

LE BAC PHYSIQUE-CHIMIE

OBJECTIF
20/20!

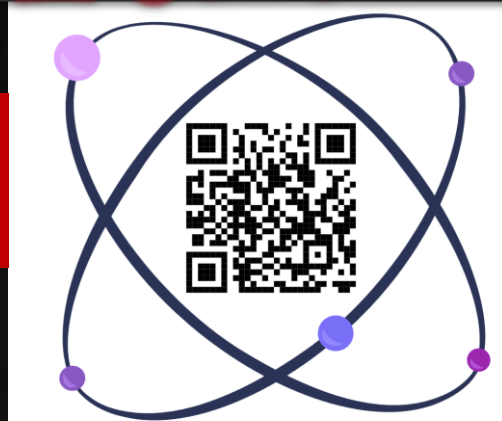
Toutes les
formules
à connaître
+ Questions
type Bac
corrigées





TOUTE LA CHIMIE POUR LE BAC 2025

Flash le QR-code pour aller directement à
toute la vidéo YouTube :





THÈME : DÉTERMINER LA COMPOSITION D'UN SYSTÈME PAR DES MÉTHODES PHYSIQUES ET CHIMIQUES



Modéliser des transformations acide-base par des transferts d'ion hydrogène H^+

TERMINALE

Savoir :

Acide de Brönsted = molécule ou ion capable de libérer un ou plusieurs ions H^+ .

Equation de libération d'un proton
 $\text{AH} \longrightarrow \text{A}^- + \text{H}^+$

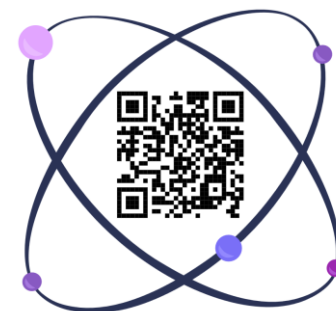
Base de Brönsted = molécule ou ion capable de capter un ou plusieurs ions H^+ .

Equation d'une capture d'un proton
 $\text{A}^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{AH}$

couple acide/base = AH / A^-

Réaction acide-base = $\text{A}_1\text{H} + \text{A}_2^- \rightleftharpoons \text{A}_1^- + \text{A}_2\text{H}$

Exemple du BAC



Modéliser des transformations acide-base par des transferts d'ion hydrogène H^+

TERMINALE

Savoir :

Espèce amphotère = Espèce chimique pouvant se comporter à la fois comme un acide et comme une base

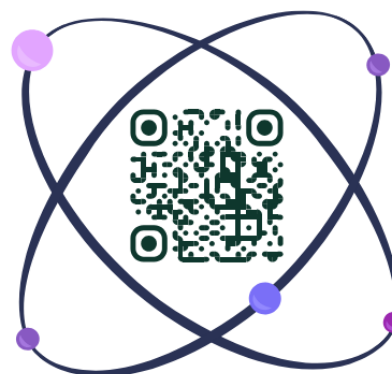
Exemple du BAC



Savoir faire des schémas de Lewis

- d'un acide carboxylique
- d'un ion carboxylate
- d'une amine
- d'un ion ammonium

Toutes les explications en détail dans la vidéo en flashant le QR-CODE:



Savoir :

Formule du pH : $\text{pH} = -\log ([\text{H}_3\text{O}^+] / c^\circ)$ avec $c^\circ = 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, concentration standard

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

Absorbance ; loi de Beer-Lambert =

Les solutions absorbent certaines radiations lumineuses (longueur d'onde) de façon plus ou moins importante.

Domaine de validité est $C \leq 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

$$A = \epsilon \cdot l \cdot C$$

$$A = k \cdot C$$

Où :

A est l'absorbance (sans unité).

ϵ est le coefficient d'extinction molaire ou absorptivité molaire, exprimé en $\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$.

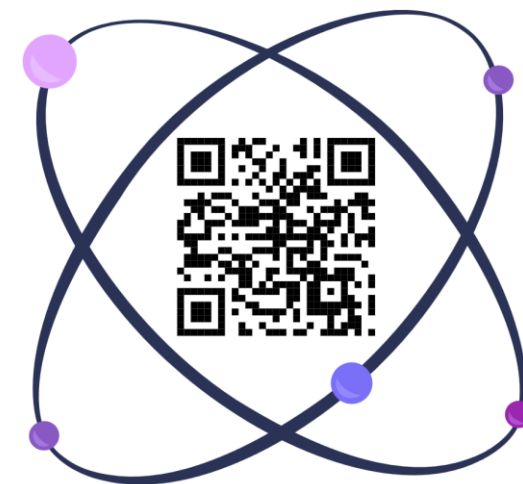
l est la longueur du trajet optique à travers la solution (en cm).

C est la concentration de la solution (en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$).

$k = \epsilon \cdot l$ et s'exprime en $\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Exemple du BAC

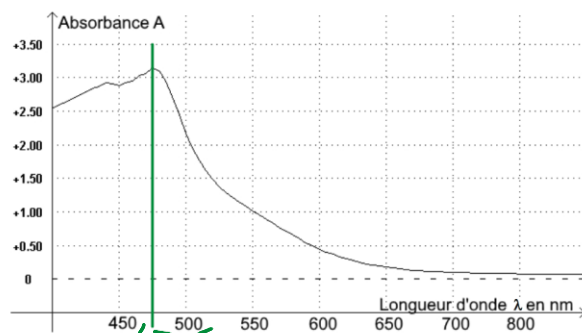
Toutes les explications en détail dans la vidéo en flashant le QR-Code:



Exemple du BAC

Absorbance ; loi de Beer-Lambert

Le spectre d'absorption de la solution diluée S_1 de diiode est le suivant :



1) Déterminer la longueur d'onde pertinente pour laquelle les mesures d'absorbance seront réalisées en exploitant la figure 1. Justifier le choix.

La longueur d'onde pertinente pour laquelle les mesures d'absorbance seront réalisées est celle pour laquelle l'absorbance est maximale :

$$\lambda_{\max} = 475 \text{ nm}$$

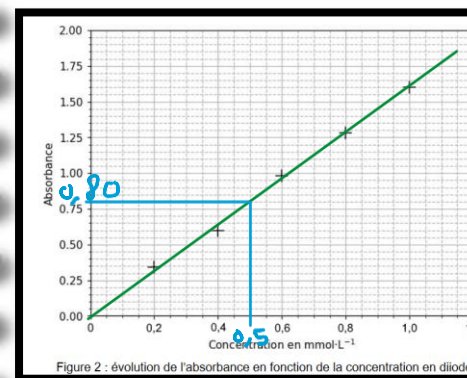
On mesure la valeur de l'absorbance de la solution titrante de diiode S_1 à la longueur d'onde 475 nm : $A_1 = 0,80$

3) Déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière de diiode de la solution S_1 .

Graphiquement, pour $A_1 = 0,80$,
 $C_1 = 0,50 \text{ mmol.L}^{-1}$.

Exemple du BAC

À partir de S_1 , on prépare cinq solutions étalons de diiode. On mesure l'absorbance de ces cinq solutions et on trace l'évolution de l'absorbance en fonction de la concentration en diiode

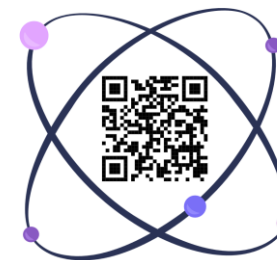


2) Montrer que les mesures obtenues pour les solutions étalons de diiode peuvent être modélisées par la loi de Beer-Lambert.

L'évolution de l'absorbance en fonction de la concentration en diiode peut être modélisée par une droite passant par l'origine.

Ainsi l'absorbance A est proportionnelle à C : $A = k.C$

Les solutions étalons de diiode peuvent donc être modélisées par la loi de Beer-Lambert.



Savoir :

Conductance, conductivité ; loi de Kohlrausch = La présence **d'ions** qui permet le passage du courant électrique. Plus la concentration de ces ions est élevée, plus grande est la conductivité de la solution. Domaine de validité est $[X_i] \leq 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

$$\sigma = \sum \lambda_i \cdot [X_i]$$

Où :
 σ est la conductivité molaire de la solution (en $\text{S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$).
 λ_i est la conductivité ionique molaire de l'ion i à dilution infinie (en $\text{S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$).
 $[X_i]$ est la concentration molaire de l'ion i (en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$).

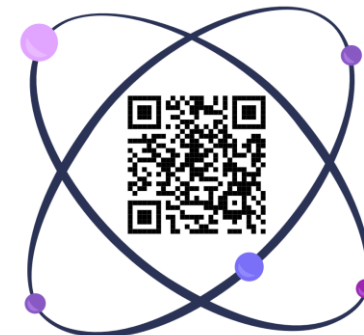


Savoir :

Loi des gaz parfaits = Elle sert à déterminer la quantité de matière d'un gaz ayant un comportement de gaz parfait et se trouvant dans un système fermé (= pas d'échange avec le milieu extérieur).

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Où :
 P est la pression du gaz (en pascals, Pa).
 V est le volume du gaz (en mètres cubes, m^3).
 n est la quantité de matière du gaz (en moles, mol).
 R est la constante des gaz parfaits.
 T est la température absolue (en kelvins, K).



Exemple du BAC

Conductance, conductivité ; loi de Kohlrausch

1) À partir de la loi de Kohlrausch, exprimer la conductivité σ de la solution en fonction des concentrations en quantité de matière en ions oxonium H_3O^+ et en ions chlorure Cl^- respectivement notées $[H_3O^+]$ et $[Cl^-]$ et des conductivités molaires ioniques de chaque ion notées $\lambda_{H_3O^+}$ et λ_{Cl^-} .

D'après la loi de Kohlrausch, la conductivité de la solution s'exprime par : $\sigma = [H_3O^+] \times \lambda_{H_3O^+} + [Cl^-] \times \lambda_{Cl^-}$

2) En déduire une expression de σ en fonction de la concentration en quantité de matière en ions oxonium $[H_3O^+]$ et des conductivités molaires ioniques $\lambda_{H_3O^+}$ et λ_{Cl^-} .

à l'état finale de la réaction, on a : $nH_3O^+ = nCl^-$

Donc $\frac{nH_3O^+}{V} = \frac{nCl^-}{V}$, et $[H_3O^+] = [Cl^-]$

$$\sigma = [H_3O^+] \times \lambda_{H_3O^+} + [Cl^-] \times \lambda_{Cl^-}$$

$$\sigma = [H_3O^+] \times \lambda_{H_3O^+} + [H_3O^+] \times \lambda_{Cl^-}$$

$$\sigma = [H_3O^+] \times (\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{Cl^-})$$

Exemple du BAC

Lois des gaz parfaits

La montgolfière étudiée est constituée d'une enveloppe de volume V invariable égal à $2,5 \times 10^3 \text{ m}^3$ et d'une nacelle de volume négligeable par rapport à celui de l'enveloppe.

1) En exploitant l'équation d'état des gaz parfaits, exprimer littéralement la masse m_{int} de l'air contenu à l'intérieur de l'enveloppe en fonction de la pression p_{int} de l'air à l'intérieur, du volume V de l'enveloppe, de la masse molaire M_{air} de l'air, de la constante R des gaz parfaits et de la température T_{int} de l'air situé à l'intérieur de l'enveloppe.

D'après la loi des gaz parfaits : $p_{\text{int}} \cdot V = n_{\text{air}} \cdot R \cdot T_{\text{int}}$

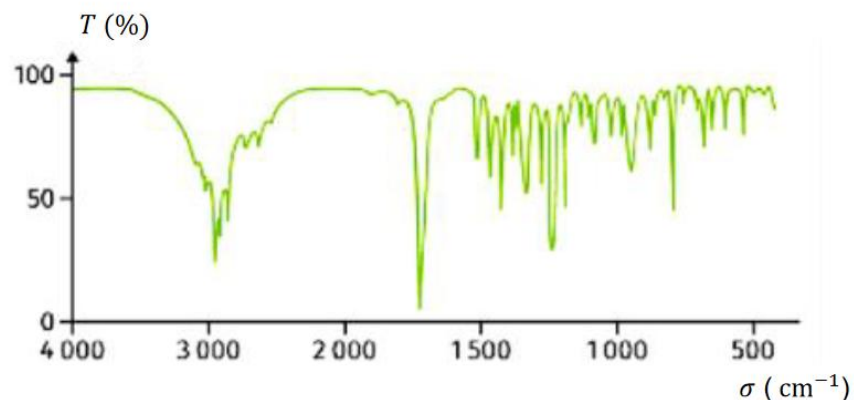
$$p_{\text{int}} \cdot V = \frac{m_{\text{int}}}{M_{\text{air}}} \cdot R \cdot T_{\text{int}}$$

$$m_{\text{int}} = \frac{p_{\text{int}} \cdot V \cdot M_{\text{air}}}{R \cdot T_{\text{int}}}$$

Savoir :

Spectroscopie infrarouge et UV-visible. Identification de groupes caractéristiques et d'espèces chimiques. = Exploiter, à partir de données tabulées, un spectre d'absorption infrarouge ou UV-visible pour identifier un groupe caractéristique ou une espèce chimique.

Document 2 – Spectre d'absorption IR de l'échantillon



Exemple du BAC

Pour vérifier la nature du principe actif contenu dans le comprimé, différents contrôles sont effectués parmi lesquels une analyse par spectroscopie infrarouge (IR). Le spectre obtenu est représenté dans le document 2.

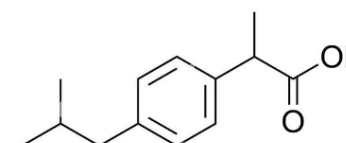
Le document 3 rappelle les caractéristiques d'absorption dans le domaine de l'infrarouge d'un ensemble de liaisons chimiques.

Document 3 – Table des bandes d'absorption IR

Liaison	$\sigma \text{ (cm}^{-1}\text{)}$	Intensité
O – H alcool libre	3500 – 3700	Forte, fine
O – H alcool lié	3200 – 3400	Forte, large
O – H acide carboxylique	2500 – 3200	Forte à moyenne, large
C = O ester	1700 – 1740	Forte
C = O amide	1650 – 1740	Forte
C = O aldéhyde et cétone	1650 – 1730	Forte
C = O acide carboxylique	1680 – 1710	Forte

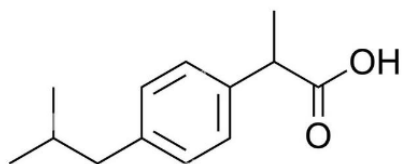
Justifier que le spectre de l'échantillon peut correspondre à celui de l'ibuprofène

Document 1 – Représentation de la molécule d'ibuprofène



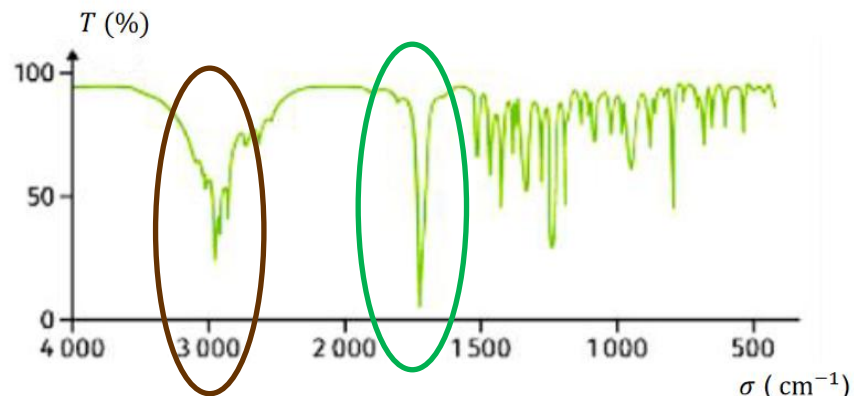
Exemple du BAC

Document 1 – Représentation de la molécule d'ibuprofène



Justifier que le spectre de l'échantillon peut correspondre à celui de l'ibuprofène

Document 2 – Spectre d'absorption IR de l'échantillon



Pour vérifier la nature du principe actif contenu dans le comprimé, différents contrôles sont effectués parmi lesquels une analyse par spectroscopie infrarouge (IR). Le spectre obtenu est représenté dans le document 2.

Le document 3 rappelle les caractéristiques d'absorption dans le domaine de l'infrarouge d'un ensemble de liaisons chimiques.

Document 3 – Table des bandes d'absorption IR

Liaison	σ (cm^{-1})	Intensité
O – H alcool libre	3500 – 3700	Forte, fine
O – H alcool lié	3200 – 3400	Forte, large
O – H acide carboxylique	2500 – 3200	Forte à moyenne, large
C = O ester	1700 – 1740	Forte
C = O amide	1650 – 1740	Forte
C = O aldéhyde et cétone	1650 – 1730	Forte
C = O acide carboxylique	1680 – 1710	Forte

Bande d'absorption :

- Vers 1700 cm^{-1} caractéristique d'une liaison C=O.
- une bande d'absorption autour de 3000 cm^{-1} caractéristique d'une liaison O-H.

L'échantillon possède, comme la molécule d'ibuprofène, une liaison C=O et une liaison O-H.

Ainsi l'échantillon peut correspondre à celui de l'ibuprofène.

Savoir :

Titre massique :

$$t = \frac{\text{masse molécule étudié(soluté)}}{\text{masse solution}} \times 100$$

OU

$$w = \frac{\text{masse molécule étudié(soluté)}}{\text{masse solution}}$$

t et w en pourcentage

Masse volumique :

$$\rho = \frac{\text{masse solution}}{V \text{ solution}}$$

Où :

ρ en g.L^{-1} ou kg.L^{-1} ou mg.mL^{-1}
 masse solution en g ou kg ou mg
 V solution L ou mL

Densité :

$$d = \frac{\rho_{\text{solution}}}{\rho_{\text{eau}}}$$

Exemple du BAC

Document 1 – Informations sur la bouteille d'acide chlorhydrique utilisée

Masse molaire du chlorure d'hydrogène :

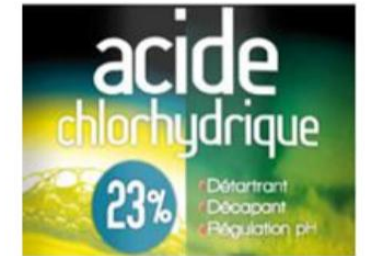
$$M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Titre massique en acide chlorhydrique de la solution :

$$w = \frac{\text{masse HCl}}{\text{masse solution}} = 23 \%$$

Masse volumique de la solution commerciale :

$$\rho = 1120,0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$



1) Montrer que, d'après l'étiquette, la concentration en quantité de matière Ca en ions oxonium dans la solution commerciale devrait être d'environ $7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Etape 1 : Expression de Ca avec la masse

$$C_A = \frac{n}{V}$$

$$n = \frac{m_{\text{HCl}}}{M_{\text{HCl}}}$$

$$C_A = \frac{m_{\text{HCl}}}{M_{\text{HCl}} \cdot V}$$

Etape 2 : Expression de mHCl avec w, ρ et V

$$\rho = \frac{\text{masse solution}}{V}$$

$$\text{masse solution} = \rho \cdot V$$

$$w = \frac{m_{\text{HCl}}}{\text{masse solution}}$$

$$m_{\text{HCl}} = w \cdot \text{masse solution} = w \cdot \rho \cdot V$$

Exemple du BAC

Etape 3 : Expression de C_A avec w , ρ et M_{HCl}

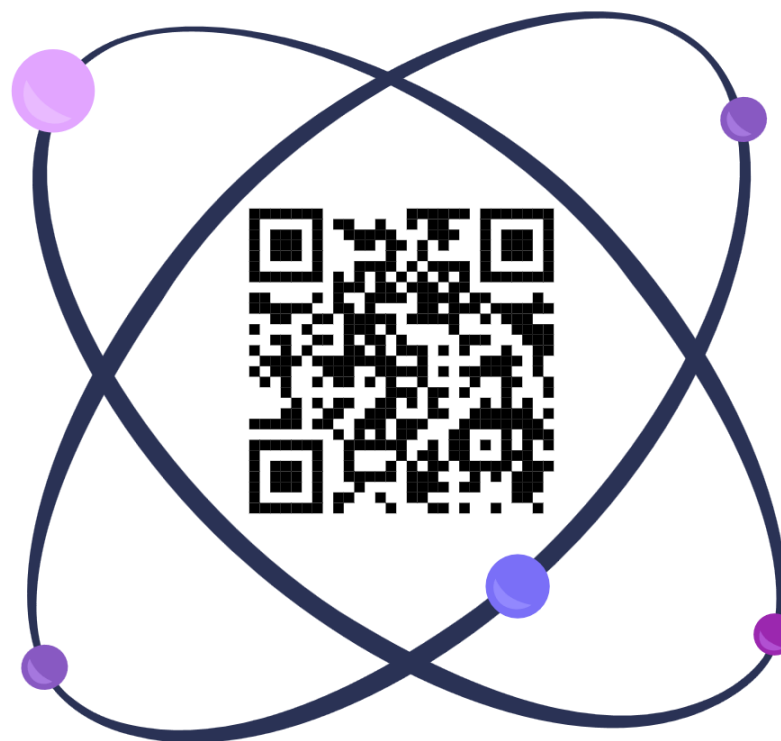
$$C_A = \frac{m_{HCl}}{M_{HCl} \cdot V}$$

$$C_A = \frac{w \cdot \rho \cdot V}{M_{HCl} \cdot V}$$

$$C_A = \frac{w \cdot \rho}{M_{HCl}}$$

$$C_A = \frac{0,23 \cdot 1120,0}{36,5}$$

$$C_A = 7,1 \text{ mol.L}^{-1}$$



Savoir :

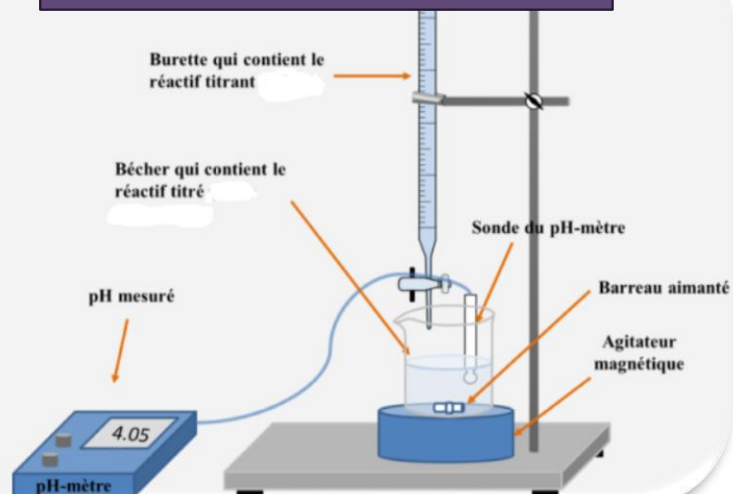
Titration avec suivi pH-métrique :

- **BUT** : On cherche à déterminer la quantité de matière ou la concentration molaire d'une espèce titrée.
- La réaction doit être **rapide, unique et totale**.
- **Définition de l'équivalence** : l'espèce titrée et l'espèce titrante sont introduites en proportions stœchiométriques.

