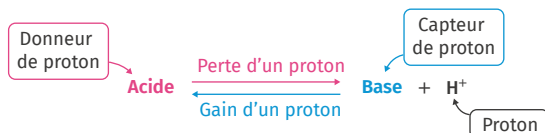
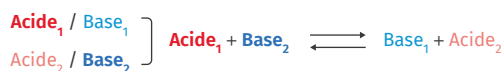


## Notions d'acide et de base



► Couple avec l'acide citrique :  
 $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7(\text{aq}) / \text{C}_6\text{H}_7\text{O}_7^-(\text{aq})$

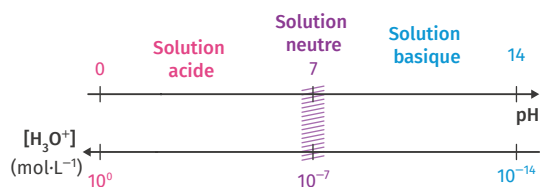
- Notation du couple : Acide/Base
- Espèce **amphotère** : espèce qui possède à la fois des propriétés acides et basiques
- Réaction acide-base : transfert d'ion  $\text{H}^+$  entre l'acide d'un couple et la base d'un autre couple :



## Lien entre acidité et pH

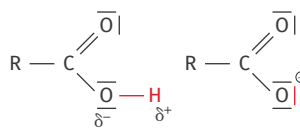
En solution aqueuse :

$$\text{pH} = -\log\left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{c^\circ}\right) \text{ et } [\text{H}_3\text{O}^+] = c^\circ \cdot 10^{-\text{pH}}$$

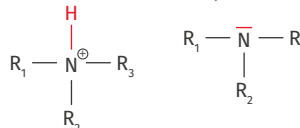


## Acides carboxyliques et amines

Acide carboxylique/Ion carboxylate



Ion ammonium tertiaire/Amine



## Éléments essentiels de la modélisation et limites

### Ce modèle permet de :

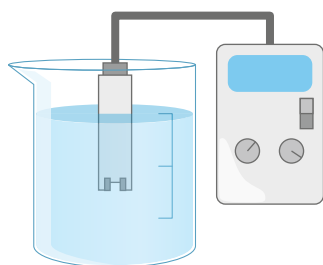
- prévoir le caractère acide ou basique d'une espèce ;
- prévoir si une transformation acide-base peut avoir lieu et établir l'équation de cette réaction ;
- calculer  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  connaissant le pH et réciproquement pour des solutions de concentration inférieure à  $0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

### Mais il ne permet pas de :

- savoir si une transformation acide-base possible a vraiment lieu ou non ;
- savoir si un acide réagit plus fortement ou non qu'un autre.

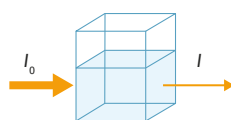
## Mesures physiques étudiées

Solutions ioniques



Conductance  $G$  (S)  
ou conductivité  $\sigma$  ( $S \cdot m^{-1}$ )

Espèces colorées  
(domaine UV-visible)

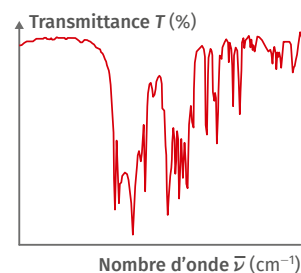


Absorbance  $A$   
Longueur d'onde  $\lambda$  (nm)

Absorbance  $A$  en fonction  
de la longueur  
d'onde  $\lambda$

et

Molécules organiques  
(domaine IR)



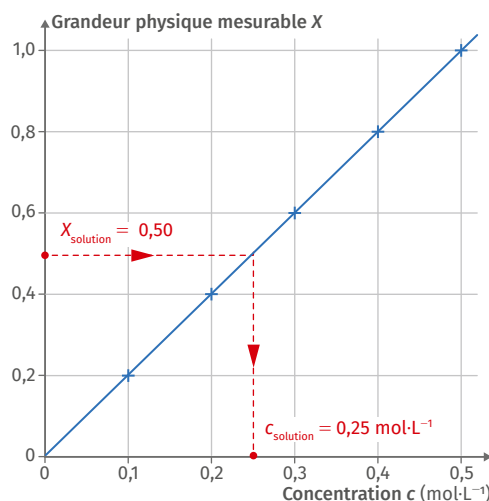
Transmittance  $T$  en fonction  
du nombre d'onde  $\tilde{\nu}$

$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda}$$

## Lois de Kohlrausch et de Beer-Lambert

La conductivité et l'absorbance sont des grandeurs proportionnelles à la concentration de l'espèce étudiée.

Conductimétrie	Spectrophotométrie
Conduction du courant électrique	Absorption de la lumière
$\sigma = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot [X_i]$	$A_\lambda = \sum_{i=1}^n \epsilon_{i,\lambda} \cdot l \cdot [X_i]$
Loi de Kohlrausch	Loi de Beer-Lambert



## Éléments essentiels de la modélisation et limites

### Ce modèle permet de :

- déterminer une concentration grâce au dosage par étalonnage ;
- confirmer la nature d'une espèce chimique grâce au spectre UV-visible ;
- identifier les groupes caractéristiques portés par une molécule grâce au spectre IR.

### Mais il ne permet pas de :

- déterminer la formule brute d'une molécule inconnue ;
- déterminer la concentration d'une espèce en solution lorsque plusieurs espèces interfèrent dans la mesure.

## Concentration d'une solution

$$c = \frac{\gamma}{M_{\text{soluté}}} \Leftrightarrow c = \frac{m_{\text{soluté}}}{M_{\text{soluté}} \cdot V_{\text{solution}}} \Leftrightarrow c = \frac{t \cdot m_{\text{solution}}}{M_{\text{soluté}} \cdot V_{\text{solution}}} \Leftrightarrow c = \frac{t \cdot \rho}{M_{\text{soluté}}} \Leftrightarrow c = \frac{t \cdot d \cdot \rho_{\text{eau}}}{M_{\text{soluté}}}$$

$\gamma = \frac{m_{\text{soluté}}}{V_{\text{solution}}}$   
 $t = \frac{m_{\text{soluté}}}{m_{\text{solution}}}$   
 $\rho = \frac{m_{\text{solution}}}{V_{\text{solution}}}$   
 $d = \frac{\rho}{\rho_{\text{eau}}}$

## Titrage avec suivi pH-métrique ou conductimétrique

### Dosage par titrage

A : espèce à titrer    B : espèce titrante  
 $n_0(A)$  et  $n_0(B)$  : quantités de matière initiales

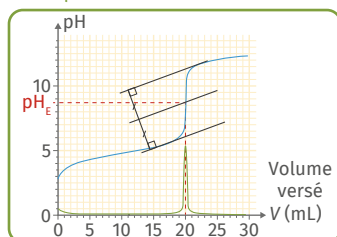
Équation de la réaction support du dosage  
 $a A(aq) + b B(aq) \rightarrow c C(aq) + d D(aq)$

Unique, totale et rapide

Allure de la courbe

Titration avec suivi pH-métrique

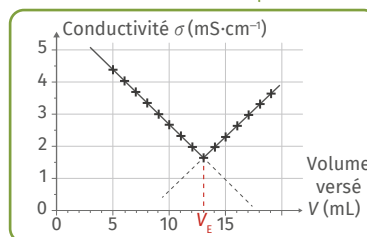
Saut de pH à l'équivalence



Méthode des tangentes parallèles  
 Méthode de la dérivée

Titration avec suivi conductimétrique

Modification de la pente de la courbe à l'équivalence



Rupture de pente

Détermination du volume à l'équivalence

Relation à l'équivalence

$$\frac{n_0(A)}{a} = \frac{n_0(B)}{b}$$

en fonction des nombres stœchiométriques

## Éléments essentiels de la modélisation et limites

### Ce modèle permet de :

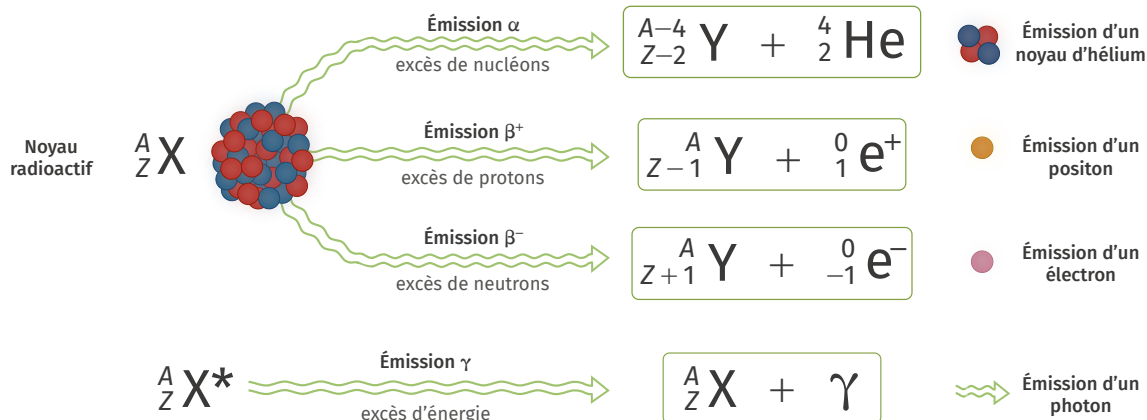
- comprendre les étiquettes des produits de la vie courante pour déterminer leur concentration ;
- analyser des systèmes par des méthodes chimiques simples et reproductibles ;
- estimer la concentration, la quantité de matière ou la masse dans une solution de concentration inconnue.

