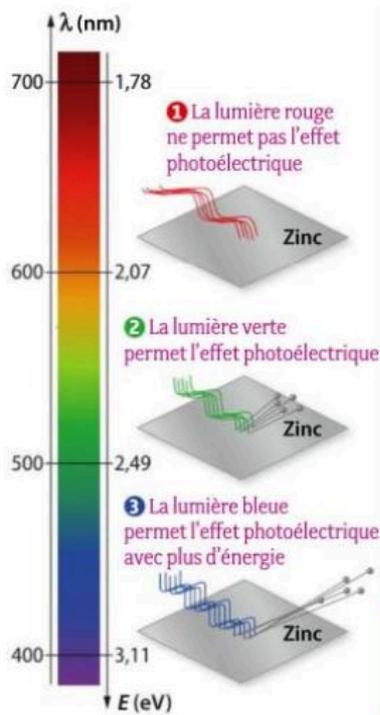
$$E = h \times \nu = h \times \frac{c}{\lambda}$$

Annotations :  $E$  (J),  $h$  (J.s),  $\nu$  (Hz),  $c$  (m.s<sup>-1</sup>),  $\lambda$  (m)



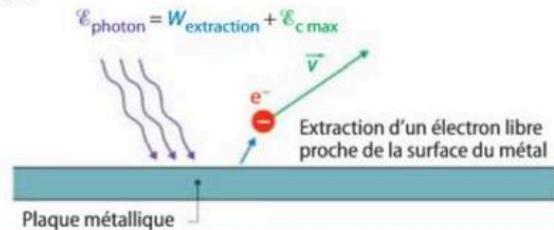
Qu'est-ce que l'**effet photoélectrique** ?

## Le modèle particulaire de la lumière explique l'effet photoélectrique.



- L'**effet photoélectrique**, c'est l'**éjection d'électrons d'un métal sous l'effet d'une radiation de fréquence suffisamment élevée** donc pour des photons d'énergie suffisamment grande.

- Bilan énergétique** de l'effet photoélectrique pour un électron libre proche de la surface du métal :



$$h \times \nu_{\text{photon}} = W_{\text{extraction}} + \frac{1}{2} m_e \times v_{\text{max}}^2$$

Annotations :  $h$  en J.s,  $\nu_{\text{photon}}$  en Hz ou s<sup>-1</sup>,  $W_{\text{extraction}}$  en J,  $m_e$  en kg,  $v_{\text{max}}$  en m.s<sup>-1</sup>

$W_{\text{extraction}}$  est l'énergie nécessaire pour extraire un électron libre proche de la surface du métal.

Quel est le **rendement d'une cellule photovoltaïque** ?