- Relation à l'équivalence :

$$\frac{n(\text{titré})}{\text{coefficient stœchiométrique}} = \frac{n(\text{titrant})}{\text{coefficient stœchiométrique}}$$

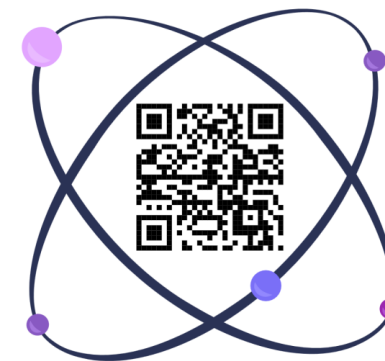
Montage expérimental



Exemple du BAC

Voir vidéo :

ANALYSER UN SYSTÈME PAR DES MÉTHODES CHIMIQUES : Titrage pH-métrique



Savoir :

Titration avec suivi conductimétrique :

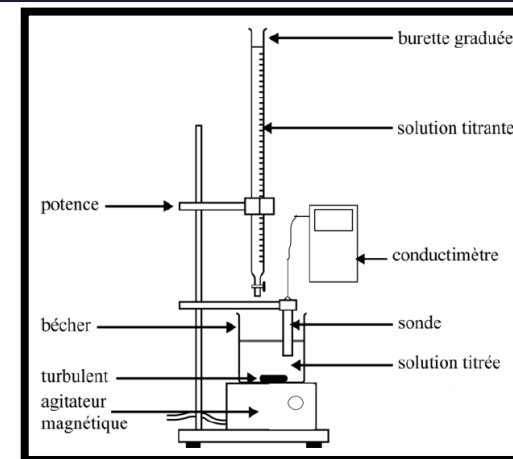
- **BUT** : On cherche à déterminer la quantité de matière ou la concentration molaire d'une espèce titrée.
- La réaction doit être **rapide, unique et totale**.
- **Définition de l'équivalence** : l'espèce titrée et l'espèce titrante sont introduites en proportions stœchiométriques.

- Relation à l'équivalence :

$$\frac{n(\text{titré})}{\text{coefficient stœchiométrique}} = \frac{n(\text{titrant})}{\text{coefficient stœchiométrique}}$$

- Justifier qualitativement l'évolution de la pente de la courbe à l'aide de données sur les conductivités ioniques molaires.

Montage expérimental

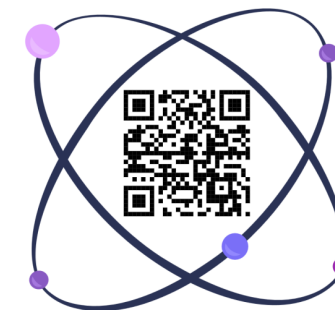


Exemple du BAC

Voir vidéo :
ANALYSER UN SYSTÈME PAR DES MÉTHODES CHIMIQUES
titrage conductimétrique



TERMINALE :
ANALYSER UN SYSTÈME PAR
MÉTHODE CHIMIQUE
PARTIE 3/4





THÈME : MODÉLISER L'ÉVOLUTION TEMPORELLE D'UN SYSTÈME, SIÈGE D'UNE TRANSFORMATION

Suivre et modéliser l'évolution temporelle d'un système siège d'une transformation chimique.

TERMINALE

Savoir :

Transformation lente et rapide = toute réaction chimique d'une durée inférieure à 100 ms est qualifiée de rapide sinon elle est lente.

Facteurs cinétiques = Les facteurs cinétiques permettent de modifier la vitesse de réaction chimique (accélérer ou ralentir).

- **Température** : Augmenter la température d'une solution consiste à augmenter la probabilité d'interaction des réactifs donc la vitesse de réaction.
- **Concentration** : Augmenter la concentration des réactifs d'une solution consiste à augmenter la vitesse de réaction.
- **Catalyseurs** : Les catalyseurs permettent d'accélérer la vitesse de réaction chimique

Savoir :

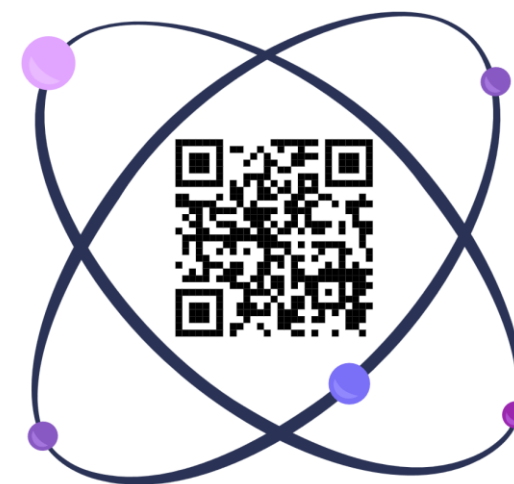
Equation différentielle =

$$\frac{d[H_2O_2]}{dt} + k \cdot [H_2O_2] = 0$$

k est la constante de vitesse en s^{-1}

Solution de l'équation différentielle =

$$[H_2O_2]_{(t)} = [H_2O_2]_{(0)} \cdot e^{-k \cdot t}$$



Suivre et modéliser l'évolution temporelle d'un système siège d'une transformation chimique.

TERMINALE

Savoir :

Vitesse volumique de disparition d'un

réactif : $v_{\text{dis}} = - \frac{d[X](t)}{dt}$

Vitesse volumique d'apparition d'un réactif :

$$v_{\text{dis}} = \frac{d[X]}{dt}$$

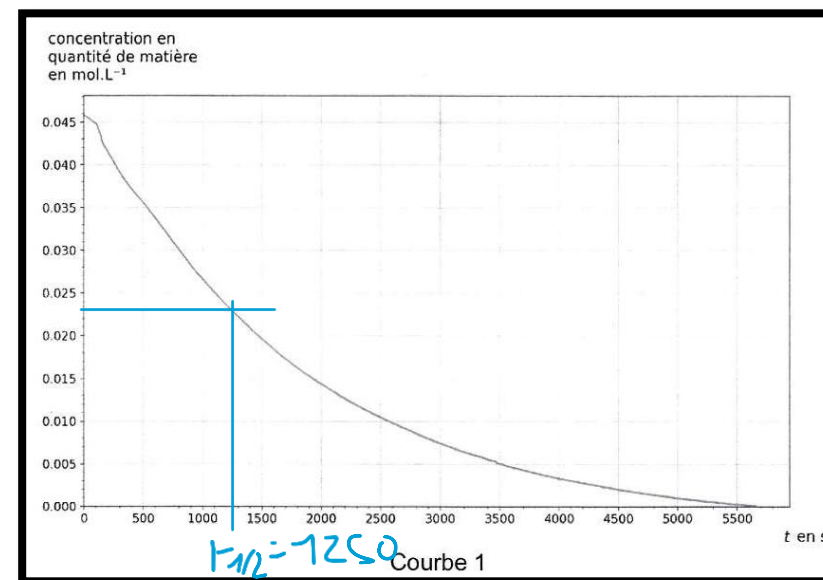
Temps de demi-réaction :

Durée nécessaire pour que l'avancement de la transformation chimique atteigne la moitié de la valeur finale observée à la fin de la réaction.

Exemple du BAC

1) Donner l'expression de la vitesse volumique de disparition v_{RCl} du chlorure de tertiobutyle.

$$v_{\text{RCl}} = - \frac{d[\text{RCl}](t)}{dt}$$



Suivre et modéliser l'évolution temporelle d'un système siège d'une transformation chimique.

TERMINALE

Savoir :

Loi de vitesse d'ordre 1 :

La vitesse de réaction est en fonction de la concentration des réactifs ou des produits.
Formule : $v(\text{réactif}) = k \times [\text{réactif}]$ où k est appelé constante de vitesse en s^{-1}

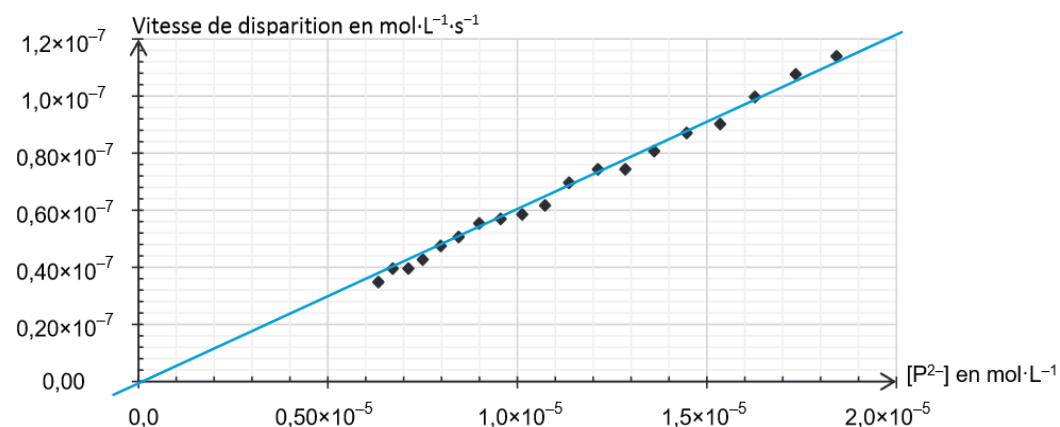
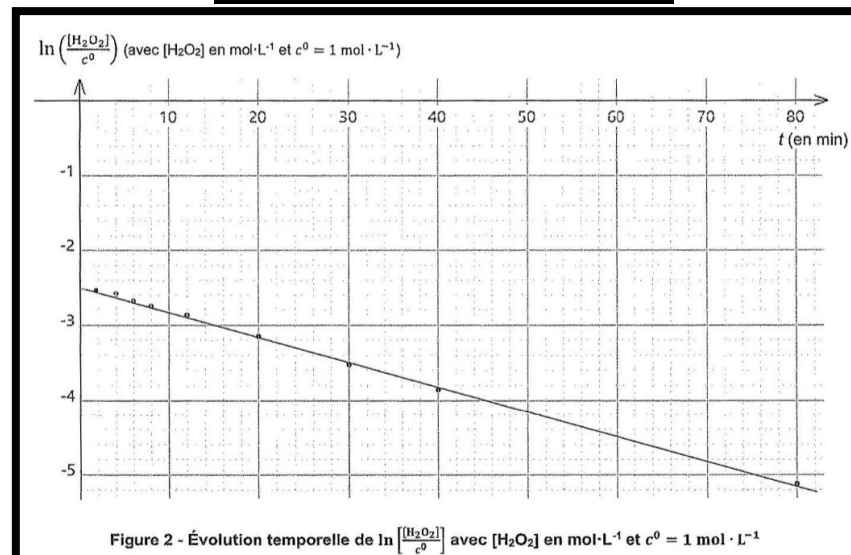
2) Montrer que l'évolution de la concentration suit une loi de vitesse d'ordre 1 ?

2 possibilités pour avoir une loi de vitesse d'ordre 1 :

- La courbe $v_{\text{RCI}} = f([\text{RCI}])$ est une droite passant par l'origine.

- La courbe $\text{Ln}([\text{H}_2\text{O}_2]) = f(t)$ est une droite.

Exemple du BAC



Suivre et modéliser l'évolution temporelle d'un système siège d'une transformation chimique.

TERMINALE

Savoir :

Mécanisme réactionnel :

À partir d'un mécanisme réactionnel fourni, identifier un intermédiaire réactionnel, un catalyseur et établir l'équation de la réaction qu'il modélise au niveau microscopique. Représenter les flèches courbes d'un acte élémentaire, en justifiant leur sens.

Modification du mécanisme par ajout d'un catalyseur

Interprétation microscopique de l'influence des facteurs cinétiques :

Interpréter l'influence des concentrations et de la température sur la vitesse d'un acte élémentaire, en termes de fréquence et d'efficacité des chocs entre entités.

Méthode :

Pour chaque liaison rompue, identifier le site donneur et le site accepteur.

L'atome le plus électronégatif est le site accepteur.

Du côté des réactifs, représenter le déplacement du doublet du site donneur vers le site accepteur par une flèche courbe.

Repérer les sites donneurs :

- un atome très électronégatif porteur d'une charge partielle négative marquée δ^-
- un atome porteur d'une charge négative notée $-$.
- un atome porteur d'un doublet non liant (toujours dessiner ces doublets).
- une liaison multiple.
- un doublet liant entre un atome avec un $+$ et un atome non chargé.

Repérer les sites accepteurs :

- un atome voisin d'atomes électronégatifs (porteur d'une charge partielle positive marquée δ^+).
- un atome porteur d'une charge positive notée $+$.

Suivre et modéliser l'évolution temporelle d'un système siège d'une transformation chimique.

TERMINALE

Méthode :

Pour chaque liaison rompue, identifier le site donneur et le site accepteur.

L'atome le plus électronégatif est le site accepteur.

Du côté des réactifs, représenter le déplacement du doublet du site donneur vers le site accepteur par une flèche courbe.

Repérer les sites donneurs :

- un atome très électronégatif porteur d'une charge partielle négative marquée δ^-
- un atome porteur d'une charge négative notée -.
- un atome porteur d'un doublet non liant (toujours dessiner ces doublets)
- une liaison multiple.
- Un doublet liant entre un atome avec un + et un atome non chargé.

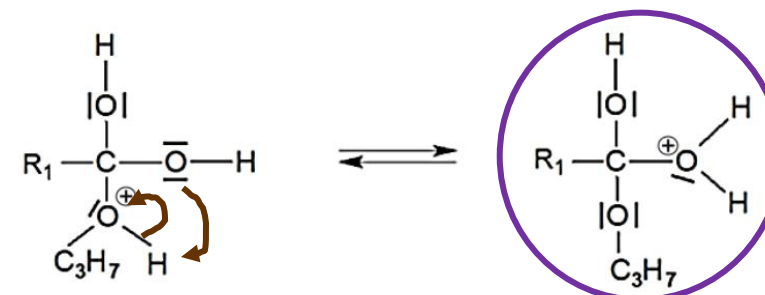
Repérer les sites accepteurs :

- un atome voisin d'atomes électronégatifs (porteur d'une charge partielle positive marquée δ^+).
- un atome porteur d'une charge positive notée +

Exemple du BAC

1) Représenter les flèches courbes de l'acte élémentaire correspondant à l'étape 3 du mécanisme, en justifiant leur sens.

Étape 3



étape 1 : On observe le produit obtenu et on regarde ce qui a changé.

étape 2 : On repère les sites **donneurs** et **accepteurs**.

étape 3 : On fait les flèches dans le sens donneur-accepteur

Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation nucléaire

TERMINALE

Savoir :

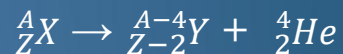
Stabilité et instabilité des noyaux :

- diagramme (N,Z).
- radioactivité α et β .
- Équation d'une réaction nucléaire.
- lois de conservation.

radioactivité α :

Radioactivité α :

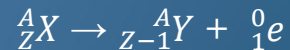
- Un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$ ou particule α est émis lors de la réaction nucléaire :



radioactivité β :

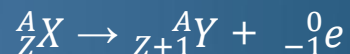
Radioactivité β^+ :

- Un positon e^+ est émis lors de la réaction nucléaire :



Radioactivité β^- :

- Un électron e^- est émis lors de la réaction nucléaire :



Exemple



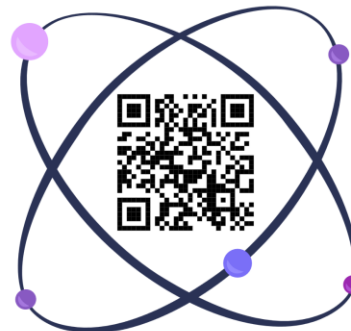
Conservation du nombre de masse A
 $226 = 222 + 4$

Conservation du nombre de charge Z
 $88 = 86 + 2$



Conservation du nombre de masse A
 $60 = 60 + 0$

Conservation du nombre de charge Z
 $28 = 27 + 1$



Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation nucléaire

TERMINALE

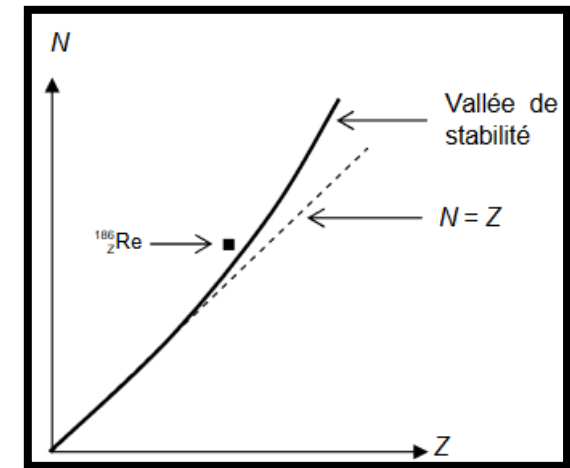
Savoir :

Stabilité et instabilité des noyaux :

- diagramme (N,Z).
- radioactivité α et β .
- Équation d'une réaction nucléaire.
- lois de conservation.

Exemple

1) Dédurre de ce diagramme si cet isotope radioactif possède un excès de neutron(s) ou un excès de proton(s) par rapport à un isotope stable du même élément.



Le point représentant le noyau de rhénium se trouve au-dessus de celui correspondant à son isotope stable. Ce noyau présente un excès de neutrons.

Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation nucléaire

TERMINALE

Savoir :

Radioactivité γ :

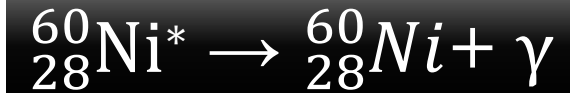
Un rayonnement électromagnétique γ est émis lors de la réaction nucléaire (désexcitation énergétique du noyau) :



Évolution temporelle d'une population de noyaux radioactifs :

- Loi de décroissance radioactive.
- **Constante radioactive.**
- Temps de demi-vie.
- Activité.

Exemple



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

Avec N_0 nombre de noyaux radioactifs de l'échantillon à l'instant $t = 0$.

Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation nucléaire

TERMINALE

Savoir :

Radioactivité γ :

Un rayonnement électromagnétique γ est émis lors de la réaction nucléaire (désexcitation énergétique du noyau) :



Évolution temporelle d'une population de noyaux radioactifs :

- Loi de décroissance radioactive.
- **Constante radioactive.**
- Temps de demi-vie.
- Activité.