### Mais il ne permet pas de :

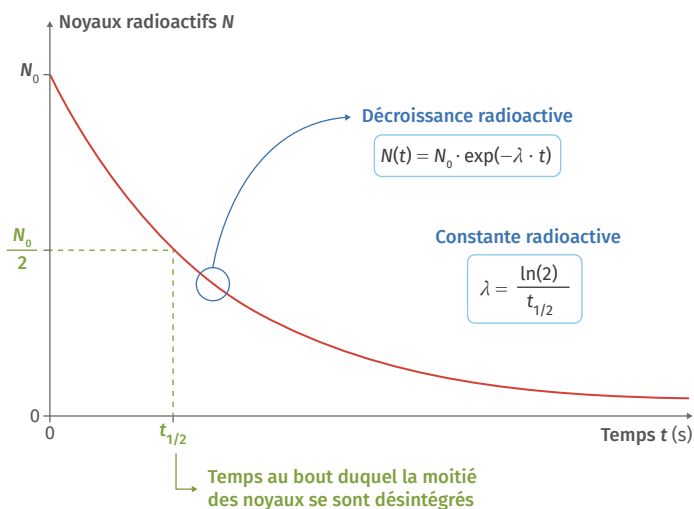
- déterminer la concentration de solutions trop diluées ou trop concentrées ;
- tenir compte de la dilution au cours du dosage conductimétrique ;
- détecter à chaque fois les deux sauts de pH lorsque l'espèce dosée est un diacide ;
- réaliser certains dosages par titrage à cause de réactions parasites.



## Désintégrations



## Décroissance radioactive



La radioactivité a de nombreuses applications thérapeutiques. Cependant, une exposition régulière et/ou intense peut se révéler dangereuse.

## Éléments essentiels de la modélisation et limites

### Ce modèle permet de :

- prévoir l'évolution d'une population de noyaux radioactifs ;
- dater avec une bonne précision un organisme ou un objet ;
- recenser les grands types de radioactivité, naturelle ou artificielle ;
- justifier un excès de particules dans un noyau.

### Mais il ne permet pas de :

- prévoir la date de désintégration d'un noyau radioactif ;
- prévoir précisément les effets de la radioactivité sur un individu ;
- savoir si un noyau possède un excès de particules connaissant sa seule composition.

## Quotient de réaction et équilibre

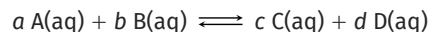
Une transformation est **non totale ou limitée** si tous les réactifs sont présents à la fin de la réaction. Le taux d'avancement d'une réaction est égal à  $\tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$  :

- si  $\tau = 1$ , alors la transformation est totale ;
- si  $\tau < 1$ , alors la transformation est non totale.

Pour savoir si une transformation est totale ou non totale, il faut **vérifier la présence de tous les réactifs et de tous les produits à l'état final**.

L'**état d'équilibre** est caractérisé par le fait que deux réactions antagonistes se produisent simultanément, de telle sorte que les concentrations des réactifs et des produits restent constantes. Par convention, le caractère non total est symbolisé par une double flèche «  $\rightleftharpoons$  ».

Le calcul du **quotient de réaction**  $Q_r$  permet de connaître le **sens spontané d'évolution** d'une transformation chimique en le comparant à la valeur de la constante d'équilibre  $K$  :

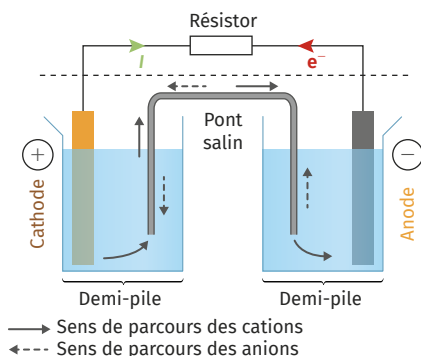


$$Q_r = \frac{\left(\frac{[C]}{c^o}\right)^c \cdot \left(\frac{[D]}{c^o}\right)^d}{\left(\frac{[A]}{c^o}\right)^a \cdot \left(\frac{[B]}{c^o}\right)^b}$$

⚠ Les espèces solides ou pour le solvant, celles-ci n'interviennent pas dans l'expression de  $Q_r$ .

État d'équilibre $Q_r = K(T)$	État hors équilibre $Q_r \neq K(T)$
Pas d'évolution	Le système évolue spontanément : • si $Q_r < K(T)$ en sens direct • si $Q_r > K(T)$ en sens indirect

## Piles



Une pile produit de l'électricité à partir d'une réaction d'oxydoréduction qui met en jeu un échange d'électrons.

Composition d'une pile :

- anode (oxydation)
- cathode (réduction)
- pont salin
- électrolyte

Tension à vide :  $E$

Capacité électrique :  $Q_{\max} = I \cdot \Delta t = n_e \cdot F$

## Éléments essentiels de la modélisation et limites

### Ce modèle permet de :

- prédire le sens d'évolution spontané d'une réaction chimique, à condition de connaître les concentrations initiales des réactifs et des produits, ainsi que la valeur de la constante d'équilibre à la température pour laquelle la réaction a lieu.

### Mais il ne permet pas de :

- prévoir l'évolution des systèmes dans le cas de réactions où les espèces chimiques sont en phase gazeuse.

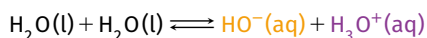


## Constante d'acidité

À la réaction  $\text{AH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{A}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ ,  
on associe la constante :

$$K_A = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} \cdot [\text{A}^-]_{\text{eq}}}{[\text{AH}]_{\text{eq}} \cdot c^\circ}$$

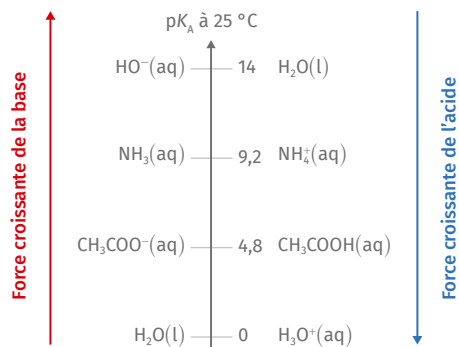
La constante d'acidité du couple  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})/\text{HO}^-(\text{aq})$ , aussi appelée produit ionique de l'eau, est associée à la réaction :



$$K_e = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} \cdot [\text{HO}^-]_{\text{eq}}}{c^{\circ 2}}$$

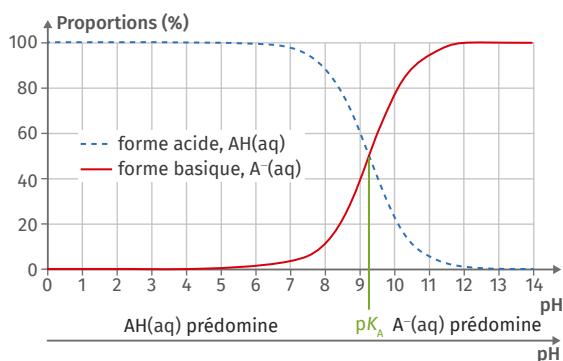
$K_e$  : produit ionique de l'eau  
 $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$  : concentration en ion oxonium ( $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )  
 $[\text{HO}^-]_{\text{eq}}$  : concentration en ion hydroxyde ( $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )  
 $c^\circ$  : concentration standard égale à  $c^\circ = 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

$$\text{p}K_A = -\log(K_A) \text{ ou } K_A = 10^{-\text{p}K_A}$$



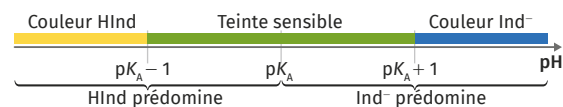
## Diagramme de distribution et de prédominance