Exemple

1) Etablir la relation du $t_{1/2}$.

$$N_{(t_{1/2})} = N_0 \times e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}$$

$$N_{(t_{1/2})} = \frac{N_0}{2}$$

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

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

$$\ln e^a = a$$

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

$$\ln \frac{1}{a} = -\ln(a)$$

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

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

Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation nucléaire

TERMINALE

Savoir :

Radioactivité γ :

Un rayonnement électromagnétique γ est émis lors de la réaction nucléaire (désexcitation énergétique du noyau) :



Évolution temporelle d'une population de noyaux radioactifs :

- Loi de décroissance radioactive.
- **Constante radioactive.**
- Temps de demi-vie.
- Activité.

Exemple

2) Etablir la loi de décroissance de l'activité.

C'est le nombre de désintégrations de noyaux radioactifs par unité de temps en becquerel (Bq).

$$A_{(t)} = - \frac{dN_{(t)}}{dt}$$

$$A_{(t)} = \lambda \cdot N(t)$$

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

$$\text{or } A_0 = \lambda \cdot N_0$$

$$A_{(t)} = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation nucléaire

TERMINALE

Savoir :

Expliquer le principe de la datation à l'aide de noyaux radioactifs et dater un événement :

La décroissance radioactive est une propriété physique utilisée pour dater certains échantillons.

La méthode de datation au carbone 14 repose sur l'hypothèse que le rapport entre le carbone 14 et le carbone 12 reste constant dans l'atmosphère et chez tous les organismes vivants.

Cependant, lorsque l'organisme meurt, il cesse de renouveler son stock de carbone 14, dont la quantité décroît au fil du temps.

En mesurant l'activité radioactive du carbone 14 présent dans un échantillon, il est ainsi possible de déterminer approximativement l'époque du décès de l'organisme.

Savoir :

Citer quelques applications de la radioactivité dans le domaine médical :

La radioactivité peut avoir des effets nocifs, notamment par des irradiations directes ou indirectes, mais elle offre également des applications bénéfiques, telles que la radiothérapie, la stérilisation d'instruments médicaux et les techniques d'imagerie médicale.

Citer des méthodes de protection contre les rayonnements ionisants et des facteurs d'influence de ces protections :

- Augmenter la distance entre la source radioactive et l'utilisateur ;
- Limiter le temps d'exposition ;
- Employer des écrans de protection adaptés, fabriqués à partir de matériaux absorbants et d'épaisseurs variables selon le niveau de radiation.

THÈME :
PRÉVOIR L'ÉTAT FINAL D'UN
SYSTÈME, SIÈGE D'UNE
TRANSFORMATION CHIMIQUE

Savoir :

État final d'un système siège d'une transformation non totale :

état d'équilibre chimique.

Relier le caractère **non total** d'une transformation à la présence, à l'état final du système, de **tous les réactifs** et de **tous les produits**.

Remarque : Afin de mettre en évidence le caractère non total d'une transformation, il est possible de procéder à un nouvel ajout de n'importe lequel des réactifs dans le système à l'état final.

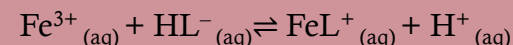
Le réactif nouvellement ajouté réagit avec les réactifs non consommés : les quantités de produits augmentent.

Modèle de l'équilibre dynamique :

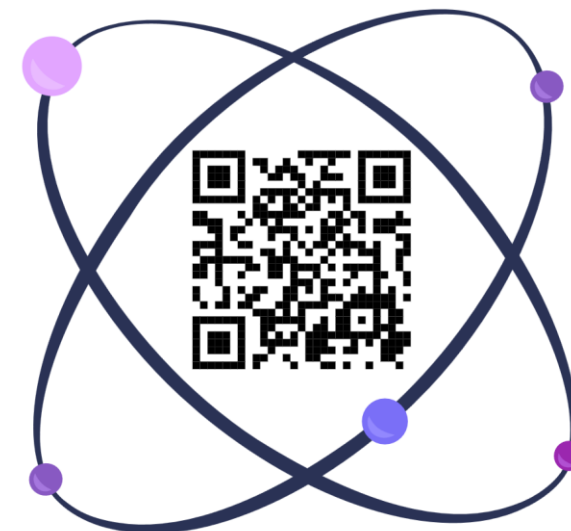
Pour une transformation non totale, l'état final correspond à un état d'équilibre chimique dynamique.

Exemple du BAC

1) Compléter littéralement le tableau d'avancement de la réaction. On note x_{eq} l'avancement à l'état d'équilibre, exprimer en mol.



État	$\text{Fe}^{3+}_{(aq)} + \text{HL}^{-}_{(aq)} \rightleftharpoons \text{FeL}^{+}_{(aq)} + \text{H}^{+}_{(aq)}$			
État initial	$C_{(fer)} \times V_{(fer)}$	$C_1 \times V$	0	$n(\text{H}^{+})$, constante
État d'équilibre	$C_{(fer)} \times V_{(fer)} - x_{eq}$	$C_1 \times V - x_{eq}$	x_{eq}	$n(\text{H}^{+})$, constante



Savoir :

Quotient de réaction Q_r :

Le quotient de réaction Q_r est une valeur qui permet de comparer l'état actuel d'une réaction chimique à son état d'équilibre. $Q_{r,eq} = K = K(T)$

On remplace dans la relation de K

$$K = \frac{[\text{FeL}^+]_{eq} \times [\text{H}^+]_{eq}}{[\text{Fe}^{3+}]_{eq} \times [\text{HL}^-]_{eq}}$$

$$K = \frac{\frac{x_{eq}}{(V+V_{fer})} \times [\text{H}^+]_{eq}}{\frac{C_{(fer)} \times V_{(fer)} - x_{eq}}{(V+V_{fer})} \times \frac{C_1 \times V - x_{eq}}{(V+V_{fer})}}$$

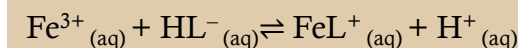
$$K = \frac{x_{eq} \times [\text{H}^+]_{eq}}{(V+V_{fer})} \times \frac{(V+V_{fer}) \times (V+V_{fer})}{(C_{(fer)} \times V_{(fer)} - x_{eq}) \times (C_1 \times V - x_{eq})}$$

$$K = \frac{x_{eq} \times [\text{H}^+]_{eq} \times (V+V_{fer})}{(C_{(fer)} \times V_{(fer)} - x_{eq}) \times (C_1 \times V - x_{eq})}$$

Exemple du BAC

2) Montrer qu'à l'équilibre du système chimique, la constante d'équilibre K de cette réaction peut se mettre sous la forme :

$$K = \frac{x_{eq} \times [\text{H}^+] \times (V+V_{fer})}{(C_{fer} \times V_{fer} - x_{eq}) \times (C_1 \times V - x_{eq})}$$



État	$\text{Fe}^{3+}_{(aq)}$	$+$	$\text{HL}^-_{(aq)}$	$\rightleftharpoons$	$\text{FeL}^+_{(aq)}$	$+$	$\text{H}^+_{(aq)}$
État initial	$C_{(fer)} \times V_{(fer)}$		$C_1 \times V$		0		$n(\text{H}^+)$, constante
État d'équilibre	$C_{(fer)} \times V_{(fer)} - x_{eq}$		$C_1 \times V - x_{eq}$		x_{eq}		$n(\text{H}^+)$, constante

$$K = \frac{[\text{FeL}^+]_{eq} \times [\text{H}^+]_{eq}}{[\text{Fe}^{3+}]_{eq} \times [\text{HL}^-]_{eq}}$$

$$[\text{Fe}^{3+}]_{eq} = \frac{C_{(fer)} \times V_{(fer)} - x_{eq}}{(V + V_{fer})}$$

$$[\text{HL}^-]_{eq} = \frac{C_1 \times V - x_{eq}}{(V + V_{fer})}$$

$$[\text{FeL}^+]_{eq} = \frac{x_{eq}}{(V + V_{fer})}$$

Savoir :

Critère d'évolution spontanée d'un système hors équilibre chimique :

Lorsqu'un système chimique est dans un état hors équilibre, la réaction chimique s'effectue spontanément dans le sens qui l'amène vers son état d'équilibre.

- Si $Q_r = K(T)$, l'équilibre dynamique est atteint, la réaction n'évolue plus.
- Si $Q_r < K(T)$, la réaction évolue dans le sens direct jusqu'à atteindre l'équilibre.
- Si $Q_r > K(T)$, la réaction évolue dans le sens indirect jusqu'à atteindre l'équilibre.

Remarque : Si $K(T) > 10^4$, on considère que la réaction est totale dans le sens direct. A l'inverse, si $K < 10^{-4}$, on considère que la réaction est totale mais dans le sens indirect.

Savoir :

Déterminer la valeur du quotient de réaction à l'état final d'un système, siège d'une transformation non totale, et montrer son indépendance vis-à-vis de la composition initiale du système à une température donnée.

Exemple du BAC

Mélange	1	2	3
$[H_3O^+]_f$ en $mmol \cdot L^{-1}$	0,381	0,267	0,115
$[C_3H_7COO^-]_f$ en $mmol \cdot L^{-1}$	0,381	0,267	0,115
$[C_3H_7COOH]_f$ en $mmol \cdot L^{-1}$	9,619	4,73	0,885
$Q_{r,f}$	$1,51 \times 10^{-5}$	$1,51 \times 10^{-5}$	$1,51 \times 10^{-5}$

On remarque que la valeur de $Q_{r,f}$ est identique pour tous les mélanges.

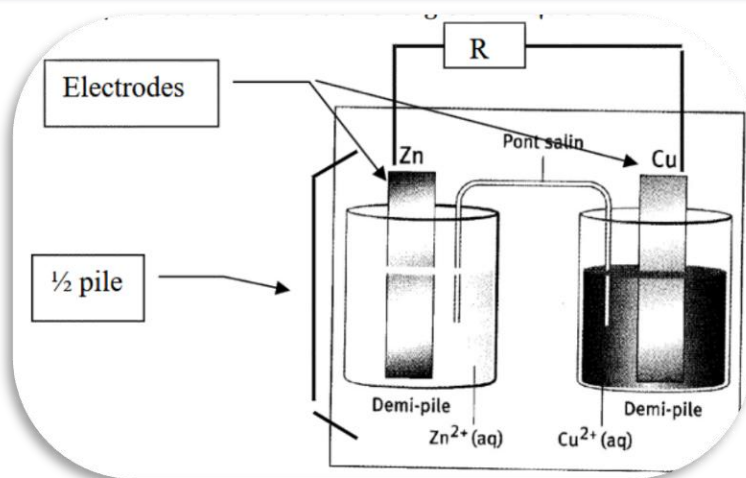
Savoir :

Transformation spontanée modélisée par une réaction d'oxydo-réduction:

Illustrer un transfert spontané d'électrons par contact entre réactifs et par l'intermédiaire d'un circuit extérieur

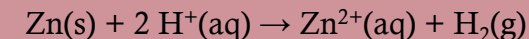
Pile, demi-piles, pont salin ou membrane, tension à vide.

Justifier la stratégie de séparation des réactifs dans deux demi-piles et l'utilisation d'un pont salin.



Exemple du BAC

1) Justifier que l'équation modélisant la transformation chimique ayant lieu lorsque la cellule débite s'écrit :



On remarque dans la réaction chimique une réaction d'oxydoréduction entre le zinc Zn(s) et les ions $\text{H}^+(\text{aq})$.

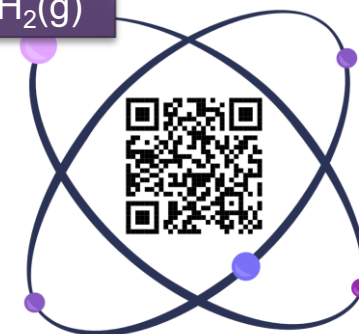
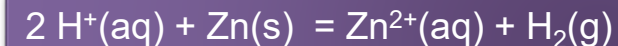
On écrit les couples :



On écrit les demi-équations électronique :



La réaction globale :



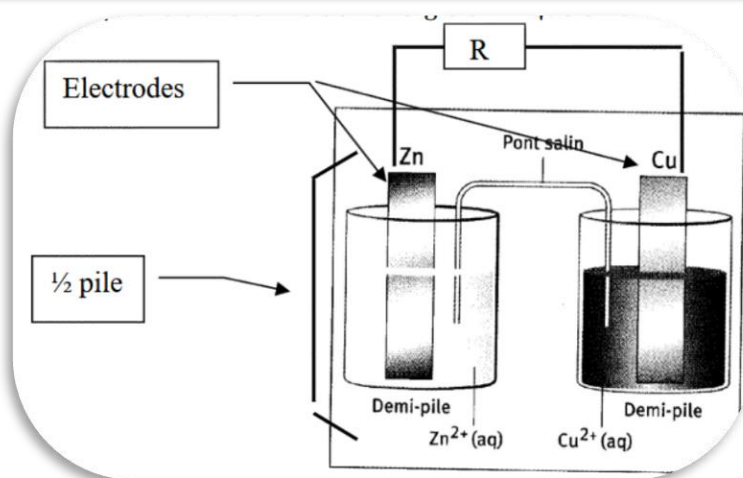
Savoir :

Transformation spontanée modélisée par une réaction d'oxydo-réduction:

Illustrer un transfert spontané d'électrons par contact entre réactifs et par l'intermédiaire d'un circuit extérieur

Pile, demi-piles, pont salin ou membrane, tension à vide.

Justifier la stratégie de séparation des réactifs dans deux demi-piles et l'utilisation d'un pont salin.



Exemple du BAC

La séparation des réactifs dans deux demi-piles est donc essentielle pour exploiter l'énergie chimique sous forme d'énergie électrique, éviter les réactions directes non contrôlées, maintenir un équilibre de charge et permettre le fonctionnement continu de la pile dans un circuit externe.

Le pont salin permet de relier les $\frac{1}{2}$ piles, il assure la circulation des ions à l'intérieur de la pile ainsi que la neutralité ionique dans la solution.

Savoir :

Fonctionnement d'une pile ; réactions électrochimiques aux électrodes

Modéliser et schématiser, à partir de résultats expérimentaux, le fonctionnement d'une pile.

Usure d'une pile, capacité électrique d'une pile.

Déterminer la capacité électrique d'une pile à partir de sa constitution initiale.

Oxydants et réducteurs usuels.

Citer des oxydants et des réducteurs usuels : eau de Javel, dioxygène, dichlore, acide ascorbique, dihydrogène, métaux.

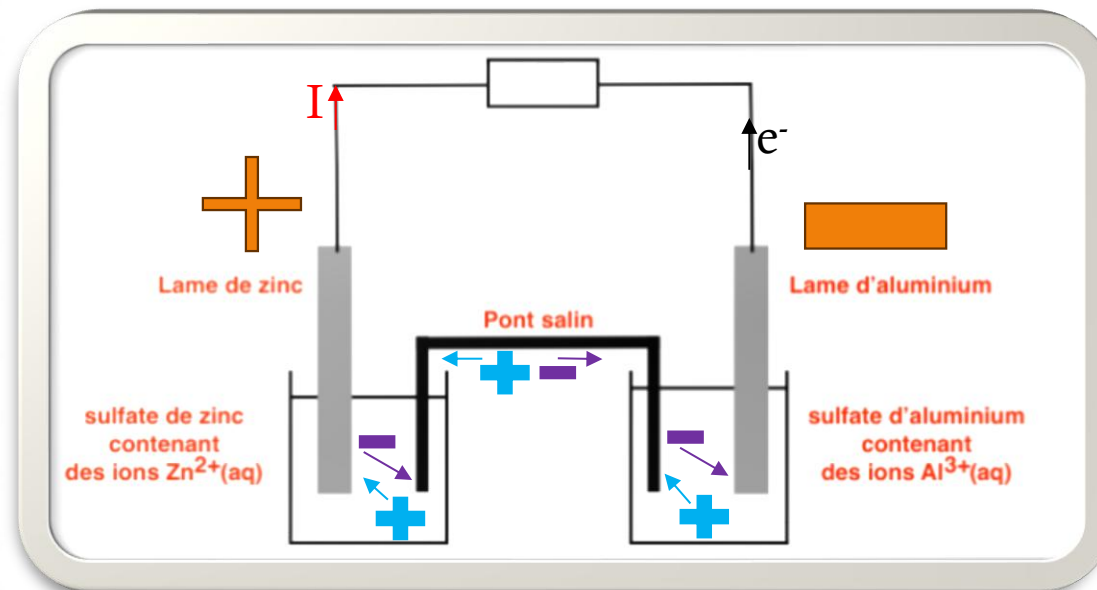
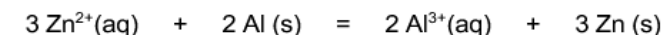
Justifier le caractère réducteur des métaux du bloc s.

Exemple du BAC

1) Compléter le schéma de fonctionnement de la pile en mentionnant :

- La borne positive
- La borne négative
- Le sens du courant dans le circuit
- Le sens des électrons dans le circuit
- Déplacement des ions

L'équation de la réaction qui se produit quand la pile débite est :



Savoir :

Usure d'une pile, capacité électrique d'une pile.
Déterminer la capacité électrique d'une pile à partir de sa constitution initiale.

Oxydants et réducteurs usuels.
Citer des oxydants et des réducteurs usuels : eau de Javel, dioxygène, dichlore, acide ascorbique, dihydrogène, métaux.
Justifier le caractère réducteur des métaux du bloc s.



$$Q = n(e^-) \cdot F = n(e^-) \cdot N_A \cdot e$$

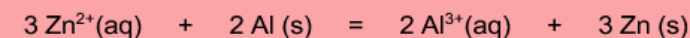
Charge élémentaire

Constante d'Avogadro

Exemple

2) Calculer la capacité de cette pile.
Données : $n_i(\text{Zn}^{2+}) = 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$
 $n_i(\text{Al}) = 3,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$; $F = 6,65 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
Demi-équations : $\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Zn}$
 $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3e^-$

L'équation de la réaction qui se produit quand la pile débite est :



Etape 1 : On cherche le réactif limitant

$$\frac{n_i(\text{Zn}^{2+})}{3} = \frac{2,1 \cdot 10^{-2}}{3} = 7,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} < \frac{n_i(\text{Al})}{2} = \frac{3,0 \cdot 10^{-2}}{2} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$x_{\text{max}} = 7,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ donc le réactif limitant est l'ion Zn^{2+} .

Etape 2 : On exprime $n(e^-)$ avec la demi-équation du réactif limitant.

$$x_{\text{max}} = \frac{n(e^-)}{2} \iff n(e^-) = 2 \cdot x_{\text{max}}$$

Etape 3 : On calcule la capacité Q.

$$Q = n(e^-) \cdot F \iff Q = 2 \cdot x_{\text{max}} \cdot F$$

$$Q = 2 \cdot 7,0 \cdot 10^{-3} \cdot 6,65 \cdot 10^4 = 931 \text{ C}$$

Savoir :

Oxydants et réducteurs usuels.

Citer des oxydants et des réducteurs usuels : eau de Javel, dioxygène, dichlore, acide ascorbique, dihydrogène, métaux.

Justifier le caractère réducteur des métaux du bloc s.

Exemple

- Le dioxygène O_2 : $O_2 (g) / H_2O (l)$
- Le dihydrogène H_2 : $H^+(aq)/H_2 (g)$
- L'acide ascorbique ou la vitamine C $C_6H_8O_6$: $C_6H_6O_6 (aq) / C_6H_8O_6 (aq)$.
- L'eau de Javel ou ion hypochlorite ClO^- : intervient dans deux couples $ClO^- (aq) / Cl^- (aq)$ et $ClO^- (aq) / Cl_2 (g)$.
avec : Cl_2 le dichlore et Cl^- les ion chlorures.
- Les métaux du bloc s, sont des réducteurs car ils perdent facilement 1 ou 2 électrons. $Na^+(aq) / Na(s)$; $Mg^{2+}(aq) / Mg(s)$; $Ca^{2+} (aq) / Ca(s)$

B) Comparer la force des acides et des bases

TERMINALE

Savoir :

Constante d'acidité K_A d'un couple acide-base,
produit ionique de l'eau K_e .
Réaction d'un acide ou d'une base avec l'eau.