### Diagramme de distribution

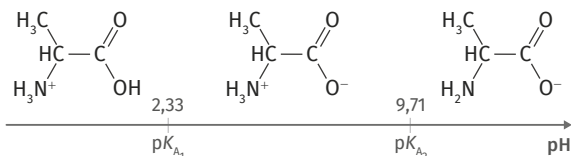


### Diagramme de prédominance

#### • Indicateurs colorés



#### • Acides aminés



## Éléments essentiels de la modélisation et limites

### Ce modèle permet de :

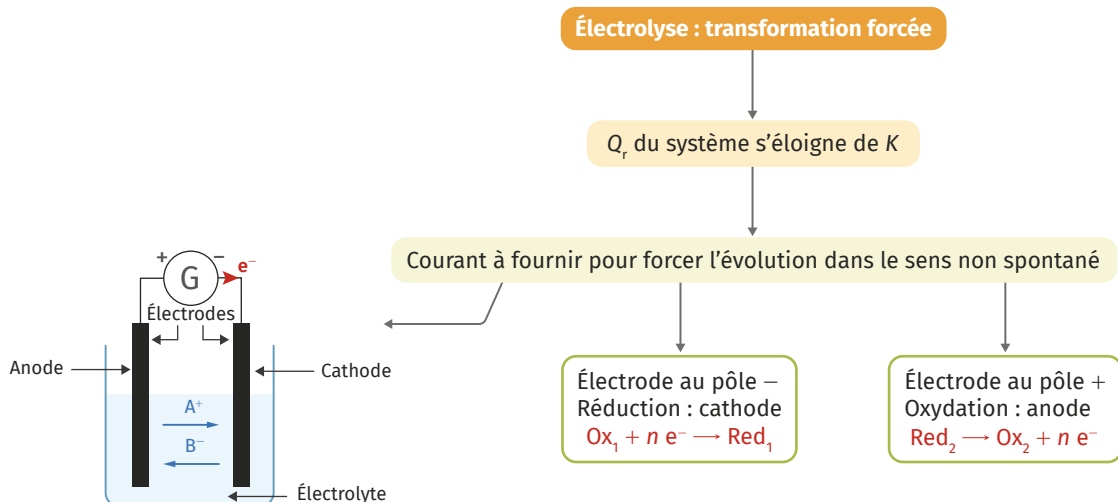
- comparer les forces relatives des acides et des bases ;
- déterminer quelle est la forme du couple qui prédomine dans une solution ;
- comprendre le changement de teinte d'un indicateur coloré de pH.

### Mais il ne permet pas de :

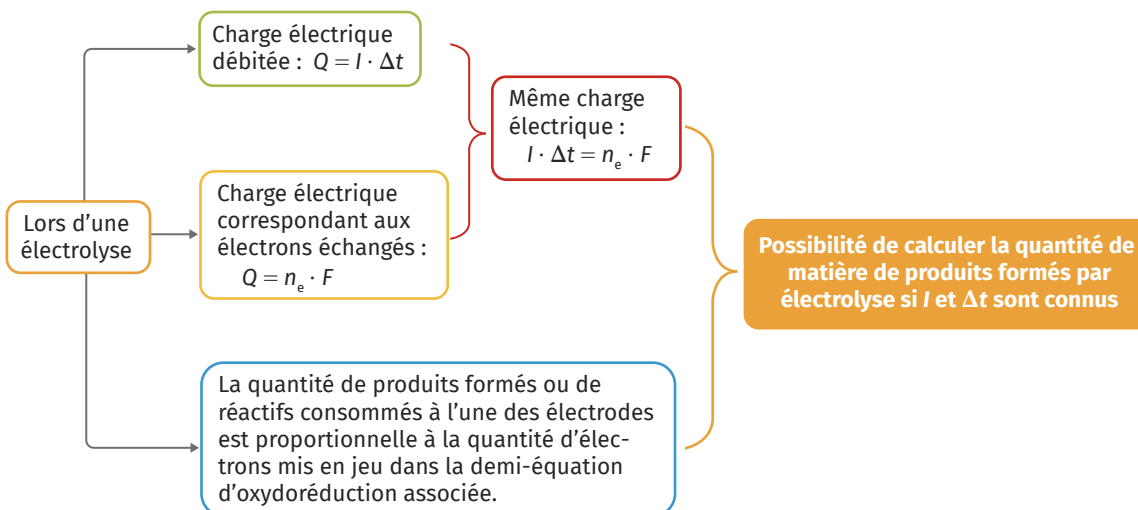
- étudier facilement les mélanges d'acides ou de bases ;
- étudier les solutions autres que les solutions aqueuses ;
- expliquer les  $\text{p}K_A$  négatifs ou supérieurs à 14 ;
- traiter les cas des gaz en solution.



## Électrolyse



## Charge électrique traversant le circuit d'électrolyse



## Éléments essentiels de la modélisation et limites

### Ce modèle permet de :

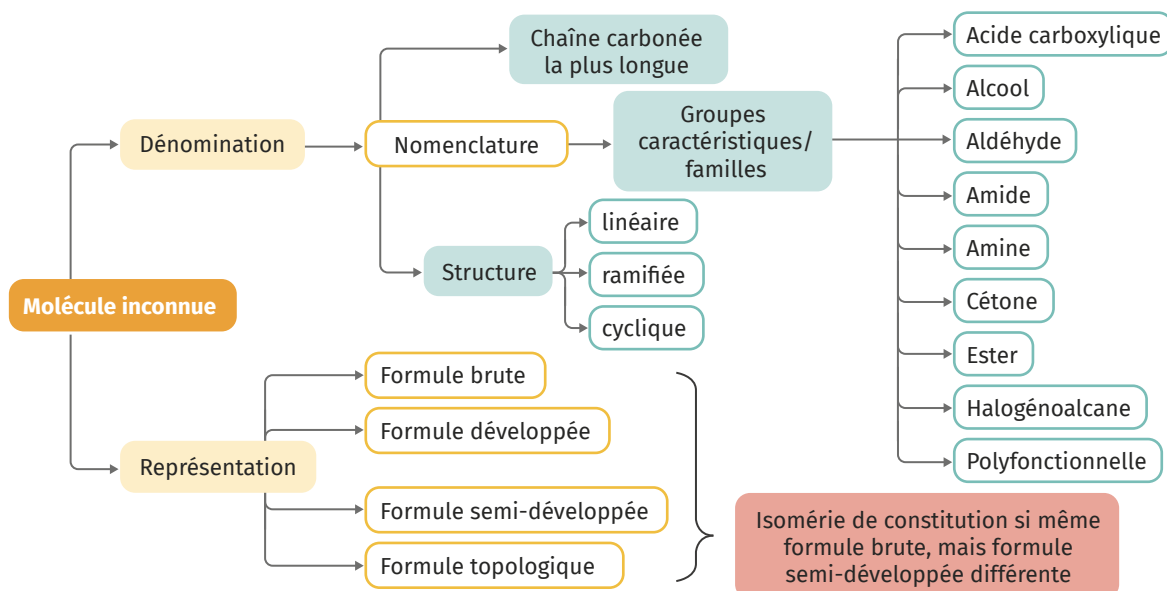
- lier quantité de matière, durée et charge électrique ;
- modéliser le déplacement des porteurs de charges lors de l'électrolyse.

### Mais il ne permet pas de :

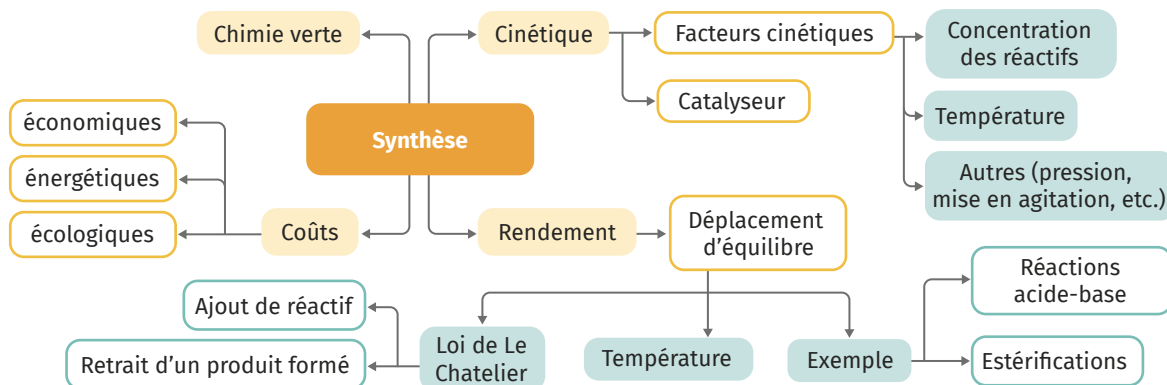
- expliquer les phénomènes d'irréversibilité à l'origine de l'usure des accumulateurs. Même s'ils sont rechargeables, le nombre de recharges est limité ;
- expliquer la perte d'énergie lors de la conversion.



## Nom et représentation des molécules



## Optimisation d'une synthèse



## Éléments essentiels de la modélisation et limites

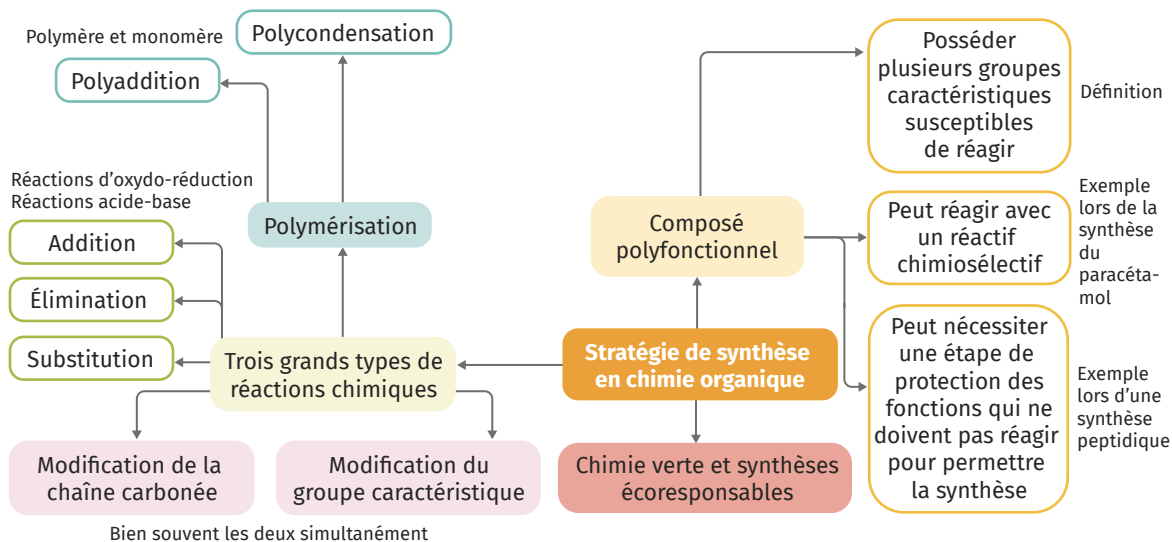
### Ce modèle permet de :

- représenter l'agencement spatial de la chaîne carbonée ;
- nommer des molécules, possédant un seul groupe caractéristique ;
- de comparer des conditions expérimentales d'une synthèse en vue de l'optimiser.

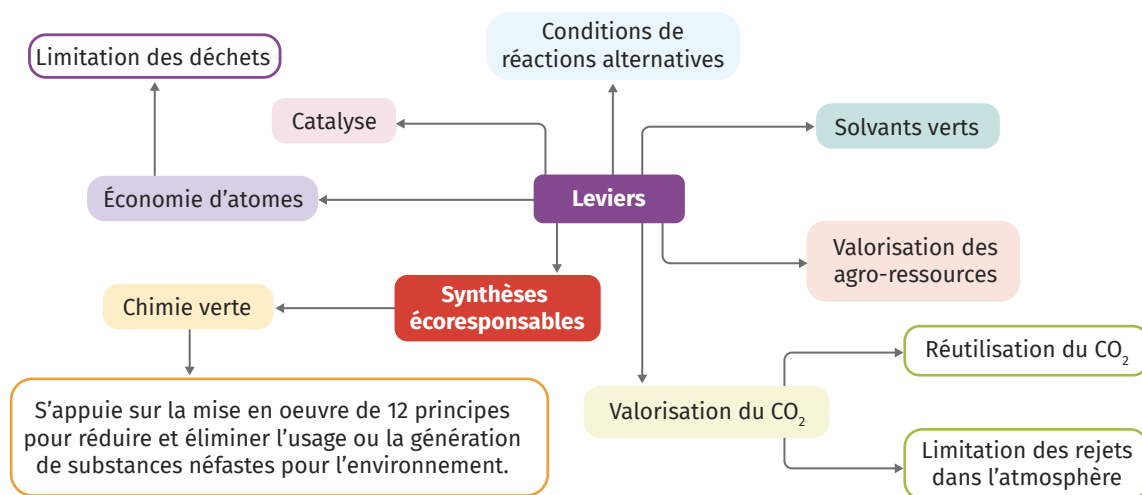
### Mais il ne permet pas de :

- représenter l'agencement spatial de toute la molécule ;
- anticiper l'intérêt ou non d'un facteur cinétique pour optimiser une synthèse ;
- prévoir le rendement final d'une synthèse.

## Stratégie de synthèse en chimie organique



## Synthèses écoresponsables



## Éléments essentiels de la modélisation et limites

### Ce modèle permet de :

- décrire les transformations chimiques mises en jeu en chimie organique ;
- comprendre les défis de la stratégie de synthèse ;
- pratiquer d'une chimie plus responsable ;
- intégrer les dimensions énergétiques et cinétiques dans les synthèses multi-étapes.

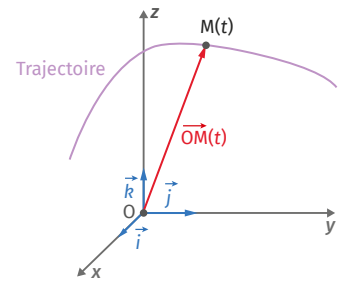
### Mais il ne permet pas de :

- étudier les transformations au niveau microscopique ;
- prendre en compte des éléments de thermodynamique chimique liés aux transformations mises en jeu.

## Grandeurs physiques

En coordonnées cartésiennes, dans la base  $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$  :

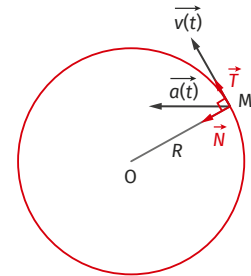
$$\begin{array}{ccc} \overrightarrow{OM}(t) \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix} & \begin{array}{c} \xrightarrow{\text{dérivée}} \\ \xleftarrow{\text{primitive}} \end{array} & \vec{v}(t) \begin{pmatrix} v_x(t) = \frac{dx}{dt} \\ v_y(t) = \frac{dy}{dt} \\ v_z(t) = \frac{dz}{dt} \end{pmatrix} \\ & & \begin{array}{c} \xrightarrow{\text{dérivée}} \\ \xleftarrow{\text{primitive}} \end{array} \vec{a}(t) \begin{pmatrix} a_x(t) = \frac{d^2x}{dt^2} \\ a_y(t) = \frac{d^2y}{dt^2} \\ a_z(t) = \frac{d^2z}{dt^2} \end{pmatrix} \end{array}$$



Dans le repère de Frenet, centré sur M :

$\vec{v} = v \cdot \vec{T}$  soit  $\vec{v} \begin{pmatrix} v \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}_{(M, \vec{T}, \vec{N})}$  le vecteur vitesse est toujours tangent à la trajectoire.

$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \cdot \vec{T} + \frac{v^2}{R} \cdot \vec{N}$  soit  $\vec{a} \begin{pmatrix} \frac{dv}{dt} \\ \frac{v^2}{R} \end{pmatrix}_{(M, \vec{T}, \vec{N})}$  le vecteur accélération est toujours dirigé vers l'intérieur de la courbure de la trajectoire.



## Mouvements particuliers à connaître

► Mouvement rectiligne uniforme selon l'axe (Ox) :

$$\vec{a}(t) = \vec{0} \quad \vec{v}(t) = v \cdot \vec{i} \quad \overrightarrow{OM}(t) = (v \cdot t + x_0) \cdot \vec{i}$$

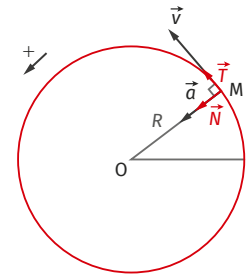
► Mouvement rectiligne uniformément accéléré selon l'axe (Ox) :

$$\vec{a}(t) = \vec{a} \quad \vec{v}(t) = (a \cdot t + v_0) \cdot \vec{i} \quad \overrightarrow{OM}(t) = \left( \frac{a}{2} \cdot t^2 + v_0 \cdot t + x_0 \right) \cdot \vec{i}$$

► Mouvement circulaire uniforme dans le repère de Frenet  $(M, \vec{T}, \vec{N})$  :

$\vec{v} = v \cdot \vec{T}$  : le vecteur vitesse est toujours tangent à la trajectoire.