Méthode

Autoprotolyse de l'eau : $2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$

Produit ionique de l'eau : $K_e = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{HO}^-]$

Réaction d'un acide avec l'eau :

Couple : AH/A^- : $\text{AH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} = \text{A}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+$

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

Réaction d'une base avec l'eau :

$\text{A}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} = \text{AH}(\text{aq}) + \text{HO}^-$

$$K = \frac{[\text{AH}]_{\text{eq}} \times [\text{HO}^-]_{\text{eq}}}{[\text{A}^-]_{\text{eq}}}$$

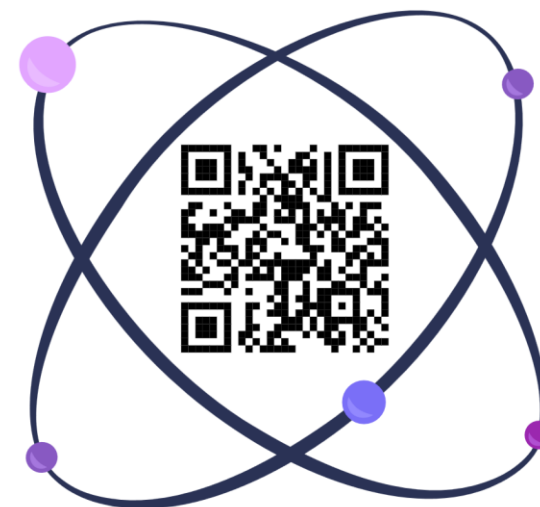
Exemple du BAC

1) Exprimer K en fonction de K_A et K_e

$$K = \frac{[\text{AH}]_{\text{eq}} \times [\text{HO}^-]_{\text{eq}}}{[\text{A}^-]_{\text{eq}}}$$

$$K = \frac{[\text{AH}]_{\text{eq}} [\text{HO}^-]_{\text{eq}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{A}^-]_{\text{eq}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}$$

$$K = \frac{K_e}{K_A}$$



Savoir :

- Associer le caractère fort d'un acide (d'une base) à la transformation quasi-totale de cet acide (cette base) avec l'eau.
- Prévoir la composition finale d'une solution aqueuse de concentration donnée en acide fort ou faible apporté.
- Mesurer le pH de solutions d'acide ou de base de concentration donnée pour en déduire le caractère fort ou faible de l'acide ou de la base.

Exemple

Une solution aqueuse, de concentration $C = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en acide nitrique apporté et de volume $V = 150 \text{ mL}$, a un pH égal à 2,1.

L'équation de la réaction entre l'acide nitrique et l'eau s'écrit :

$$\text{HNO}_3 (\ell) + \text{H}_2\text{O} (\ell) \rightarrow \text{NO}_3^- (\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq})$$

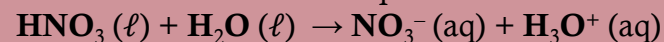
1) Construire un tableau d'avancement de la réaction.

	Équation	$\text{HNO}_3 (\ell)$	$+ \text{H}_2\text{O} (\ell)$	$\rightarrow$	$\text{NO}_3^- (\text{aq})$	$+ \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq})$
État	Avancement x (mol)	$n (\text{HNO}_3)$	solvant		$n (\text{NO}_3^-)$	$n (\text{H}_3\text{O}^+)$
État initial (mol)	0	n	/		0	0
Au cours de la transformation	x	$n - x$	/		x	x
Avancement Final (mol)	x_f	$n - x_f$	/		x_f	x_f
Avancement maximal (mol)	x_{max}	$n - x_{\text{max}}$	/		x_{max}	x_{max}

Exemple

Une solution aqueuse, de concentration $C = 7,9 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en acide nitrique apporté et de volume $V = 150 \text{ mL}$, a un pH égal à 2,1.

L'équation de la réaction entre l'acide nitrique et l'eau s'écrit :



1) Construire un tableau d'avancement de la réaction.

	Équation	$\text{HNO}_3 (\ell)$	$+ \text{H}_2\text{O} (\ell)$	$\rightarrow$	$\text{NO}_3^- (\text{aq})$	$+ \text{H}_3\text{O}^+ (\text{aq})$
État	Avancement x (mol)	$n(\text{HNO}_3)$	solvant		$n(\text{NO}_3^-)$	$n(\text{H}_3\text{O}^+)$
État initial (mol)	0	n	/		0	0
Au cours de la transformation	x	$n - x$	/		x	x
Avancement Final (mol)	x_f	$n - x_f$	/		x_f	x_f
Avancement maximal (mol)	x_{max}	$n - x_{\text{max}}$	/		x_{max}	x_{max}

2) Justifier le caractère fort de cet acide dans l'eau en calculant le taux d'avancement final τ .

Méthode

On détermine la quantité de matière du réactif

$$n = C \cdot V, n = m/M, n = V_{\text{gaz}}/V_m$$

On détermine la valeur de l'avancement maximal x_{max}

$$x_{\text{max}} = \frac{n(\text{réactif})}{\text{coefficient stœchiométrique}}$$

On détermine la valeur de l'avancement final x_f

$$x_f = \frac{n_f(\text{H}_3\text{O}^+)}{\text{coefficient stœchiométrique}}$$

et $[\text{H}_3\text{O}^+]_f = C^0 \times 10^{-\text{pH}} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

On détermine la valeur du Tau d'avancement

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}}$$

Si $\tau = 1$, la réaction est totale donc c'est un acide fort

$$n(\text{HNO}_3) = C \cdot V$$

$$n(\text{HNO}_3) = 7,9 \times 10^{-3} \times 0,150$$

$$n(\text{HNO}_3) = 1,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$x_{\text{max}} = \frac{n(\text{HNO}_3)}{1}$$

$$x_{\text{max}} = 1,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$x_f = n_f(\text{H}_3\text{O}^+) = [\text{H}_3\text{O}^+]_f \cdot V$$

$$x_f = C^0 \times 10^{-\text{pH}} \cdot V$$

$$x_f = 1,0 \times 10^{-2,1} \cdot 0,150$$

$$x_f = 1,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}}$$

$$\tau = \frac{1,2 \times 10^{-3}}{1,2 \times 10^{-3}}$$

$$\tau = 1$$

La réaction entre l'acide nitrique et l'eau est totale donc HNO_3 est un acide fort.

Savoir :

Mesurer le pH de solutions d'acide ou de base de concentration donnée pour en déduire le caractère fort ou faible de l'acide ou de la base.

Exemple

Une solution aqueuse, de concentration $C = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en acide a un pH égal à 2,3.

1) Est-ce un acide fort ou faible ?

Si c'est un acide fort alors $\text{pH} = -\log(C)$

$C = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $\text{pH} = 2,3$

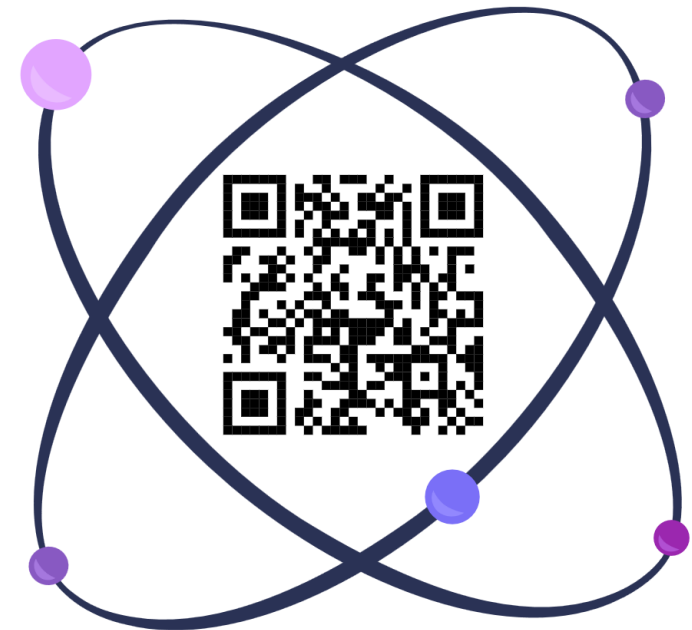
$\text{pH} = -\log(2,0 \times 10^{-2})$

$\text{pH} = 1,7$

1,7 est différent de 2,3 donc c'est un acide faible.

Citer les propriétés d'une solution tampon.

Une solution tampon est une solution dont la composition est telle que le pH varie peu par ajout modéré de petites quantités d'acide ou de base, ou par dilution.



Savoir :

Comparer la force de différents acides ou de différentes bases dans l'eau.

Exemple

Trois solutions aqueuses sont obtenues en dissolvant dans l'eau :
de l'ammoniac $\text{NH}_3(\text{aq})$,
de la méthylamine $\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{aq})$
et de l'hydroxylamine $\text{NH}_2\text{OH}(\text{aq})$
de même concentration en soluté apporté de $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

- En justifiant, attribuer à chaque solution le taux d'avancement final correspondant parmi les valeurs suivantes :

$\tau = 0,18$; $\tau = 4,0 \%$ et $\tau = 8,5 \times 10^{-2}$.

- Données : $K_e = 10^{-14}$

- $\text{p}K_{A1}(\text{NH}_4^+(\text{aq}) / \text{NH}_3(\text{aq})) = 9,2$

- $\text{p}K_{A2}(\text{NH}_3\text{OH}^+(\text{aq}) / \text{NH}_2\text{OH}(\text{aq})) = 9,9$

- $\text{p}K_{A3}(\text{CH}_3\text{NH}_3^+(\text{aq}) / \text{CH}_3\text{NH}_2(\text{aq})) = 10,6$

Rappel

Réaction d'une base avec l'eau :



$$K = \frac{[\text{AH}]_{\text{eq}} \times [\text{HO}^-]_{\text{eq}}}{[\text{A}^-]_{\text{eq}}}$$

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

Réaction 1



$$K = \frac{[\text{NH}_4^+]_{\text{eq}} \times [\text{HO}^-]_{\text{eq}}}{[\text{NH}_3]_{\text{eq}}}$$

$$K_A = \frac{[\text{NH}_3]_{\text{eq}} \times [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{NH}_4^+]_{\text{eq}}}$$

En suivant la méthode déjà vue il y a quelques minutes, on obtient :

$$K = \frac{K_e}{K_A}$$

Toutes les molécules ont un coefficient stœchiométrique = 1

$$x_{\text{max}} = C \cdot V \text{ et } x_f = n_f(\text{NH}_4^+) = n_f(\text{HO}^-)$$

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{n_f(\text{HO}^-)}{C \cdot V} = \frac{[\text{HO}^-]_{\text{eq}}}{C} \iff [\text{HO}^-]_{\text{eq}} = \tau \cdot C \quad [\text{NH}_4^+]_{\text{eq}} = \tau \cdot C$$

Conservation de la matière :

$$[\text{NH}_3]_{\text{eq}} + [\text{NH}_4^+]_{\text{eq}} = [\text{NH}_3]_{\text{app}} = C$$

$$[\text{NH}_3]_{\text{eq}} = C - [\text{NH}_4^+]_{\text{eq}}$$

$$[\text{NH}_3]_{\text{eq}} = C - [\text{NH}_4^+]_{\text{eq}}$$

$$[\text{NH}_3]_{\text{eq}} = C - \tau \cdot C$$

$$[\text{NH}_3]_{\text{eq}} = C \cdot (1 - \tau)$$

$$K = \frac{[\text{NH}_4^+]_{\text{eq}} \times [\text{HO}^-]_{\text{eq}}}{[\text{NH}_3]_{\text{eq}}}$$

$$K = \frac{\tau \cdot C \cdot \tau \cdot C}{C \cdot (1 - \tau)}$$

$$K = \frac{\tau^2 \cdot C}{1 - \tau}$$

$$K = \frac{K_e}{K_A}$$

$$\frac{\tau^2 \cdot C}{1 - \tau} = \frac{K_e}{K_A}$$

$$K_A = \frac{K_e(1 - \tau)}{\tau^2 \cdot C}$$

Savoir :

Comparer la force de différents acides ou de différentes bases dans l'eau.

Exemple

Trois solutions aqueuses sont obtenues en dissolvant dans l'eau :
de l'ammoniac $\text{NH}_3(\text{aq})$,
de la méthylamine $\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{aq})$
et de l'hydroxylamine $\text{NH}_2\text{OH}(\text{aq})$
de même concentration en soluté apporté de $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

- En justifiant, attribuer à chaque solution le taux d'avancement final correspondant parmi les valeurs suivantes :

$\tau = 0,18$; $\tau = 4,0 \%$ et $\tau = 8,5 \times 10^{-2}$.

- Données : $K_e = 10^{-14}$

- $\text{p}K_{A1}(\text{NH}_4^+(\text{aq}) / \text{NH}_3(\text{aq})) = 9,2$

- $\text{p}K_{A2}(\text{NH}_3\text{OH}^+(\text{aq}) / \text{NH}_2\text{OH}(\text{aq})) = 9,9$

- $\text{p}K_{A3}(\text{CH}_3\text{NH}_3^+(\text{aq}) / \text{CH}_3\text{NH}_2(\text{aq})) = 10,6$

Rappel

Réaction d'une base avec l'eau :



$$K = \frac{[\text{AH}]_{\text{eq}} \times [\text{HO}^-]_{\text{eq}}}{[\text{A}^-]_{\text{eq}}}$$

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

On reprend l'expression précédente et on remplace.

$$K_A = \frac{K_e(1-\tau)}{\tau^2 \cdot C}$$

$$K_A = \frac{10^{-14}(1-0,18)}{0,18^2 \cdot 1,0 \cdot 10^{-2}}$$

$$K_A = 2,53 \cdot 10^{-11}$$

$$\text{p}K_A = -\log(K_A) = -\log(2,53 \cdot 10^{-11}) = 10,6$$

Donc c'est la solution de méthylamine qui à un taux de 0,18

$$K_A = \frac{10^{-14}(1-0,04)}{0,04^2 \cdot 1,0 \cdot 10^{-2}}$$

$$K_A = 6 \cdot 10^{-10}$$

$$\text{p}K_A = -\log(K_A) = -\log(6 \cdot 10^{-10}) = 9,2$$

Donc c'est la solution d'ammoniac qui à un taux de 0,04

$$K_A = \frac{10^{-14}(1-0,085)}{0,085^2 \cdot 1,0 \cdot 10^{-2}}$$

$$K_A = 1,3 \cdot 10^{-10}$$

$$\text{p}K_A = -\log(K_A) = -\log(1,3 \cdot 10^{-10}) = 9,9$$

Donc c'est la solution d'hydroxylamine qui à un taux de 0,085

Savoir :

Comparer la force de différents acides ou de différentes bases dans l'eau.

Exemple

Trois solutions aqueuses sont obtenues en dissolvant dans l'eau :
de l'ammoniac NH_3 (aq),

de la méthylamine CH_3NH_2 (aq)

et de l'hydroxylamine NH_2OH (aq)

de même concentration en soluté apporté de $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

- En justifiant, attribuer à chaque solution le taux d'avancement final correspondant parmi les valeurs suivantes :

$\tau = 0,18$; $\tau = 4,0 \%$ et $\tau = 8,5 \times 10^{-2}$.

- Données : $K_e = 10^{-14}$

- $\text{p}K_{\text{A}1} (\text{NH}_4^+ \text{ (aq)} / \text{NH}_3 \text{ (aq)}) = 9,2$

- $\text{p}K_{\text{A}2} (\text{NH}_3\text{OH}^+ \text{ (aq)} / \text{NH}_2\text{OH} \text{ (aq)}) = 9,9$

- $\text{p}K_{\text{A}3} (\text{CH}_3\text{NH}_3^+ \text{ (aq)} / \text{CH}_3\text{NH}_2 \text{ (aq)}) = 10,6$

Rappel

Plus le $\text{p}K_{\text{A}}$ est petit, plus l'acide est fort et taux se rapproche de 1.

Plus le $\text{p}K_{\text{A}}$ est grand, plus la base est forte et taux se rapproche de 1.

la méthylamine CH_3NH_2 (aq) est la base la plus forte.

l'hydroxylamine NH_2OH (aq) est de force intermédiaire.

l'ammoniac NH_3 (aq) est la base la plus faible.

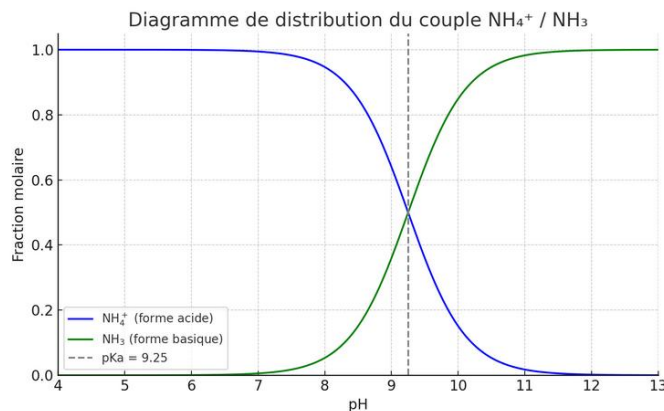
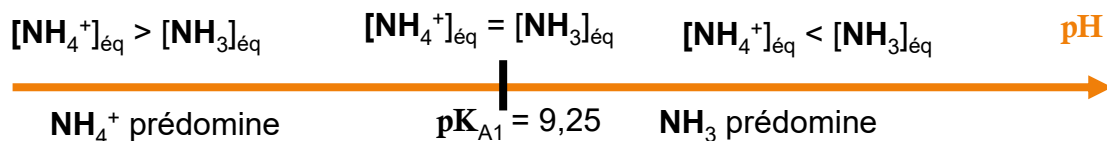
Savoir :

Solutions courantes d'acides et de bases.

Acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, $\text{Cl}^-(\text{aq})$)
 Acide nitrique ($\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$, $\text{NO}_3^-(\text{aq})$)
 Acide éthanoïque ($\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$)
 Soude ou hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq})$, $\text{HO}^-(\text{aq})$)
 Ammoniac ($\text{NH}_3(\text{aq})$).

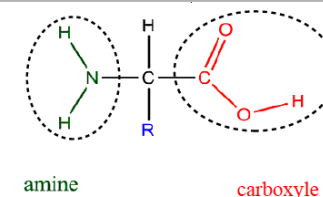
Diagrammes de prédominance et de distribution d'un couple acide-base.

$$\text{p}K_{\text{A}1} (\text{NH}_4^+ (\text{aq}) / \text{NH}_3 (\text{aq})) = 9,25$$

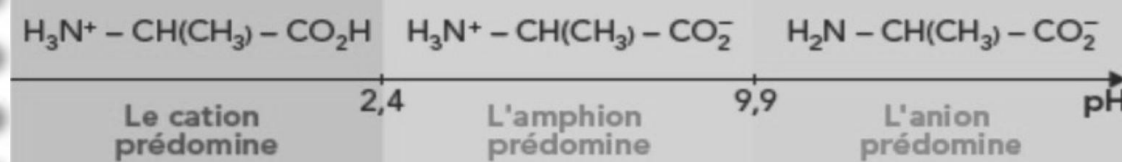


Espèce prédominante, cas des acides alpha-aminés.

Un acide α -aminé possède deux groupes caractéristiques (carboxyle et amine) portés par le même atome de carbone (carbone α).

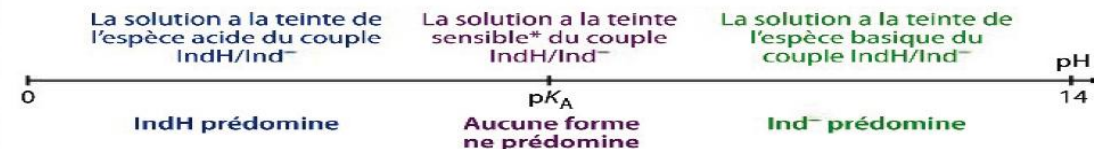


En solution aqueuse, un acide α -aminé existe essentiellement sous la forme d'ion dipolaire appelé amphion ou zwitterion. L'amphion appartient à deux couples acido-basiques, il y a donc deux valeurs de $\text{p}K_{\text{A}}$ à placer sur le diagramme de prédominance.



Cas des indicateurs colorés

Un indicateur coloré acido-basique est un couple acide/base noté IndH/Ind^- , dont les espèces conjuguées ont des couleurs différentes.



C) Forcer le sens d'évolution d'un système

TERMINALE

Savoir :

Modéliser et schématiser, à partir de résultats expérimentaux, les transferts d'électrons aux électrodes par des réactions électrochimiques.

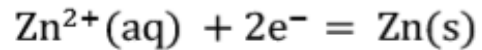
Les électrons sortent de la borne négative du générateur.

Les électrons arrivent sur l'électrode.

Il y a un gain d'électron donc une réduction.

C'est la cathode et les ions positifs (cations) y sont attirés.