$\vec{a} = \frac{v^2}{R} \cdot \vec{N}$  : le vecteur accélération est non constant, radial, centripète et de norme constante.



## Éléments essentiels de la modélisation et limites

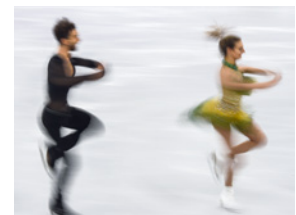
### Ce modèle permet de :

- avoir les fonctions mathématiques correspondant à la position, la vitesse et l'accélération de la balle de golf, une fois la mise en mouvement effectuée ;
- modéliser des trajectoires simples.



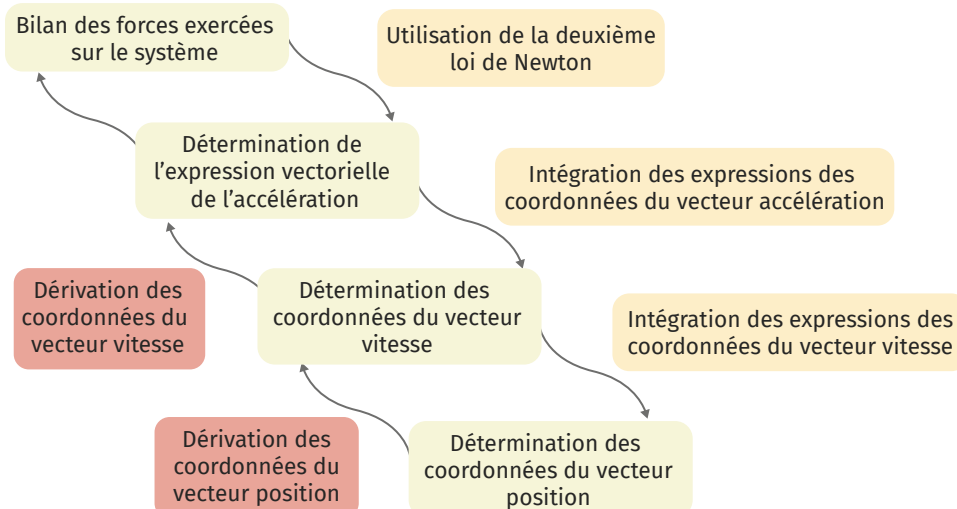
### Mais il ne permet pas de :

- expliquer quelles sont les causes d'un mouvement ;
- traiter des mouvements de rotation d'un système sur lui-même lorsqu'il est assimilé à un point.

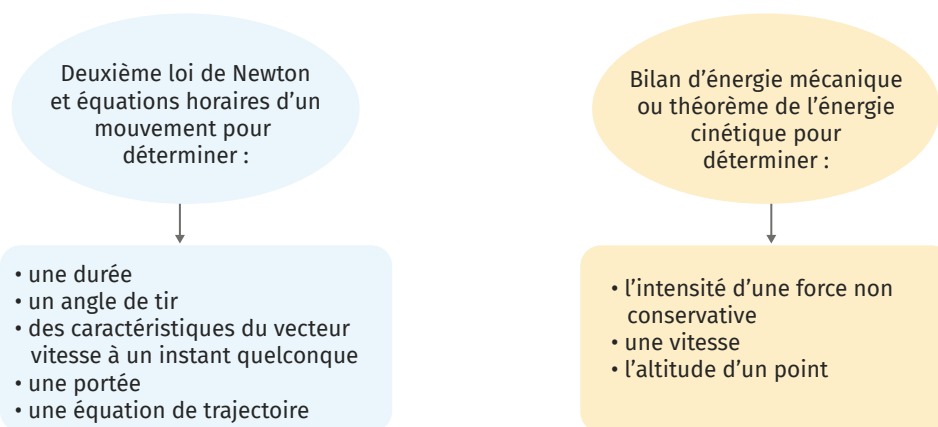


## Principales notions

### Définition du système et du référentiel



## Utilisation des lois ou du théorème



## Éléments essentiels de la modélisation et limites

### Ce modèle permet de :

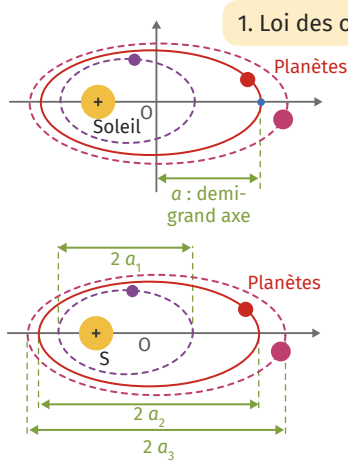
- déterminer des équations du mouvement dans un champ uniforme permet, à condition de connaître les conditions initiales (vitesse, position), de déterminer la position et la vitesse en chaque instant ;
- effectuer des prédictions avant de réaliser une expérience ou de chercher les conditions optimales d'un tir.

### Mais il ne permet pas de :

- modéliser la trajectoire lorsque d'autres forces ne sont pas négligeables. La détermination des équations du mouvement est plus complexe et peut conduire à résoudre une équation différentielle. Certaines forces sont également plus complexes à modéliser (frottements par exemple) ;
- étudier un solide déformable ou non assimilable à un point.



## Trois lois de Kepler



1. Loi des orbites

### Lois de Kepler

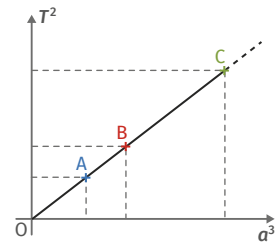
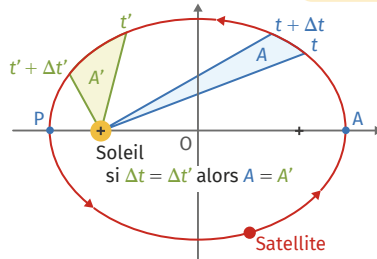
3. Loi des périodes

$$\frac{T_A^2}{a_A^3} = \frac{T_B^2}{a_B^3} = \frac{T_C^2}{a_C^3}$$

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

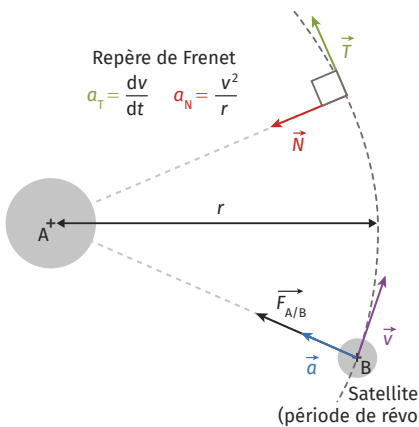
Le tracé de  $T^2 = f(a^3)$  est une droite linéaire passant par l'origine

2. Loi des aires



## Caractéristiques du mouvement d'un satellite en orbite circulaire

### Approximation du mouvement circulaire



- Mouvement circulaire uniforme

$$\vec{a} = \vec{a}_N = \frac{v^2}{r} \cdot \vec{N} \quad (\vec{a} \text{ est centripète})$$

- Application 2<sup>e</sup> loi de Newton

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}} \quad (\vec{a} \text{ est centripète})$$

$$v = \text{cste} : \text{mouvement uniforme}$$

- Vitesse orbitale

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

- Expression de la constante de la 3<sup>e</sup> loi de Kepler

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

$$\text{d'où } T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{r^3}{G \cdot M}} \quad \text{ou } r = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M \cdot T^2}{4\pi^2}}$$

### Satellite géostationnaire

- Immobile depuis un observateur terrestre
- Contenu dans le plan équatorial de la Terre
- Altitude  $h = 36\,000 \text{ km}$
- Période de révolution  $T = 24 \text{ h}$

## Éléments essentiels de la modélisation et limites

### Ce modèle permet de :

- déterminer les vecteurs vitesse et accélération d'un satellite ou d'une planète ;
- montrer que le mouvement du satellite est uniforme dans l'approximation d'une trajectoire circulaire ;
- déterminer la masse de l'astre attracteur à partir du rayon de l'orbite et de la période de révolution d'un satellite ;
- relier la période de révolution au rayon de l'orbite d'un satellite.

### Mais il ne permet pas de :

- prendre en compte l'influence d'autres corps agissant sur le satellite ;
- prendre en compte la non-homogénéité de l'astre attracteur ;
- prendre en compte la masse non négligeable d'un satellite par rapport à celle de l'astre attracteur.

## Poussée d'Archimède

Tout corps plongé dans un fluide, en partie ou totalement immergé, subit une force verticale et orientée vers le haut, résultante des forces de pression du fluide, appelée poussée d'Archimède :

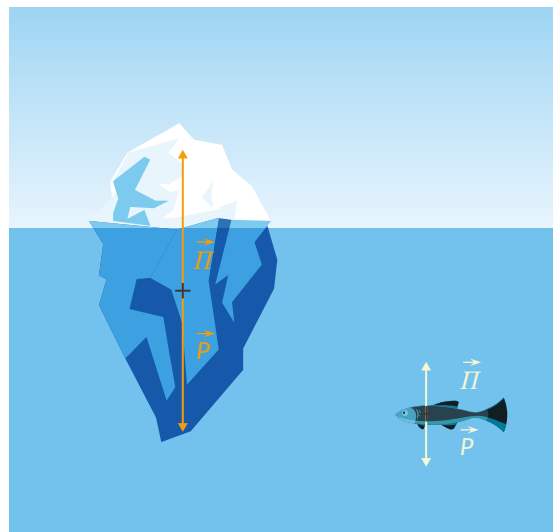
$$\vec{\Pi} = -\rho_{\text{fluide}} \cdot V_{\text{immergé}} \cdot \vec{g}$$

$\vec{\Pi}$  : poussée d'Archimède de norme  $\Pi$  (N)

$\rho_{\text{fluide}}$  : masse volumique du fluide ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )

$V_{\text{immergé}}$  : volume immergé du corps dans le fluide ( $\text{m}^3$ )

$\vec{g}$  : champ de pesanteur de norme  $g$  ( $\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$ )



## Dynamique des fluides

Expression du débit volumique :

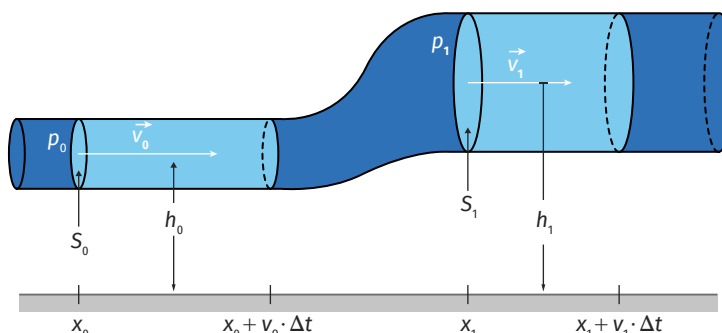
$$D_V = v \cdot S$$

Conservation du débit :

$$D_V = \text{cste}$$

Relation de Bernoulli :

$$p + \rho \cdot \frac{v^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h = \text{cste}$$



### Numérique

Découvrez une animation sur le principe d'Archimède sur [LLS.fr/PCTP362](https://lls.fr/PCTP362)

## Éléments essentiels de la modélisation et limites

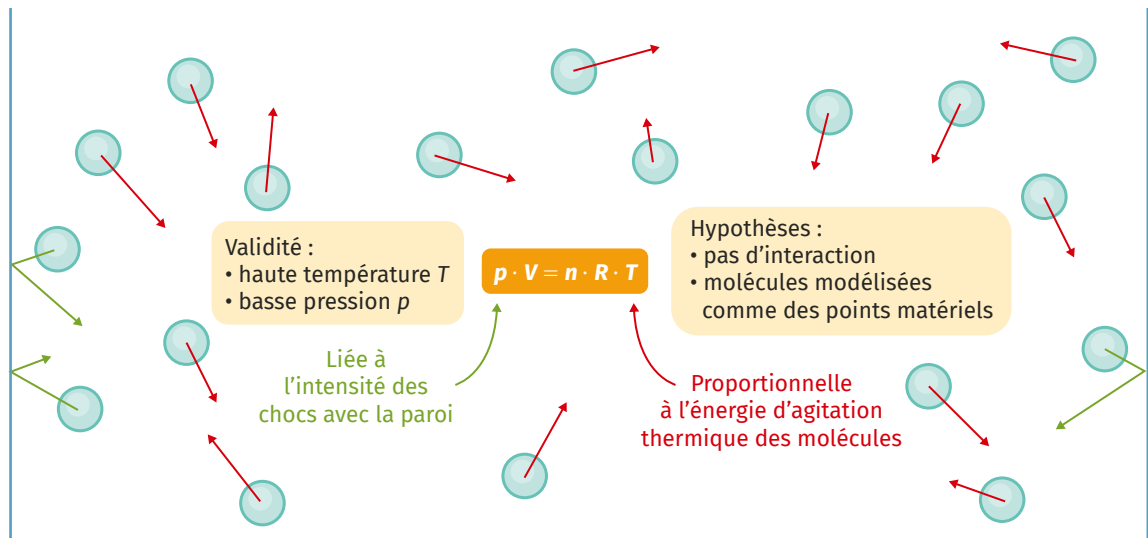
### Ce modèle permet de :

- étudier les écoulements incompressibles (à condition qu'ils ne soient pas trop rapides) ;
- évaluer les diminutions de pression par effet Venturi ;
- étudier les forces de pression subies par des objets immergés.

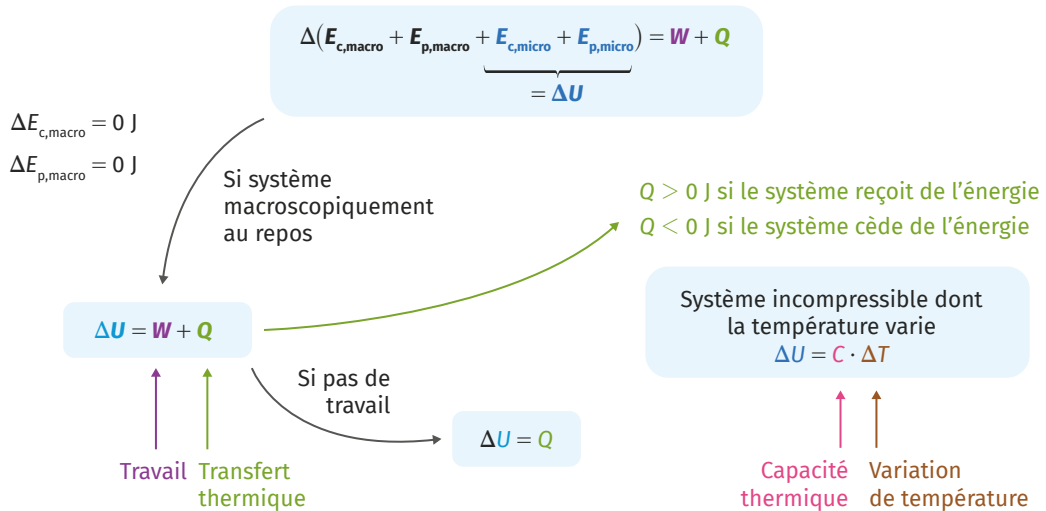
### Mais il ne permet pas de :

- traiter des écoulements turbulents ;
- tenir compte des frottements visqueux ;
- prévoir la perte de charges dans les canalisations.

## Modèle du gaz parfait



## Énergie interne d'un système



## Éléments essentiels de la modélisation et limites

### Ce modèle permet de :

- décrire le comportement d'un gaz à basse pression et à haute température ;
- déterminer des quantités de matière ;
- prévoir le sens d'un transfert thermique ;
- effectuer l'étude énergétique de systèmes thermodynamiques simples.