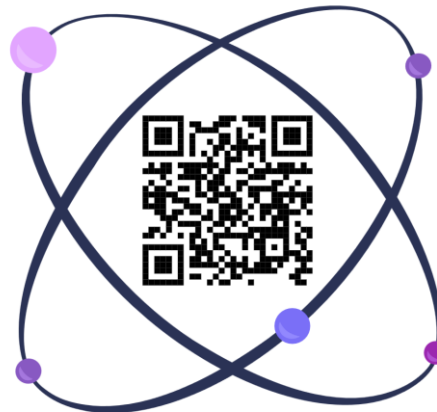
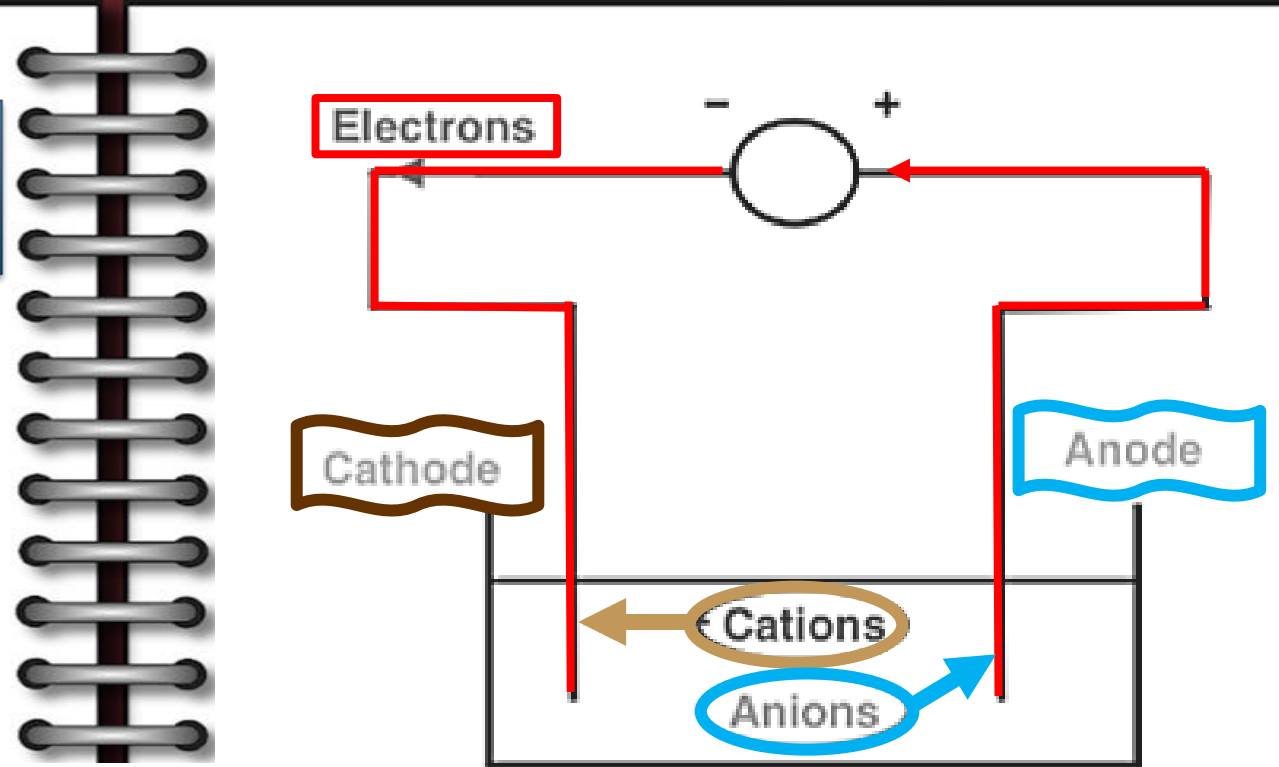
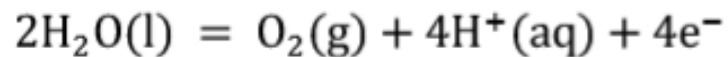
A la cathode



Sur l'autre électrode, il va y avoir une perte d'électron donc une oxydation.

C'est l'anode et les ions négatifs (anions) y sont attirés.

A l'anode :



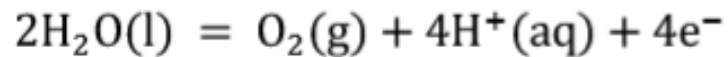
C) Forcer le sens d'évolution d'un système

TERMINALE

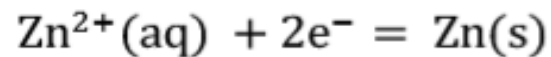
Savoir :

Déterminer les variations de quantité de matière à partir de la durée de l'électrolyse et de la valeur de l'intensité du courant.

A l'anode :

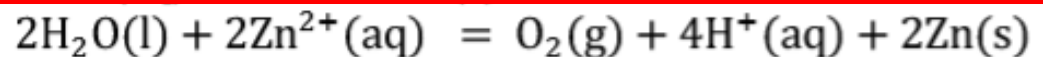
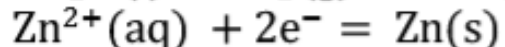
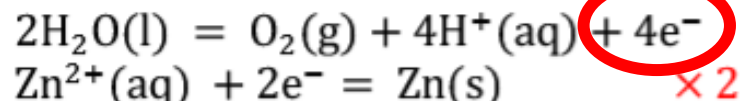


A la cathode



1) Ecrire l'équation bilan.

Ainsi :



Stockage et conversion d'énergie chimique

Les accumulateurs, la photosynthèse...

2) Déterminer l'expression de xf .

On examine l'équation bilan afin d'identifier le nombre total d'électrons transférés lors de la réaction.

Donc 4e^-

On utilise les deux formules de la charge électrique Q .

$$Q = I \times \Delta t$$

$$Q = n(\text{e}^-) \times \mathcal{F}$$

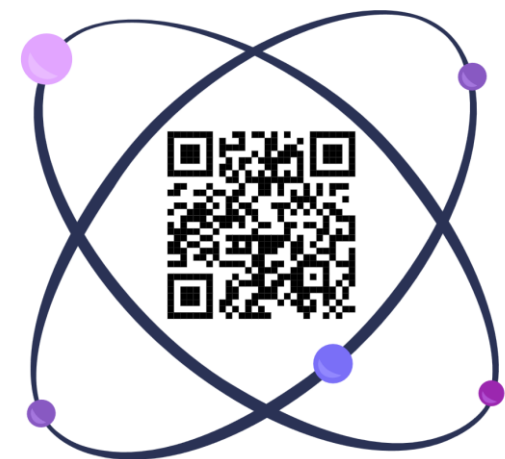
Comme il y a 4 électrons échangés, on a $n_{\text{e}^-} = 4 \cdot xf$

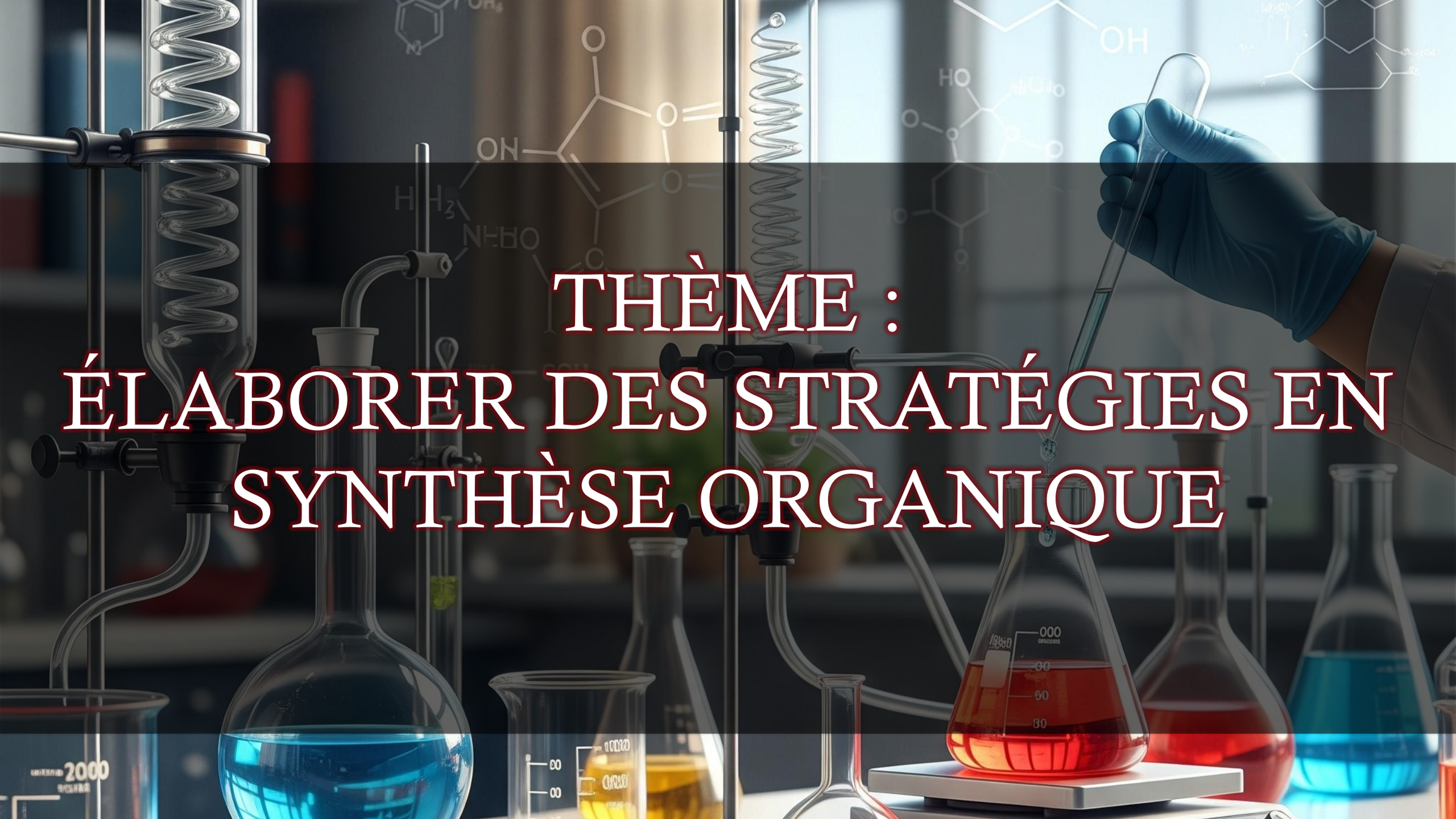
$$Q = 4 \cdot xf \cdot \mathcal{F}$$

$$I \cdot \Delta t = 4 \cdot xf \cdot \mathcal{F}$$

$$I \cdot \Delta t = 4 \cdot xf \cdot \mathcal{F}$$

$$xf = \frac{I \cdot \Delta t}{4 \cdot \mathcal{F}}$$



The background is a composite image of a chemistry laboratory. It features various pieces of glassware: a large round-bottom flask containing a blue liquid, a graduated cylinder with yellow liquid, and an Erlenmeyer flask with red liquid sitting on a digital scale. A hand in a blue nitrile glove is using a glass dropper to add liquid to the flask on the scale. In the upper right, there are faint, semi-transparent chemical structures, including a cyclic ester and a branched alcohol. The overall lighting is bright, with some areas in shadow, creating a professional scientific atmosphere.

THÈME : ÉLABORER DES STRATÉGIES EN SYNTHÈSE ORGANIQUE

Savoir :

Structure et propriétés :

- Formule topologique.
- Familles fonctionnelles : esters, amines, amides et halogénoalcanes.
- Squelettes carbonés insaturés, cycliques.
- Isomérie de constitution.
- Polymères.

Optimisation d'une étape de synthèse

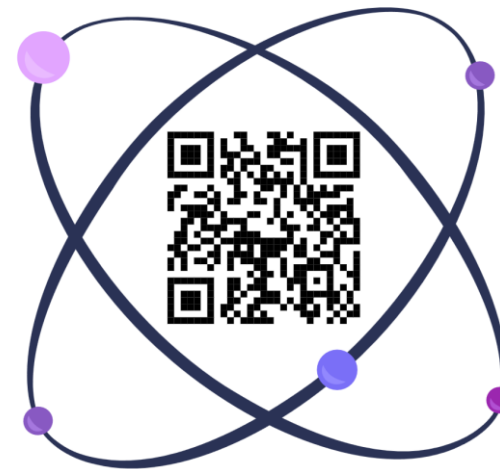
- Optimisation de la vitesse de formation d'un produit et du rendement d'une synthèse.

Stratégie de synthèse multi-étapes

Modification de groupe caractéristique,
modification de chaîne carbonée, polymérisation.
Protection / déprotection.

Synthèses écoresponsables.

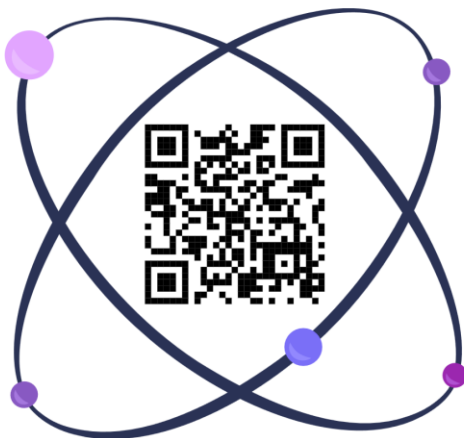
Discuter l'impact environnemental d'une synthèse et proposer des améliorations à l'aide de données fournies, par exemple en termes d'énergie, de formation et valorisation de sous-produits et de choix des réactifs et solvants.



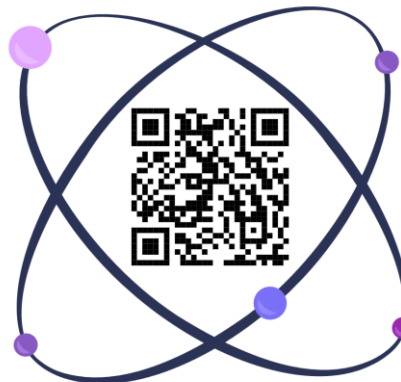
Alcane :



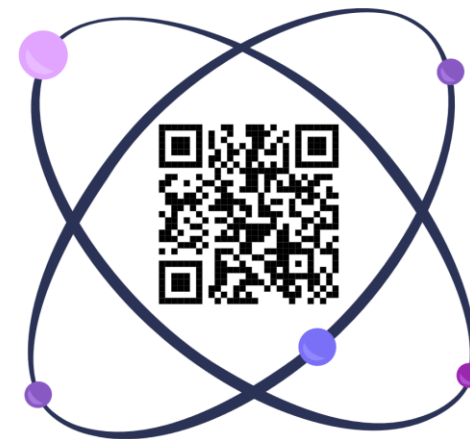
Alcool :



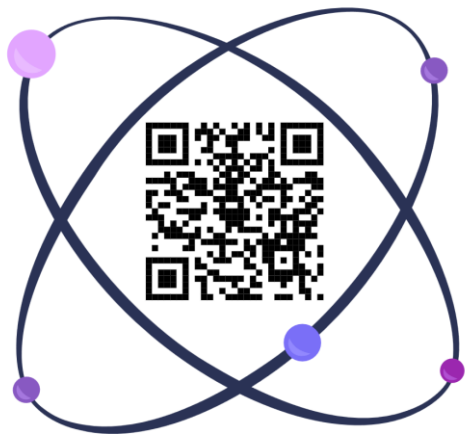
Acide
carboxylique :



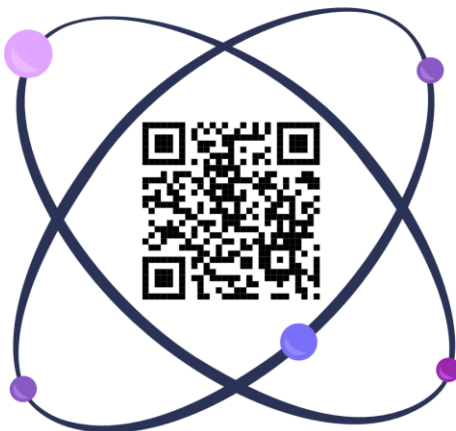
Topologique :



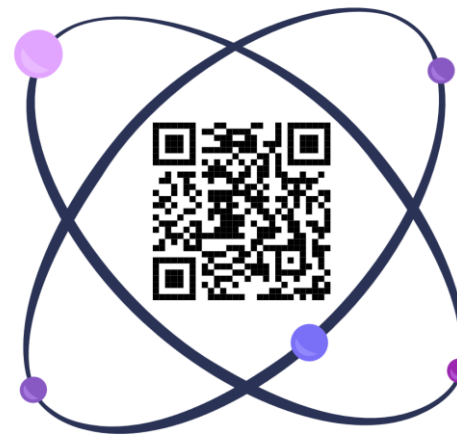
Aldéhyde :



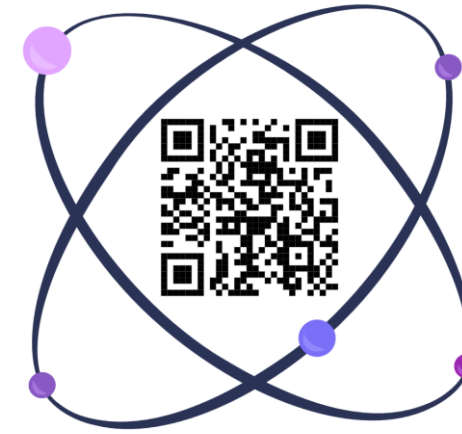
Cétone :



Halogénoalcanes:



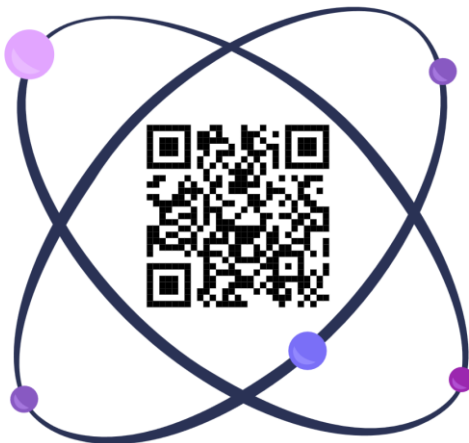
Amine:



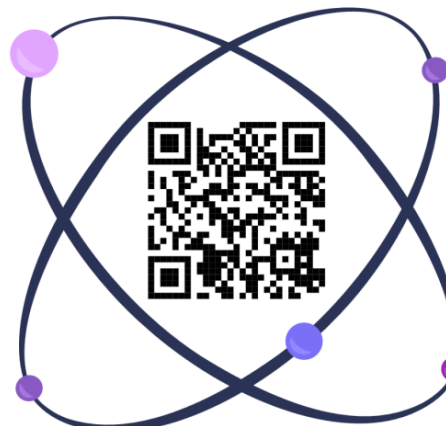
Ester :



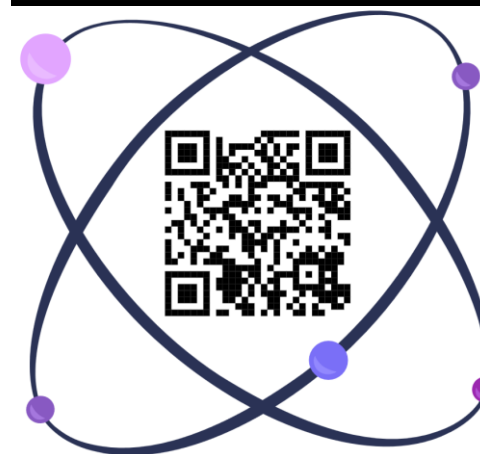
Amide :



Synthèse organique :



Optimisation d'une
synthèse



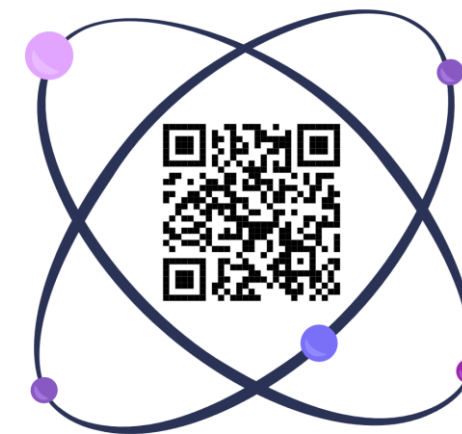
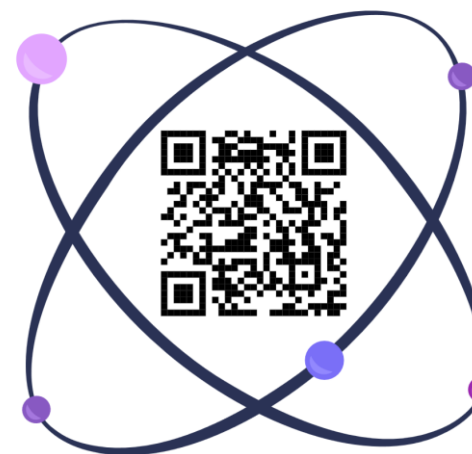
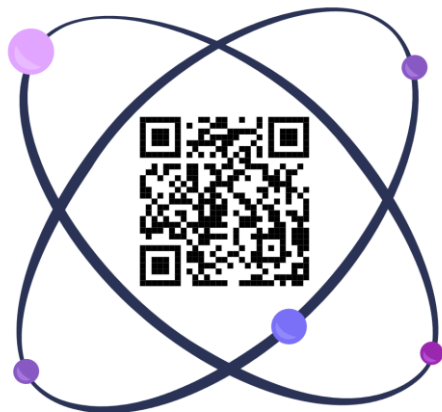
Type de réaction

Protection :

Isomère de
constitution :



Polymère





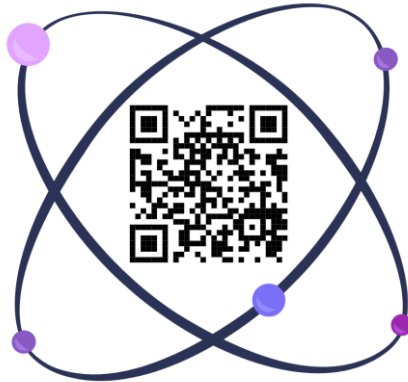
TOUTE LA PHYSIQUE POUR LE BAC 2025



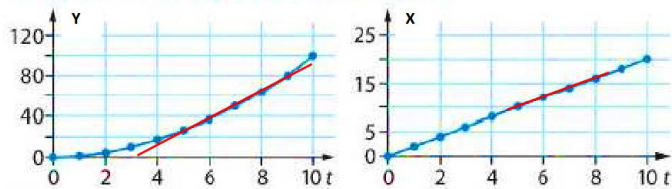
THÈME : DÉCRIRE UN MOUVEMENT

Savoir :

Vecteurs position, vitesse et accélération d'un point.



Exemple



1. Calculer les coefficients directeurs des tangentes aux deux courbes à l'instant $t = 6$ s.

2. En déduire la norme de $\vec{v}$ à la date $t = 6$ s.

Formule coefficient directeur :

$$\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

$v_x(t) = \frac{dx(t)}{dt}$ est égal au coefficient directeur de la tangente à $x(t)$.

$v_y(t) = \frac{dy(t)}{dt}$ est égal au coefficient directeur de la tangente à $y(t)$.

$$v_x = \frac{20 - 0}{10 - 0} = 2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad v_y = \frac{80 - 40}{10 - 6} = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

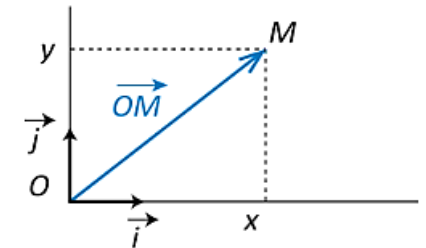
2. La norme du vecteur vitesse $\vec{v}$ à $t = 6$ s est :

$$v(6 \text{ s}) = \sqrt{v_x^2(6 \text{ s}) + v_y^2(6 \text{ s})} = \sqrt{(2,0)^2 + (10)^2} = 10,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

On appelle vecteur-position le vecteur qui relie l'origine du repère au point M étudié.

$$\overrightarrow{OM} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \Leftrightarrow \overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j}$$

$$\vec{OM} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$



x et y sont les coordonnées du point M donc aussi celle du vecteur-position.

Le vecteur vitesse $\vec{v}$ comme la dérivée du vecteur de position en fonction du temps.

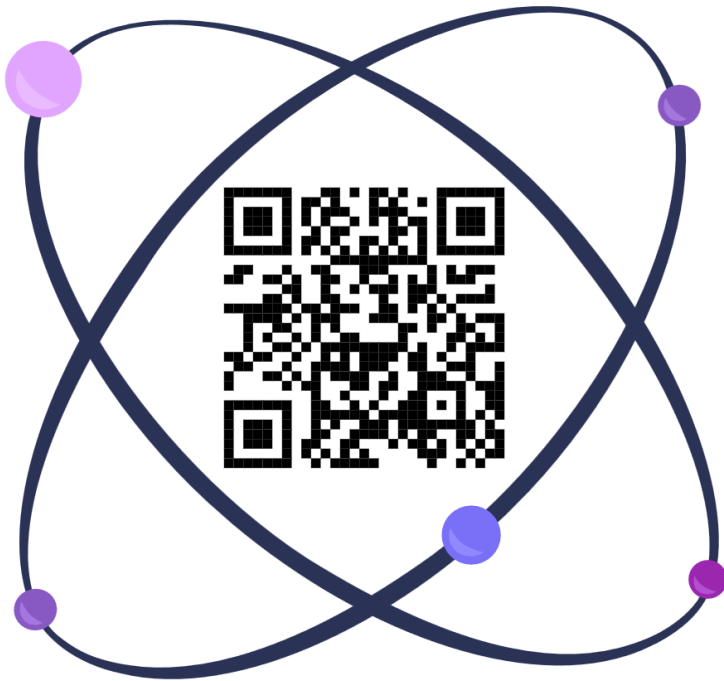
$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{OM}}{dt} \begin{pmatrix} \frac{dx}{dt} \\ \frac{dy}{dt} \\ \frac{dz}{dt} \end{pmatrix}$$

Le vecteur accélération $\vec{a}$ comme la dérivée du vecteur vitesse en fonction du temps.

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{OM}}{dt^2} \begin{pmatrix} \frac{d^2x}{dt^2} \\ \frac{d^2y}{dt^2} \\ \frac{d^2z}{dt^2} \end{pmatrix}$$

Savoir :

Coordonnées des vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet pour un mouvement circulaire.



Repère de Frenet :

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}(t)}{dt} = \frac{v^2(t)}{r} \vec{N} + \frac{dv(t)}{dt} \vec{T}$$

Exemple

Une voiture électrique prend un virage de rayon 60 m à la vitesse constante de $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

► Calculer dans le repère de Frenet, la valeur de de son accélération a en $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Le mouvement est circulaire uniforme donc : $a = a_N = \frac{v^2}{R}$

La composante tangentielle $a_T = \frac{dv}{dt} = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

$$a = \frac{25^2}{60} = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Savoir :

Mouvement rectiligne uniformément accéléré. Mouvement circulaire uniforme.

1. Mouvement rectiligne (général)

- Trajectoire : une droite
- Vecteur accélération :
 $\vec{a}$ est **colinéaire** au vecteur vitesse $\vec{v}$, donc dirigé le long de la trajectoire.
Il peut varier en norme (accélération ou décélération) et en sens.

2. Mouvement rectiligne uniforme

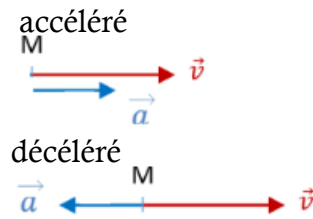
- Trajectoire : une droite
- Vitesse : constante (même norme, direction et sens)
- Vecteur accélération :

$$\vec{a} = \vec{0}$$

(aucune variation de la vitesse)

3. Mouvement rectiligne uniformément accéléré

- Trajectoire : une droite
- Vitesse : variation linéaire (augmentation ou diminution constante)
- Vecteur accélération :
 $\vec{a}$ est **constant** en norme, direction et sens
(il a la même direction que $\vec{v}$ si accélération, ou la direction opposée si décélération)



4. Mouvement circulaire (non uniforme)

- Trajectoire : cercle
- Vecteur accélération :
 $\vec{a}$ a deux composantes :
 - **radiale** (ou centripète), dirigée vers le centre du cercle
 - **tangentielle**, responsable de la variation de la norme de la vitesse

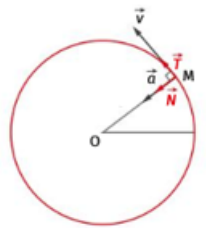


5. Mouvement circulaire uniforme

- Trajectoire : cercle
- Vitesse : constante en norme, mais la direction change
- Vecteur accélération :

$$\vec{a} = \vec{a}_{\text{centripète}}$$

→ toujours dirigé vers le centre du cercle, de norme $a = \frac{v^2}{R}$
(pas de composante tangentielle)



Savoir :

**Mouvement rectiligne uniformément accéléré.
Mouvement circulaire uniforme.**

Type de mouvement	Trajectoire	Vecteur vitesse ($\vec{v}$)	Vecteur accélération ($\vec{a}$)	Remarques
Rectiligne	Ligne droite	Colinéaire à la trajectoire	Colinéaire ou opposé à $\vec{v}$	Accélération dans l'axe
Rectiligne uniforme	Ligne droite	Constante	$\vec{a} = 0$	Pas d'accélération
Rectiligne uniformément accéléré	Ligne droite	Norme variable, direction constante	Constante, même direction que $\vec{v}$	Accélération constante
Circulaire	Cercle	Tangente à la trajectoire	Radiale + tangentielle	$\vec{a}$ change en norme et direction
Circulaire uniforme	Cercle	Tangente, norme constante	Radiale uniquement (vers centre)	Direction change, norme constante

Savoir :

Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie pour déterminer les coordonnées du vecteur position en fonction du temps et en déduire les coordonnées approchées ou les représentations des vecteurs vitesse et accélération.

1) À l'aide la figure 3, calculer v_7 et v_5 , les valeurs des vitesses aux points G_7 et G_5 .

On utilise la formule :

$$v_7 = \frac{G_6 G_8}{2\tau}$$

On mesure la distance $G_6 G_8 = 1,5 \text{ cm}$ sur le schéma

On remet à échelle réelle et en mètre : $(1,5 \times 22) / 0,5 = 66 \text{ cm} = 0,66 \text{ m}$

Donc $V_7 = 0,66 / (2 \times 0,085) = 3,8 \text{ m.s}^{-1}$

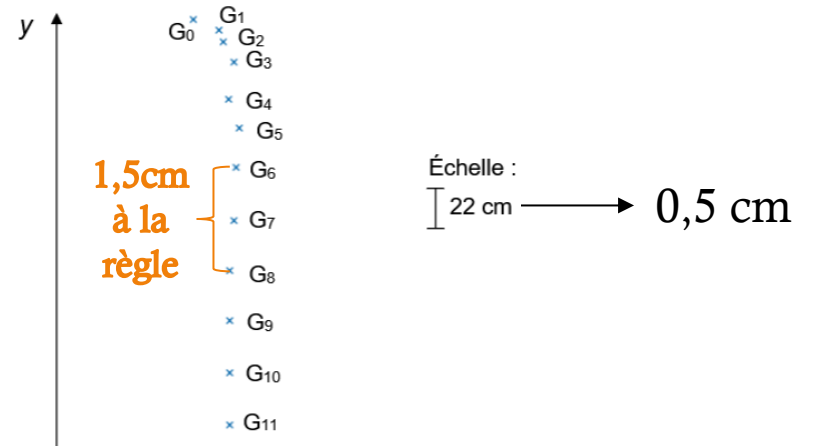


Figure 3. Chronophotographie du centre de masse G de la plume pour une chute dans l'air.

Dans la figure 3, l'intervalle de temps τ entre chaque point a une valeur égale à $0,085 \text{ s}$.

$$v_5 = \frac{G_4 G_6}{2\tau}$$

On mesure la distance $G_4 G_6 = 1,0 \text{ cm}$ sur le schéma

On remet à échelle réelle et en mètre : $(1,0 \times 22) / 0,5 = 44 \text{ cm} = 0,44 \text{ m}$

Donc $V_5 = 0,44 / (2 \times 0,085) = 2,6 \text{ m.s}^{-1}$

Savoir :

Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie pour déterminer les coordonnées du vecteur position en fonction du temps et en déduire les coordonnées approchées ou les représentations des vecteurs vitesse et accélération.

2) Tracer les vecteurs vitesses V_5 et V_7 , puis l'accélération en G_6 .

$$V_7 = 0,66 / (2 \times 0,085) = 3,8 \text{ m.s}^{-1}$$

$$V_5 = 0,44 / (2 \times 0,085) = 2,6 \text{ m.s}^{-1}$$

On choisit une échelle pour la vitesse : exemple : 1 cm $\rightarrow$ 1 m.s $^{-1}$

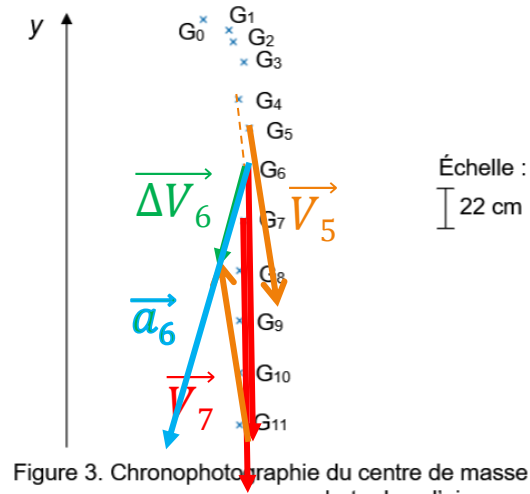
On trace ensuite les vecteurs vitesses.
 V_5 de 2,6 cm et V_7 de 3,8 cm

On cherche maintenant la variation de vitesse $\overrightarrow{\Delta v_6}$.
On mesure la taille du vecteur : $\Delta V_6 = 1,4$ cm et on utilise l'échelle des vitesses $\Delta V_6 = 1,4 \times 1 = 1,4 \text{ m.s}^{-1}$

On cherche maintenant l'accélération $\overrightarrow{a_6}$.

$$a_6 = \frac{\Delta V_6}{2\tau} = \frac{1,4}{2 \times 0,085} = 8,2 \text{ m.s}^{-2}$$

On choisit une échelle : exemple : 1 cm $\rightarrow$ 2 m.s $^{-2}$ et on trace le vecteur accélération colinéaire et de même sens que le vecteur $\overrightarrow{\Delta v_6}$.



Dans la figure 3, l'intervalle de temps τ entre chaque point a une valeur égale à 0,085 s.

The background of the slide is a photograph of a red sports car, possibly a Porsche Carrera GT, driving on a winding asphalt road. The car is in the foreground, moving away from the viewer. In the distance, two other red cars are visible on the same road. The scene is set during sunset or sunrise, with a warm, orange and yellow sky. The road has white and yellow lane markings. The overall mood is dynamic and high-tech.

THÈME :
RELIER LES ACTIONS
APPLIQUÉES À UN SYSTÈME À
SON MOUVEMENT

Savoir :

Centre de masse d'un système.

Le centre de masse G d'un système est l'unique point de ce système où peut toujours s'appliquer le principe d'inertie.

Référentiel galiléen.

Un référentiel galiléen est un référentiel dans lequel le principe d'inertie s'applique.

Deuxième loi de Newton

$$2^{\text{ème}} \text{ loi de Newton (P.F.D)} : \Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = m \cdot \vec{a}$$

Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme

- Montrer que le mouvement dans un champ uniforme est plan.
- Établir et exploiter les équations horaires du mouvement.
- Établir l'équation de la trajectoire.

Exemple

1) Enoncer la 2^{ème} loi de Newton et l'utiliser pour établir les expressions des coordonnées du vecteur accélération du point G .

Système {bâton}

Référentiel terrestre supposé galiléen

D'après la deuxième loi de Newton :

$$\begin{array}{l} \Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = m \cdot \vec{a} \\ \vec{P} = m \cdot \vec{a} \\ m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a} \\ \vec{g} = \vec{a} \end{array} \quad \left| \quad \text{Or } \vec{g} = \begin{bmatrix} 0 \\ -g \end{bmatrix} \quad \left| \quad \begin{array}{l} \text{Comme } \vec{g} = \vec{a} \\ a_{x(t)} = 0 \\ a_{y(t)} = -g \end{array} \right.$$

2) En déduire que le mouvement est plan.

Le mouvement se déplace selon deux axes donc c'est un mouvement plan.

3) Etablir les expressions des coordonnées du vecteur vitesse du point G .

On sait que :

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

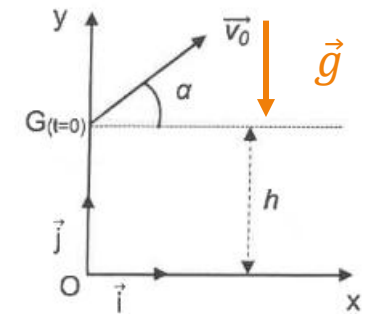
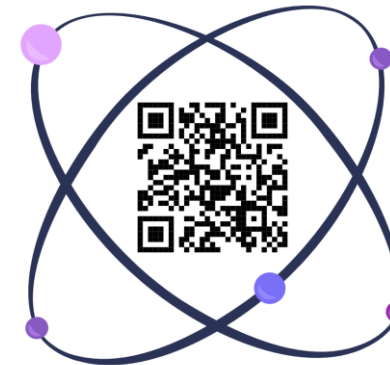


Figure 1. Schéma de la situation du lancer du bâton de Mölkky.

On intègre l'accélération :

$$\vec{v} \left| \begin{array}{l} v_x(t) = C_1 \\ v_y(t) = -gt + C_2 \end{array} \right.$$

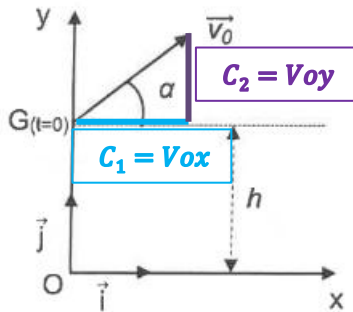
Exemple

3) Etablir les expressions des coordonnées du vecteur vitesse du point G.

On sait que : $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$

On intègre l'accélération : $\vec{v} \begin{cases} v_x(t) = C_1 \\ v_y(t) = -gt + C_2 \end{cases}$

On cherche ensuite les constantes d'intégration C_1 et C_2



$$\vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = v_0 \cos \alpha \\ v_{0y} = v_0 \sin \alpha \end{cases}$$

Figure 1. Schéma de la situation du lancer du bâton de Mölkky.

Donc

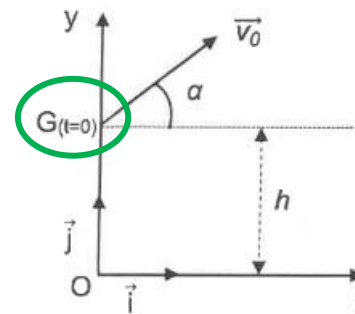
$$\vec{v} \begin{cases} v_x(t) = v_0 \cos \alpha \\ v_y(t) = -gt + v_0 \sin \alpha \end{cases}$$

4) Etablir les équations horaires du mouvement du point G.

On sait que : $\vec{v} = \frac{d\vec{OG}}{dt}$

On intègre la vitesse : $\vec{OG} \begin{cases} x(t) = v_0 \cos(\alpha) \times t + C_3 \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin(\alpha) \times t + C_4 \end{cases}$

On cherche ensuite les constantes d'intégration C_3 et C_4



$$\vec{OG}_0 \begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = h \end{cases}$$

Figure 1. Schéma de la situation du lancer du bâton de Mölkky.

Donc

$$\vec{OG} \begin{cases} x(t) = v_0 \cos(\alpha) \times t \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin(\alpha) \times t + h \end{cases}$$

Exemple

5) Etablir l'expression de l'équation de la trajectoire.

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cos(\alpha) \cdot t \\ y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin(\alpha) \cdot t + h \end{cases}$$

Objectif : Obtenir l'équation de la trajectoire $y(x)$

Il s'agit d'éliminer t entre les deux équations pour exprimer y en fonction de x , c'est-à-dire obtenir une équation de la forme $y=f(x)$.