### Mais il ne permet pas de :

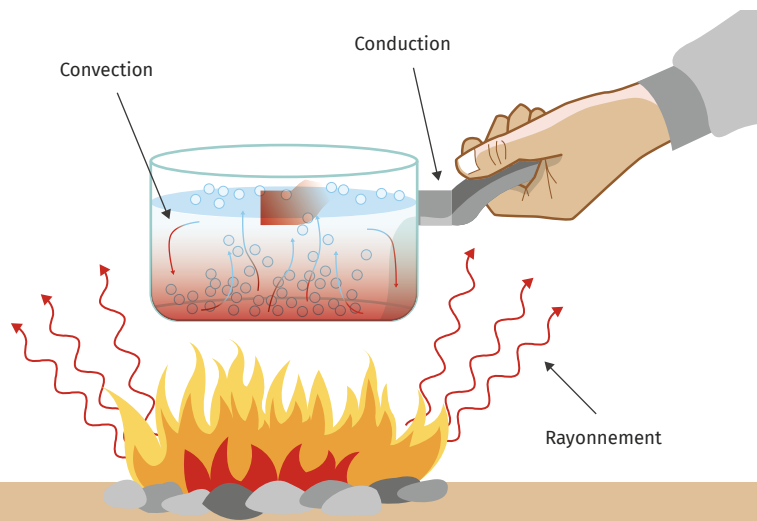
- décrire le comportement de gaz à haute pression ou à basse température ;
- effectuer un bilan énergétique sur des systèmes ouverts ;
- calculer la variation d'énergie interne lors d'une réaction chimique, d'un changement d'état, etc.

## Transferts thermiques

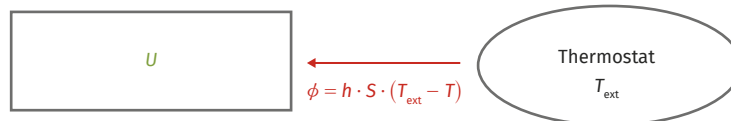
**Conduction** : l'énergie thermique se transmet progressivement grâce à l'agitation thermique des particules.

**Convection** : l'énergie thermique est transportée par les déplacements macroscopiques de la matière à l'intérieur d'un fluide.

**Rayonnement** : l'énergie thermique est transmise par propagation d'ondes électromagnétiques.



## Évolution d'un système au contact d'un thermostat



- Application du premier principe de la thermodynamique pour un système fermé soumis à des échanges thermiques :

$$\Delta U = Q$$

- Système incompressible soumis à une variation de température :

$$m \cdot c \cdot \Delta T = Q$$

- Dérivation par rapport au temps :

$$m \cdot c \cdot \frac{dT}{dt} = \phi$$

- Échange thermique avec un thermostat :

$$m \cdot c \cdot \frac{dT}{dt} = h \cdot S \cdot (T_{ext} - T)$$

- Équation différentielle :

$$\frac{dT}{dt} + \frac{h \cdot S}{m \cdot c} \cdot T = \frac{h \cdot S}{m \cdot c} \cdot T_{ext}$$

- Résolution avec les conditions initiales et finales :

$$T(t) = T_{ext} + (T_i - T_{ext}) \cdot \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \text{ avec } \tau = \frac{m \cdot c}{h \cdot S}$$

## Éléments essentiels de la modélisation et limites

### Ce modèle permet de :

- approcher un problème incluant la convection de façon simple, grâce au modèle de Newton ;
- réaliser des calculs simples pour estimer les transferts d'énergie qui ont lieu sur la planète, puisque la température de la Terre est supposée constante.

### Mais il ne permet pas de :

- transposer le modèle de Newton à tous les systèmes ;
- prendre en compte les inhomogénéités de température à l'intérieur même du système ou du thermostat ;
- prévoir l'évolution de la température de la Terre, car l'albédo et l'effet de serre dépendent eux-mêmes de la température de la Terre.



## Intensité des ondes acoustiques

Puissance



Surface

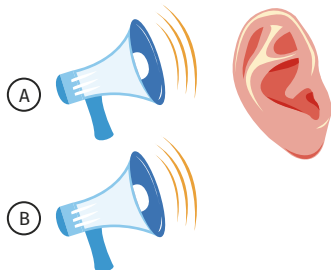


Expression de l'intensité sonore :

$$I = \frac{P}{S}$$

Expression du niveau d'intensité sonore :

$$L = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right)$$

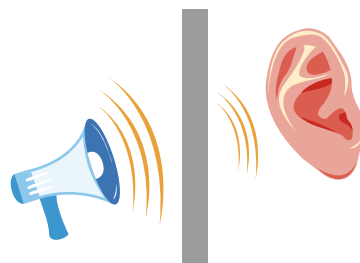


Additivité de l'intensité sonore :

$$I = I_A + I_B$$

Expression du niveau d'intensité sonore :

$$L = 10 \log \left( \frac{I_A + I_B}{I_0} \right) \neq L_A + L_B$$



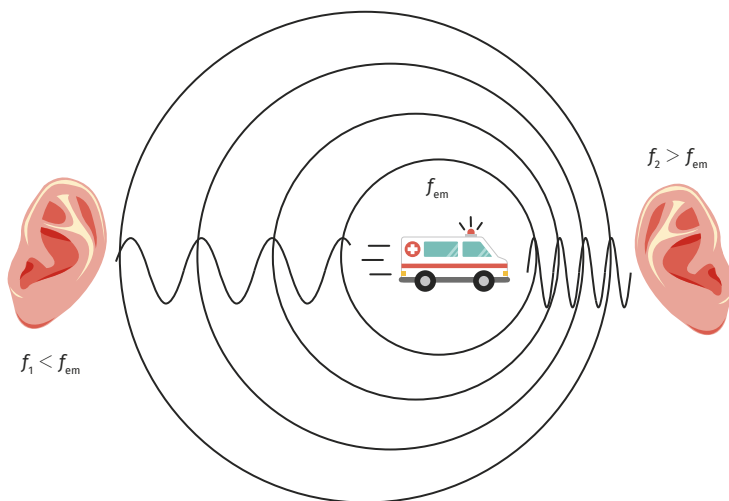
Expression de l'atténuation :

$$A = L_{\text{sortie}} - L_{\text{entrée}} < 0 \text{ dB}$$

Intensité sonore de référence :

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

## Effet Doppler



$$f_1 = f_{\text{em}} \cdot \frac{v_{\text{onde}}}{v_{\text{onde}} + v} = \frac{f_{\text{em}}}{1 + \frac{v}{v_{\text{onde}}}}$$

$$f_2 = f_{\text{em}} \cdot \frac{v_{\text{onde}}}{v_{\text{onde}} - v} = \frac{f_{\text{em}}}{1 - \frac{v}{v_{\text{onde}}}}$$

## Éléments essentiels de la modélisation et limites

### Ce modèle permet de :

- étudier la propagation d'un son à travers des matériaux ;
- rendre compte de la réponse physiologique de l'oreille ;
- faire le lien entre intensité et niveau d'intensité ;
- calculer le décalage Doppler ou la vitesse d'une source d'onde périodique en mouvement par rapport à un observateur fixe.

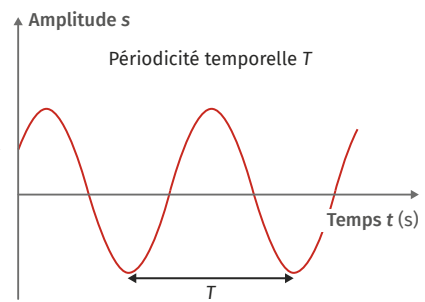
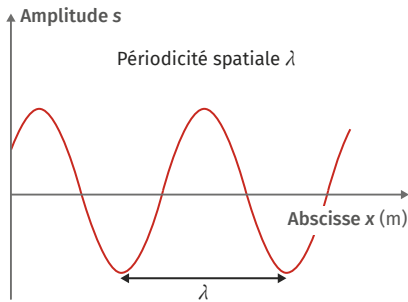
### Mais il ne permet pas de :

- étudier les performances acoustiques d'une salle où il faut prendre en compte les réflexions multiples, le temps de réverbération, etc.
- étudier une source en mouvement avec  $v > v_{\text{onde}}$  ;
- étudier une source d'ondes électromagnétiques lorsque  $v$  n'est pas négligeable par rapport à  $c$ .