Exprimer t à partir de $x(t)$

$$x = v_0 \cos(\alpha) \cdot t \quad \Rightarrow \quad t = \frac{x}{v_0 \cos(\alpha)}$$

Remplacer t dans $y(t)$

$$y = -\frac{1}{2}g \left(\frac{x}{v_0 \cos(\alpha)} \right)^2 + v_0 \sin(\alpha) \left(\frac{x}{v_0 \cos(\alpha)} \right) + h$$

Simplifier

$$-\frac{1}{2}g \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cos^2(\alpha)} = -\frac{g}{2v_0^2 \cos^2(\alpha)} x^2$$

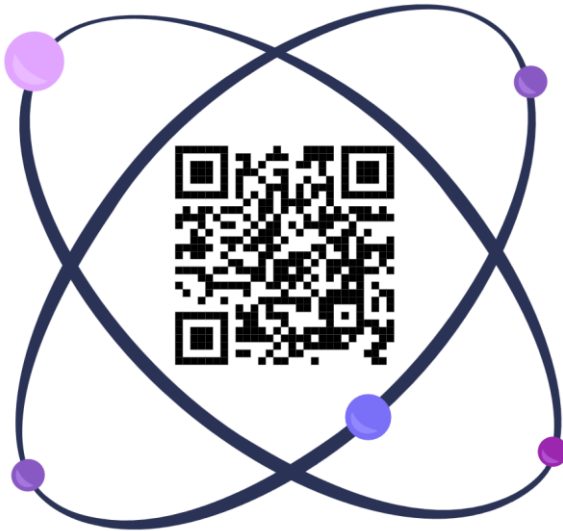
$$v_0 \sin(\alpha) \cdot \frac{x}{v_0 \cos(\alpha)} = x \cdot \tan(\alpha)$$

Donc

$$y(x) = -\frac{g}{2v_0^2 \cos^2(\alpha)} x^2 + x \cdot \tan(\alpha) + h$$

Savoir :

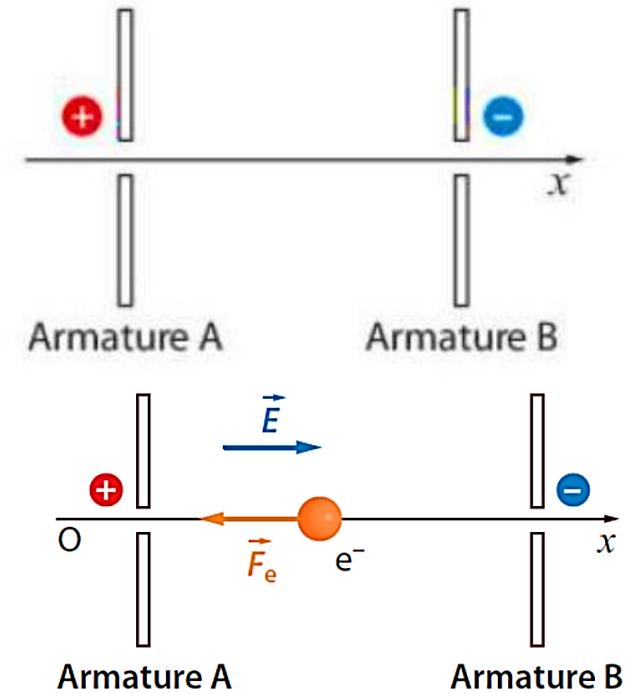
Champ électrique créé par un condensateur plan



Exemple

Un électron est placé entre deux plaques d'un condensateur chargé.

1) Indiquer sur le schéma la direction et le sens du champ électrique $\vec{E}$ et faire de même pour la force électrique $\vec{F}$ exercée sur l'électron.



Le champ électrique $\vec{E}$ est perpendiculaire aux armatures et orienté du + vers le -.

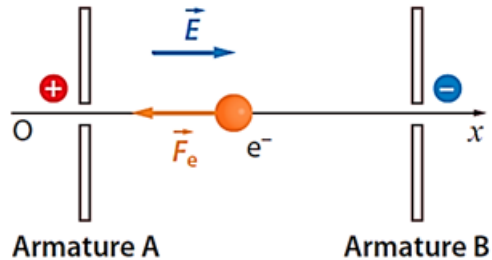
La force électrique $\vec{F}_e$ est colinéaire à $\vec{E}$ et dans le sens contraire car $q < 0$.

Savoir :

Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme

Exemple

Un électron est placé entre deux plaques d'un condensateur chargé.



1) Etablir les équations horaires de vitesse et de position sachant que $v_0 = 0 \text{ m.s}^{-1}$.

Système étudié : Electron
Référentiel terrestre supposé galiléen.
Bilan des forces : Force électrique F_e .
La deuxième loi de Newton s'écrit : $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$

Ici, la seule force est la force électrique :

$$\vec{F}_e = -e\vec{E} = m\vec{a}$$

Ce qui donne l'accélération :

$$\vec{a} = -\frac{e}{m}\vec{E}$$

Comme tout est en une dimension (x), on peut écrire :

$$a = -\frac{e}{m}E$$

On intègre l'accélération :

$$v(t) = v_0 + at = v_0 - \frac{e}{m}Et = -\frac{e}{m}Et$$

On intègre la vitesse :

$$x(t) = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

L'électron part de l'origine
 $x_0 = 0$, on obtient :

$$x(t) = 0 + 0 - \frac{1}{2}\frac{e}{m}Et^2 = -\frac{1}{2}\frac{e}{m}Et^2$$

Équations finales (sans vitesse initiale)

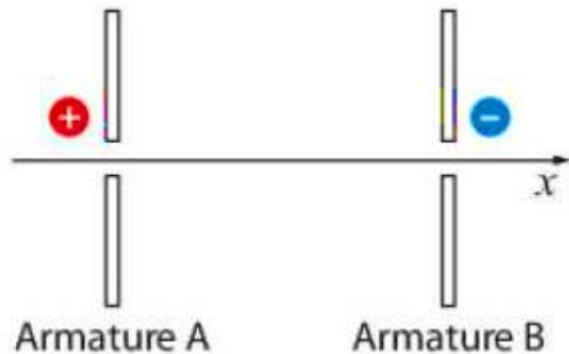
- Vitesse : $v(t) = -\frac{e}{m}Et$
- Position : $x(t) = -\frac{1}{2}\frac{e}{m}Et^2$

Savoir :

Établir l'équation de la trajectoire.

Exemple

Un électron est placé entre deux plaques d'un condensateur chargé.



Équations finales (sans vitesse initiale)

- Vitesse : $v(t) = -\frac{e}{m}Et$
- Position : $x(t) = -\frac{1}{2}\frac{e}{m}Et^2$

1) Établir l'équation de la trajectoire.

Exprimer t à partir de v(t) :

$$v = -\frac{e}{m}Et \Rightarrow t = -\frac{m}{eE}v$$

Remplacer t dans x(t) :

$$x = -\frac{1}{2}\frac{e}{m}E\left(-\frac{m}{eE}v\right)^2$$

Simplification :

$$x = -\frac{1}{2}\cancel{\frac{e}{m}}\cancel{E} \cdot \frac{m^{\cancel{2}}}{e\cancel{E}}v^2$$

$$x = -\frac{1}{2} \cdot \frac{m}{eE}v^2$$

$$x = -\frac{m}{2eE}v^2$$

Savoir :

Aspect énergétique

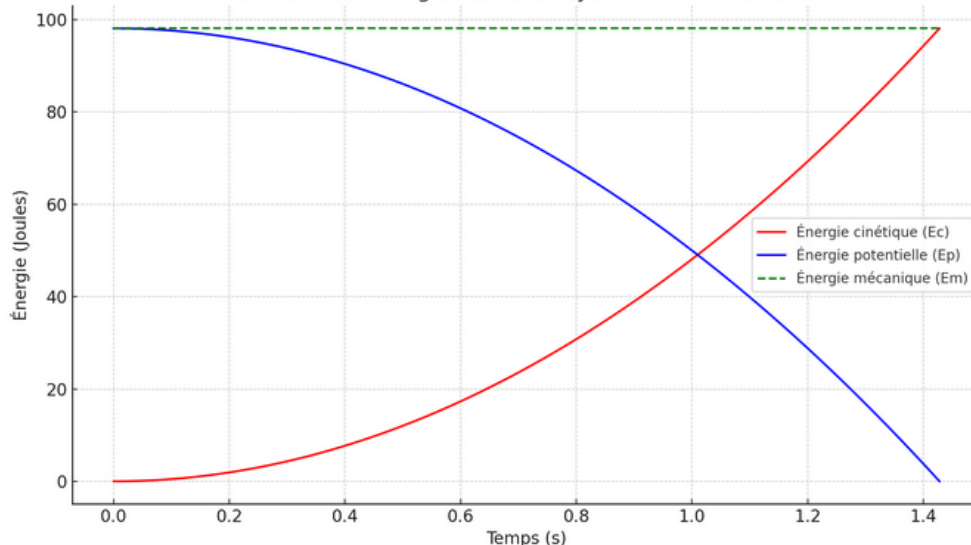
Pour tout mouvement dans un champ de pesanteur uniforme sans frottement :

$$E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2}mv^2 + mgy = \text{constante}$$

Théorème de l'énergie cinétique :

$$\Delta E_c = E_{c_{\text{finale}}} - E_{c_{\text{initiale}}} = E_{c_B} - E_{c_A} = \sum W_{AB}(\vec{F}_{\text{appliquées}})$$

Évolution des énergies dans un système sans frottement



Exemple

Montrer que la valeur du vecteur vitesse $\vec{v}_1$ du proton au point M₁, a pour expression : $v_1 = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$ si le proton n'a pas de vitesse initiale.

On utilise le théorème de l'énergie cinétique :

$$\Delta E_c = E_{c_{\text{finale}}} - E_{c_{\text{initiale}}} = E_{c_B} - E_{c_A} = \sum W_{AB}(\vec{F}_{\text{appliquées}})$$

Ici, la seule force qui travaille est la force électrique, donc :

$$E_{c,\text{finale}} - E_{c,\text{initiale}} = W(\vec{F}_e)$$

1. Énergie cinétique initiale :

Le proton part du repos :

$$E_{c,\text{initiale}} = 0$$

2. Énergie cinétique finale :

$$E_{c,\text{finale}} = \frac{1}{2}mv_1^2$$

3. Travail de la force électrique :

Le travail de la force électrique est :

$$W(\vec{F}_e) = qU = eU$$

4. Application du théorème :

$$\frac{1}{2}mv_1^2 - 0 = eU$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 = eU$$

5. Résolution :

$$v_1^2 = \frac{2eU}{m}$$

$\Rightarrow$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$$

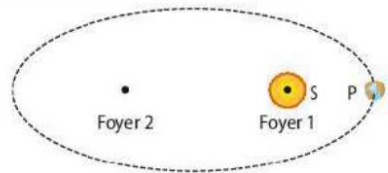
Savoir :

Mouvement dans un champ de gravitation

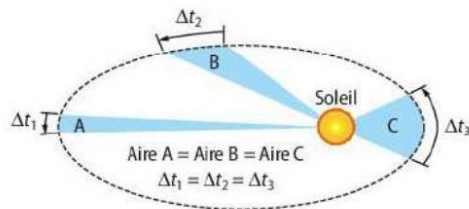
Mouvement des satellites et des planètes. Orbite.
Lois de Kepler.
Période de révolution.
Satellite géostationnaire.

Loi des orbites

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



Loi des aires



Loi des périodes

T : période de révolution des planètes (s)

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \text{ constante}$$

a : demi-grand axe de révolution (m)

Pour un mouvement circulaire, dans le repère de Frenet, le vecteur accélération est de la forme :

$$\vec{a} = \frac{v^2}{r} \vec{u}_N + \frac{dv}{dt} \vec{u}_T$$

Vitesse d'une planète sur son orbite

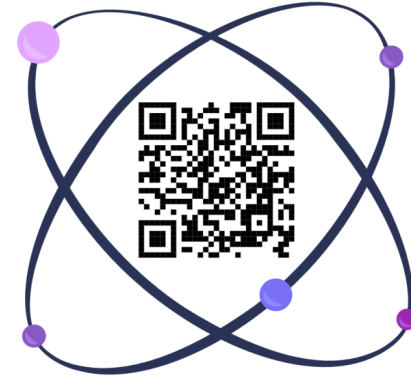
$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
 constante de gravitation universelle

v : vitesse d'une planète sur son orbite ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

$$v = \sqrt{G \frac{M}{r}}$$

r : distance centre de l'objet attracteur-centre de la planète ou satellite (m)

M : masse de l'astre attracteur (kg) : étoile ou planète



Période de révolution

Période de révolution d'une planète ou d'un satellite sur son orbite (s)

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G \times M}}$$

La valeur de la vitesse d'une planète est indépendante de sa masse et n'est pas constante. Elle dépend uniquement de sa distance au centre du Soleil. **Plus elles sont proches du Soleil, plus elles vont vite.**

Caractéristiques d'un satellite géostationnaire.

- **Mouvement :** circulaire uniforme dans le plan de l'équateur et dans le même sens de rotation que la Terre
- **Position d'un satellite géostationnaire :** immobile par rapport un point fixe de la surface terrestre
- **Période de révolution d'un satellite géostationnaire :** période de rotation de la Terre = 23 h 56 min 04 s
- **Altitude d'un satellite géostationnaire :** 36 000 km au-dessus de la surface terrestre

Savoir :

Mouvement des satellites et des planètes. Orbite.
Lois de Kepler.
Période de révolution.
Satellite géostationnaire.

EdukActif
Accompagnement Scolaire

BAC
PHYSIQUE-CHIMIE

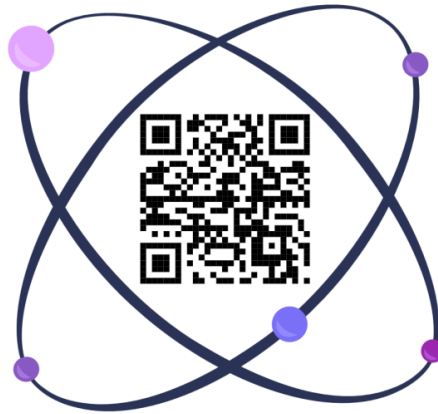
réviser

Kepler : Montrer que le mouvement est circulaire uniforme

Cette question tombe très souvent !

$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{u}_t + \frac{v^2}{R} \vec{u}_r$

f o in



EdukActif
Accompagnement Scolaire

BAC
PHYSIQUE-CHIMIE

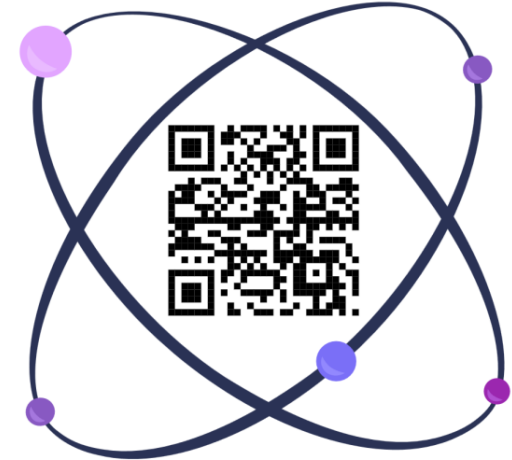
réviser

Kepler : Déterminer la vitesse d'un objet dans l'espace.

Cette question tombe très souvent !

$v = \sqrt{\frac{G \times M_{\text{Terre}}}{R}}$

f o in



EdukActif
Accompagnement Scolaire

BAC
PHYSIQUE-CHIMIE

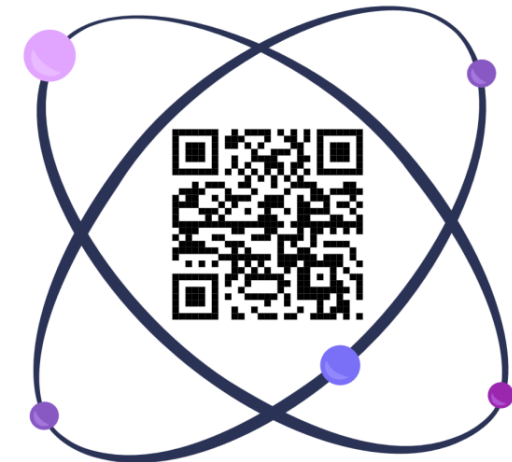
réviser

Kepler : Démontrer la 3^{ème} loi de Kepler

Cette question tombe très souvent !

$\frac{T^2}{a^3} = \text{constante}$

f o in

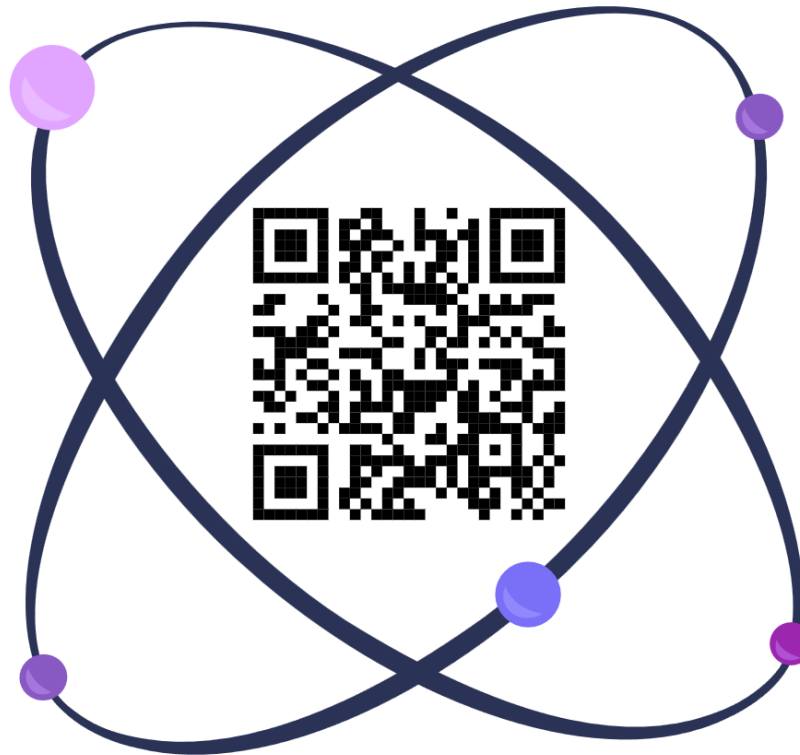


A close-up, high-speed photograph of water splashing or flowing, creating intricate, swirling patterns and numerous small, glistening droplets. The water is a deep blue-grey color. A semi-transparent dark grey horizontal band is overlaid across the center of the image, serving as a background for the text.

THÈME : MODÉLISER L'ÉCOULEMENT D'UN FLUIDE



ÉCOULEMENT D'UN FLUIDE



Savoir :

Poussée d'Archimède.

Point d'application
C : centre de masse
du fluide déplacé

Direction
Verticale

Sens
Vers le haut

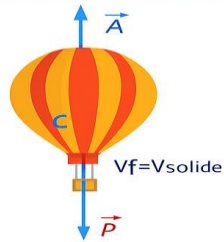
**Poussée
d'Archimède**

Hors équilibre

On a un mouvement
accélééré du ballon.

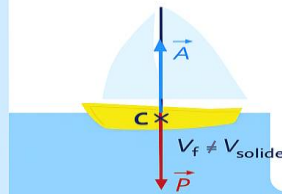
$$\vec{A} + \vec{P} \neq \vec{0}$$

$$\|\vec{A}\| > \|\vec{P}\|$$



Équilibre

$$\vec{A} + \vec{P} = \vec{0}$$



Écoulement d'un fluide en régime permanent.
Exploiter la conservation du débit volumique pour
déterminer la vitesse d'un fluide incompressible.

Permanent : les grandeurs (vitesse, pression...) ne dépendent pas du temps.

Débit volumique d'un fluide incompressible.

Débit volumique D_v

Représente le volume de fluide qui traverse une section S par unité de temps.

$$D_v = S \times v$$

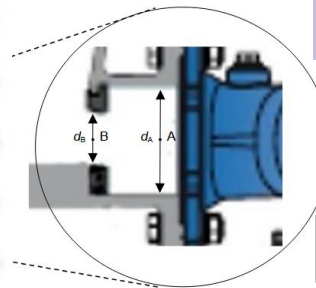
- D_v : débit volumique [$m^3 \cdot s^{-1}$]
- S : aire de la section [m^2]
- v : vitesse du fluide [$m \cdot s^{-1}$]

En régime permanent :

$$D_v = \text{constante}$$

Exemple

Exploiter la conservation du débit volumique pour montrer que la valeur de la vitesse de l'eau au point B.



Débit volumique constant : $D_{V(B)} = D_{V(A)}$

$$S_A \cdot v_A = S_B \cdot v_B$$

Surface d'un tube $S = \frac{\pi D^2}{4}$

On remplace les surfaces : $\frac{\pi D_A^2}{4} \cdot v_A = \frac{\pi D_B^2}{4} \cdot v_B$

On peut simplifier par $\frac{\pi}{4}$ des deux côtés : $D_A^2 \cdot v_A = D_B^2 \cdot v_B$

Expression finale de v_B :

$$v_B = \left(\frac{D_A}{D_B} \right)^2 \cdot v_A$$

Savoir :

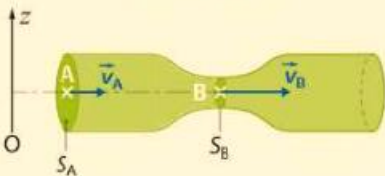
Relation de Bernoulli.

Exploiter la relation de Bernoulli, celle-ci étant fournie, pour étudier qualitativement puis quantitativement l'écoulement d'un fluide incompressible en régime permanent.