## Ondes progressives sinusoïdales

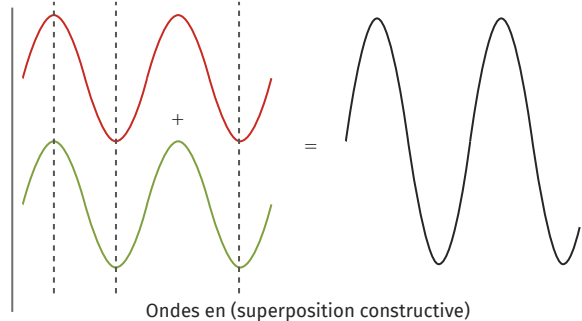
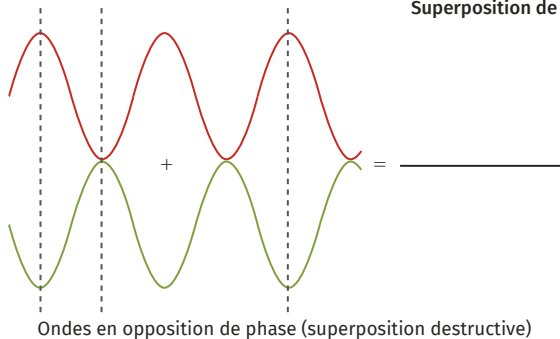
Onde progressive sinusoïdale

$$s(x, t) = A \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T} \cdot \left(t - \frac{x}{c}\right) + \varphi\right)$$



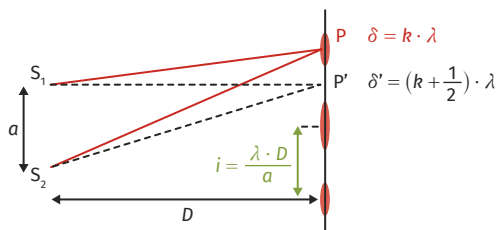
$$\lambda = c \cdot T$$

Superposition de deux ondes cohérentes



## Interférences et diffraction

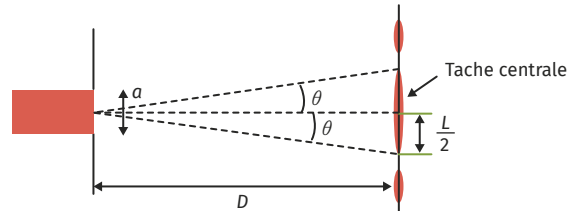
Interférences de deux ondes cohérentes



$\delta$  et  $\delta'$  : différences de chemin optique (m)

$i$  : interfrange (m)

Diffraction par une ouverture



$$\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D} \text{ pour } \theta \text{ petit}$$

$\theta$  : angle caractéristique de diffraction (rad)

$L$  : largeur de la tache centrale (m)

## Éléments essentiels de la modélisation et limites

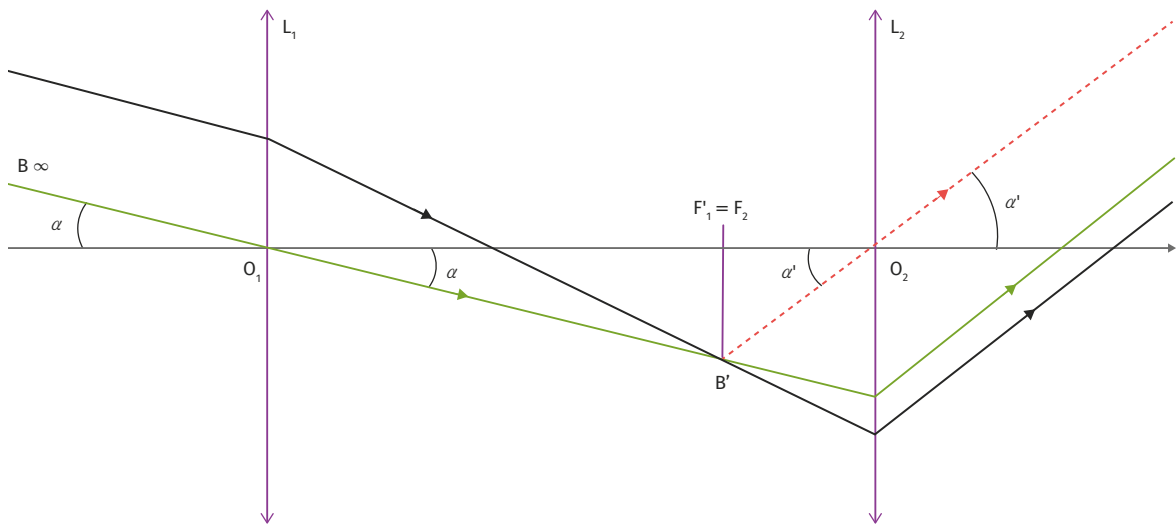
Ce modèle permet de :

- décrire une onde périodique ;
- rendre compte des phénomènes d'interférences à deux ondes cohérentes ;
- expliquer le phénomène de diffraction de Fraunhofer.

Mais il ne permet pas de :

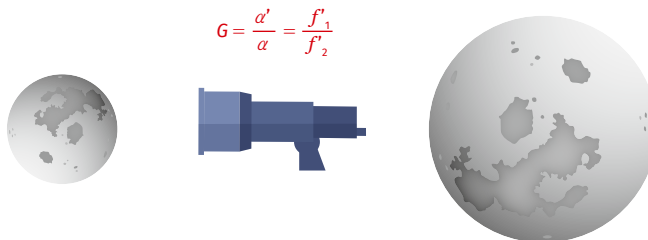
- traiter de la forme des figures d'interférence et de diffraction dans le cas d'angles importants ;
- lier les deux phénomènes sans de lourds développements mathématiques ;
- expliquer le phénomène d'interférences de sources incohérentes.

## Schéma de la lunette astronomique



Le rayon incident supérieur (en noir) devient le rayon émergent inférieur. L'image est inversée.

## Grossissement $G$ d'une lunette astronomique



Les angles  $\alpha$  et  $\alpha'$  n'étant pas orientés dans le cadre du chapitre,  $G$  est nécessairement positif.

On retiendra néanmoins que l'image à travers la lunette afocale est inversée

## Éléments essentiels de la modélisation et limites

### Ce modèle permet de :

- expliquer le principe de la lunette astronomique ;
- déterminer et de calculer le grossissement d'une lunette astronomique.

### Mais il ne permet pas de :

- expliquer pourquoi il est impossible de séparer des objets éloignés de nous mais très proches l'un de l'autre ;
- s'affranchir de certaines déformations de l'image ;
- expliquer des phénomènes liés à la dispersion des couleurs sur les bords de l'image.



## Relations mathématiques

$$\begin{cases} i = \frac{dQ}{dt} \\ Q = C \cdot u_c \end{cases}$$

$Q$  : charge accumulée sur les armatures (C)  
 $i$  : intensité de courant traversant le condensateur (A)  
 $t$  : temps (s)  
 $C$  : capacité (F)  
 $u_c$  : tension aux bornes du condensateur (V)

$$\Rightarrow i = C \cdot \frac{du_c}{dt}$$

Loi des mailles :

$$u_c + u_R = E$$

Loi d'Ohm :

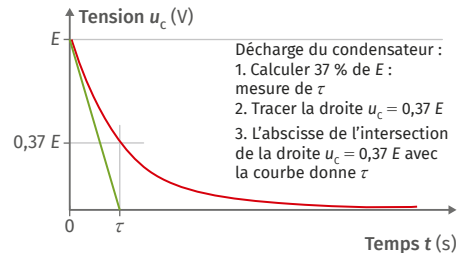
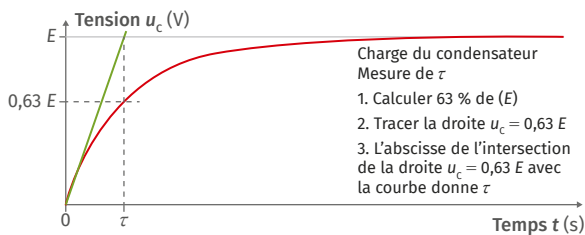
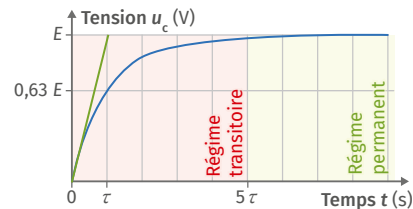
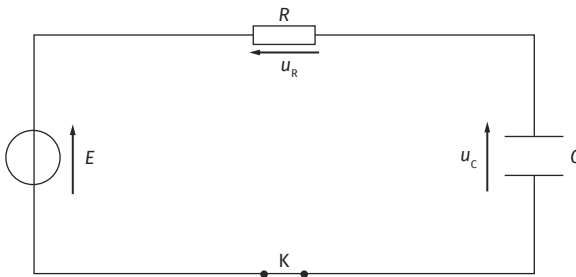
$$u_R = R \cdot i$$

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

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

Pour la décharge,  $E = 0$  V.

## Détermination du temps caractéristique $\tau$



## Éléments essentiels de la modélisation et limites

### Ce modèle permet de :

- comprendre le principe de certains capteurs capacitifs ;
- illustrer les phénomènes de charge et de décharge d'un condensateur ;
- illustrer les paramètres modifiant la capacité d'un condensateur plan.

### Mais il ne permet pas de :

- aborder les autres géométries possibles pour un condensateur (cylindrique notamment) ;
- déterminer les réponses en tension aux bornes d'un condensateur pour un régime variable ;
- aborder les circuits dits inductifs.