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g z_1 + P_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g z_2 + P_2$$

- ρ : masse volumique du fluide [$kg \cdot m^{-3}$]
- v : vitesse du fluide [$m \cdot s^{-1}$]
- z : altitude [m]
- P : pression [Pa]
- $g = 9,81 m \cdot s^{-2}$

Effet Venturi



$z = \text{constante}$

Si S diminue, alors v augmente donc p diminue.

Exemple

Montrer que l'expression de la variation de la pression entre les points A et B $\Delta P = P_B - P_A$ peut s'exprimer :

$$\Delta p = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (v_A^2 - v_B^2)$$

1. Relation de Bernoulli entre les points A et B :

$$\frac{1}{2}\rho v_A^2 + \rho g z_A + p_A = \frac{1}{2}\rho v_B^2 + \rho g z_B + p_B$$

2. Les points se trouvent à la même altitude.

$$z_A = z_B \Rightarrow \rho g z_A = \rho g z_B$$

On peut alors simplifier l'altitude des deux côtés :

$$\frac{1}{2}\rho v_A^2 + p_A = \frac{1}{2}\rho v_B^2 + p_B$$

3. On isole la différence de pression $\Delta P = P_B - P_A$

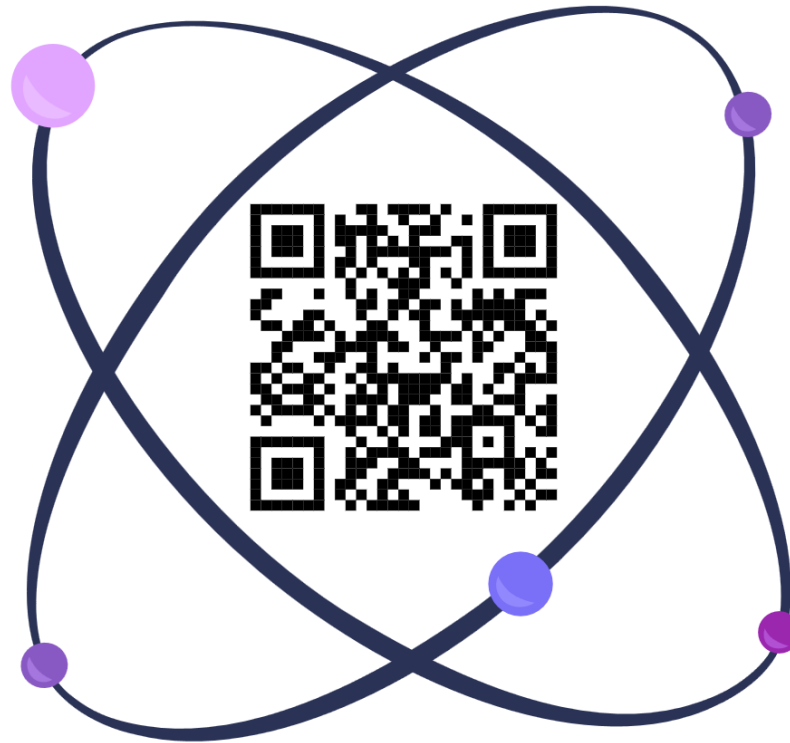
$$p_B - p_A = \frac{1}{2}\rho v_A^2 - \frac{1}{2}\rho v_B^2$$

$$\Delta p = \frac{1}{2}\rho(v_A^2 - v_B^2)$$

THÈME :
DÉCRIRE UN SYSTÈME
THERMODYNAMIQUE : EXEMPLE
DU MODÈLE DU GAZ PARFAIT



MODÈLE DU GAZ PARFAIT



Savoir :

Modèle du gaz parfait. Masse volumique, température thermodynamique, pression.

Relier qualitativement les valeurs des grandeurs macroscopiques mesurées aux propriétés du système à l'échelle microscopique.

La pression résulte de la résultante $\vec{F}$ des forces exercées par les chocs des molécules sur la surface S de la paroi.



Hypothèses du modèle du gaz parfait

1. Les molécules sont ponctuelles
→ Les molécules sont considérées comme des points sans volume propre (leur volume est négligeable devant celui du récipient).
2. Il n'y a pas d'interactions entre les molécules
→ Les molécules n'exercent **aucune force** (ni attraction, ni répulsion) entre elles, sauf lors des **chocs**.

Ces hypothèses permettent d'utiliser la **loi des gaz parfaits** :

$$PV = nRT$$

où :

- P est la pression (en Pa),
- V le volume (en m^3),
- n la quantité de matière (en mol),
- R la constante des gaz parfaits ($8,314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$),
- T la température (en kelvins, K).

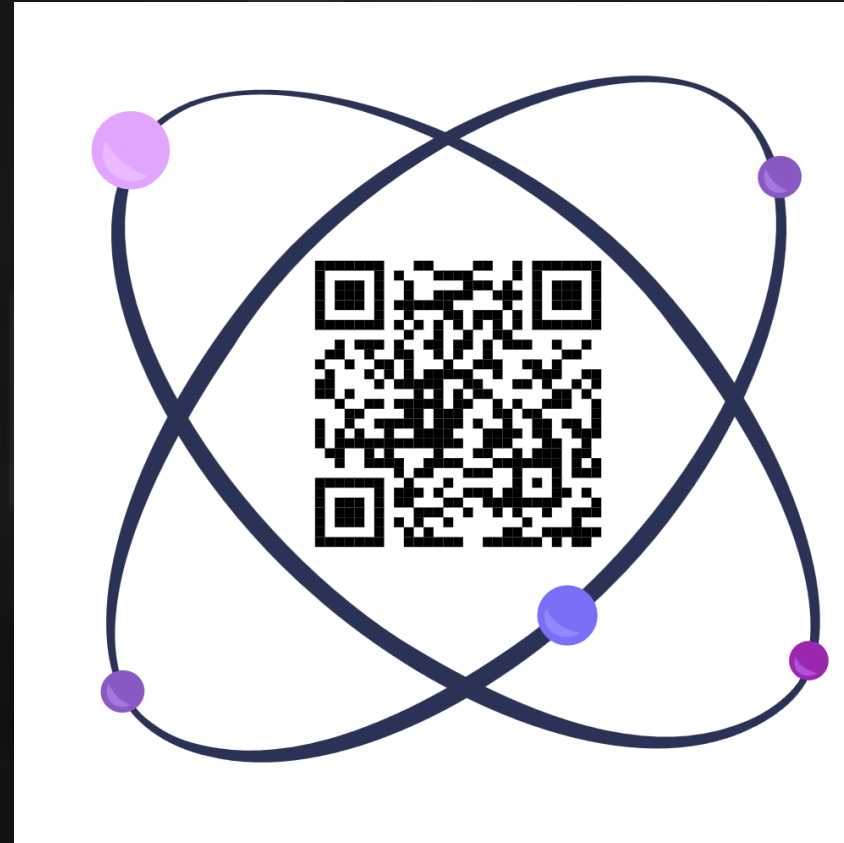
Limite du modèle

Le modèle du gaz parfait est adapté aux gaz à faible pression. Lorsque les entités ne sont pas ponctuelles et interagissent entre elles, le gaz n'est pas modélisable par un gaz parfait.

THÈME :
EFFECTUER DES BILANS
D'ÉNERGIE SUR UN SYSTÈME :
LE PREMIER PRINCIPE DE LA
THERMODYNAMIQUE



THERMODYNAMIQUE



Savoir :

**Énergie interne d'un système.
Aspects microscopiques.**

**Citer les différentes contributions microscopiques
à l'énergie interne d'un système.**

L'énergie interne d'un système correspond à la somme des énergies microscopiques (à l'échelle des molécules ou atomes). Elle peut inclure :

- Énergie cinétique microscopique.
- Énergie potentielle d'interaction microscopique.

**Premier principe de la thermodynamique.
Transfert thermique, travail.**

La chaleur se transfère toujours spontanément d'un corps chaud vers un corps froid.

$$\Delta U = W + Q$$

- ΔU : variation de l'énergie interne du système.
- W : travail échangé avec l'extérieur (ex. : compression ou détente d'un gaz).
- Q : transfert thermique (chaleur échangée entre le système et son environnement).

1. Variation de l'énergie du système : ΔU

- C'est l'énergie stockée dans le système à l'échelle microscopique (énergie cinétique + potentielle des particules).
- Elle dépend uniquement de l'état du système (température, pression, volume...).

2. Transferts d'énergie avec l'extérieur : W et Q

Ce sont des formes d'énergie échangées entre le système et son environnement :

- Q (chaleur) : transfert lié à une différence de température.
 - Positif si le système reçoit de la chaleur.
 - Négatif s'il en perd.
- W (travail) : transfert lié à une force (par exemple, piston qui comprime un gaz).
 - Positif si le système reçoit du travail (ex. : gaz comprimé).
 - Négatif s'il fournit du travail (ex. : gaz qui se détend).

Savoir :

Modes de transfert thermique.

Caractériser qualitativement les trois modes de transfert thermique : conduction, convection, rayonnement.

1. La conduction

- **Définition** : transfert de chaleur **sans déplacement de matière**, de proche en proche, à travers un solide (ou un fluide au repos).
- **Exemple** : une cuillère métallique chauffe quand on la plonge dans une tasse d'eau chaude.
- ★ Se produit dans : solides, liquides, gaz (mais surtout dans les solides).

2. La convection

- **Définition** : transfert de chaleur **avec déplacement de matière**, dans un **fluide** (liquide ou gaz).
- **Exemple** : l'air chaud qui monte au-dessus d'un radiateur, ou l'eau qui bouge dans une casserole chauffée.
- ★ Se produit uniquement dans les **fluides**.

3. Le rayonnement (ou radiation thermique)

- **Définition** : transfert de chaleur **par ondes électromagnétiques** (infrarouges), **sans contact ni matière**.
- **Exemple** : la chaleur ressentie en face du Soleil ou d'un feu de cheminée.
- ★ Peut se faire **dans le vide** (contrairement aux deux autres).

À retenir :

Mode de transfert	Avec déplacement de matière ?	Besoin de contact ?	Se propage dans le vide ?
Conduction	✗ Non	✓ Oui	✗ Non
Convection	✓ Oui	✓ Oui	✗ Non
Rayonnement	✗ Non	✗ Non	✓ Oui

Formule de l'énergie thermique Q

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

- Q : énergie thermique échangée (en joules, J)
- m : masse de l'eau (en kilogrammes, kg)
- c : **capacité thermique massique** de l'eau (en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
- ΔT : variation de température (en **kelvins** ou en $^{\circ}\text{C}$, car le changement est le même)

$$\Delta T = T_{\text{finale}} - T_{\text{initiale}}$$

Remarque importante :

- Si $Q > 0$, l'eau **reçoit de l'énergie** → sa température augmente.
- Si $Q < 0$, l'eau **cède de l'énergie** → sa température diminue.

Effectuer des bilans d'énergie sur un système : le premier principe de la thermodynamique

TERMINALE

Savoir :

Capacité thermique d'un système incompressible. Énergie interne d'un système incompressible.

Exploiter l'expression de la variation d'énergie interne d'un système incompressible en fonction de sa capacité thermique et de la variation de sa température pour effectuer un bilan énergétique

Exemple

Montrer que l'expression de la variation d'énergie interne d'un système incompressible peut s'exprimer : $\Delta U = m \cdot c \cdot \Delta T$ (m : masse du système ; c : capacité thermique massique du système ; ΔT : variation de température du système).

1. Départ : définition de l'énergie interne U

L'énergie interne U d'un système correspond à l'énergie stockée à l'échelle microscopique (mouvements, interactions des particules).

Sa variation, lors d'un échange thermique ou d'un travail, est donnée par le premier principe de la thermodynamique :

$$\Delta U = Q + W$$

2. Cas particulier : système *incompressible*

Un système *incompressible* (comme un liquide ou un solide) ne change pas de volume, donc :

- Pas de travail de pression-volume effectué ($W = 0$).

D'où :

$$\Delta U = Q$$

3. Chaleur reçue par un système incompressible

Par définition, la chaleur reçue Q par un système de masse m s'écrit :

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

(où c est la capacité thermique massique, et ΔT la variation de température).

4. Conclusion :

Puisque $\Delta U = Q$, alors :

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

Savoir :

Flux thermique. Résistance thermique.

Exploiter la relation entre flux thermique, résistance thermique et écart de température, l'expression de la résistance thermique étant donnée

R_{th} : résistance thermique ($K \cdot W^{-1}$) $\rightarrow R_{th} = \frac{|\Delta T|}{|\Phi|}$

$|\Delta T|$: variation de température ($^{\circ}C$)

Φ : flux thermique (W)

La résistance thermique R_{th} vaut pour une plaque isolante d'épaisseur e et de surface S pour un matériau de conductivité thermique λ :

R_{th} : résistance thermique ($K \cdot W^{-1}$) $\rightarrow R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S}$

e : épaisseur (m)

λ : conductivité thermique ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$) S : surface (m^2)

Exemple

1) Indiquer, en utilisant les deux relations précédentes, comment évolue le flux thermique ϕ lorsque l'épaisseur e du mur augmente.

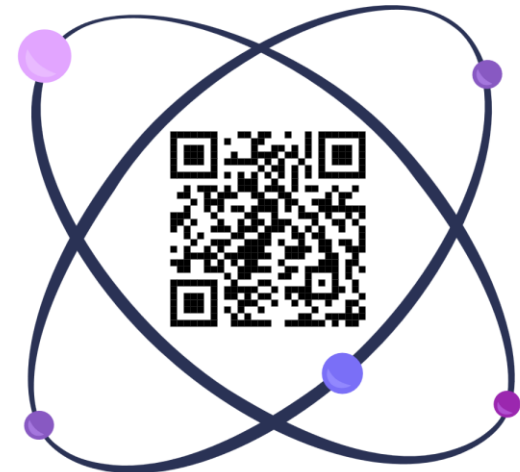
On sait que :

$$R_{th} = \frac{|\Delta T|}{|\Phi|}$$

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S}$$

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}} \longleftrightarrow \Phi = \frac{\Delta T}{\frac{e}{\lambda \cdot S}} \longleftrightarrow \Phi = \frac{\Delta T \cdot \lambda \cdot S}{e}$$

Le flux thermique est inversement proportionnel à l'épaisseur e . Lorsque l'épaisseur e augmente, le flux thermique diminue.



Effectuer des bilans d'énergie sur un système : le premier principe de la thermodynamique

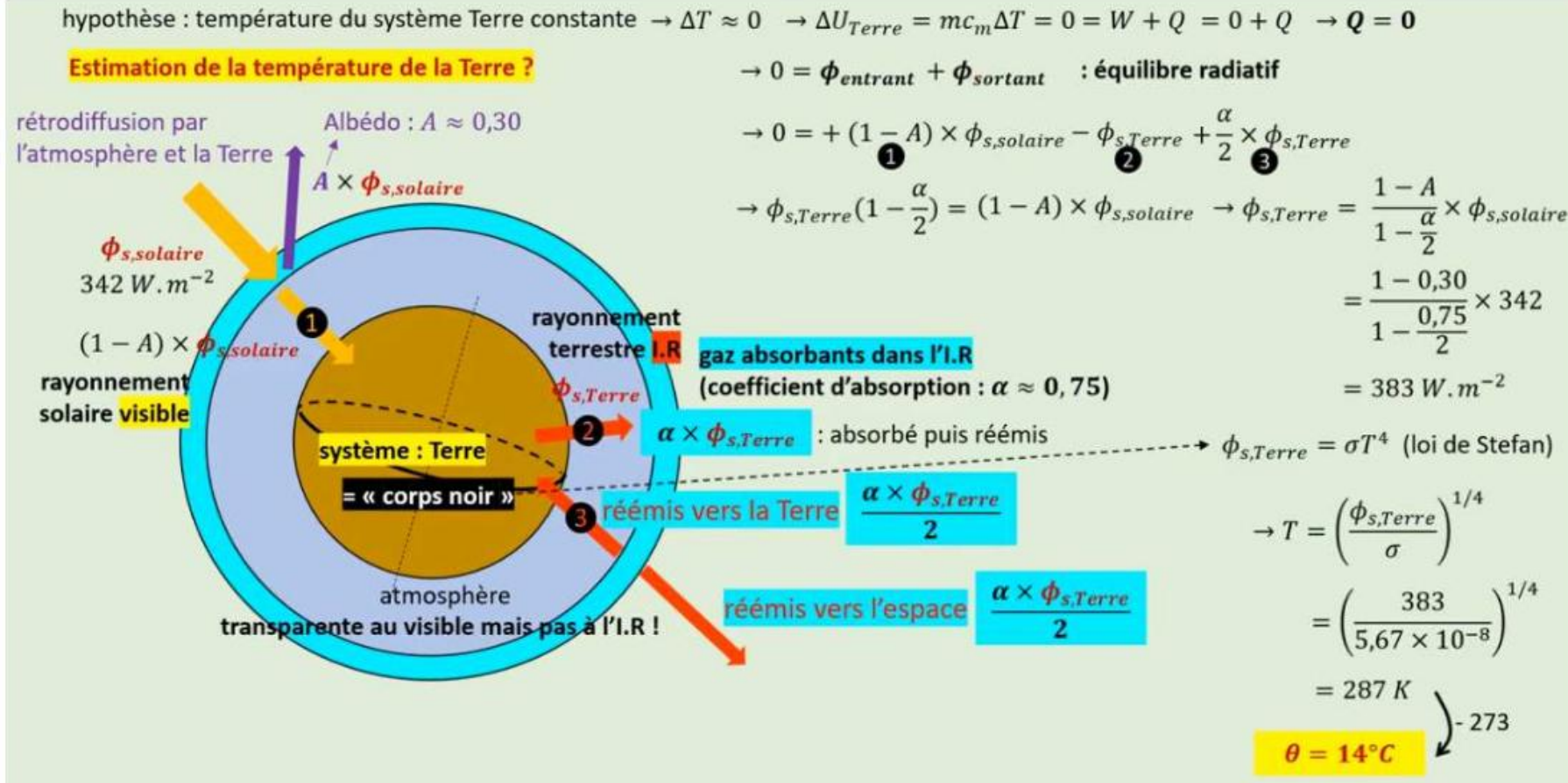
TERMINALE

Savoir :

Bilan thermique du système Terre-atmosphère. Effet de serre.

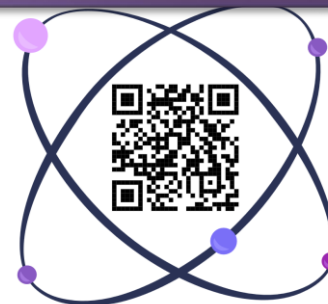
Effectuer un bilan quantitatif d'énergie pour estimer la température terrestre moyenne, la loi de Stefan-Boltzmann étant donnée.

Discuter qualitativement de l'influence de l'albédo et de l'effet de serre sur la température terrestre moyenne.



L'albédo est le pouvoir réfléchissant d'une surface. Il se définit comme le rapport entre l'énergie solaire réfléchie et l'énergie solaire reçue. Il varie de 0 (absorption totale) à 1 (réflexion totale).

L'effet de serre est le phénomène par lequel certains gaz de l'atmosphère (vapeur d'eau, CO_2 , CH_4 , etc.) retiennent une partie du rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre, empêchant ainsi qu'il ne s'échappe totalement dans l'espace.



Effectuer des bilans d'énergie sur un système : le premier principe de la thermodynamique

TERMINALE

Savoir :

Loi phénoménologique de Newton, modélisation de l'évolution de la température d'un système au contact d'un thermostat

Effectuer un bilan d'énergie pour un système incompressible échangeant de l'énergie par un transfert thermique modélisé à l'aide de la loi de Newton fournie. Établir l'expression de la température du système en fonction du temps

loi de Newton donnant l'expression du flux thermique reçu par le système {fer à cheval}, de température θ en provenance de l'air extérieur, de température θ_{Ext} :

$$\Phi = h \cdot S \cdot (\theta_{\text{Ext}} - \theta)$$

avec h le coefficient de transfert thermique surfacique et S la surface d'échange :

- dans l'air : $h_{\text{air}} = 14 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$;

Exemple

- 1) Appliquer le premier principe de la thermodynamique pour le système étudié entre les instants t et $t + \Delta t$; la durée Δt étant supposée faible devant une durée caractéristique d'évolution de la température et la température variant de $\theta(t)$ à $\theta(t + \Delta t)$.

En déduire que l'équation différentielle régissant l'évolution de la température du fer à cheval peut s'écrire sous la forme :

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta}{\tau} = \frac{\theta_{\text{Ext}}}{\tau} \quad \text{avec} \quad \tau = \frac{m_{\text{Fer}} \cdot c_{\text{Fer}}}{h_{\text{air}} \cdot S}$$

On sait que : $\Phi = \frac{\Delta U}{\Delta t}$ Or $\Phi = h_{\text{air}} \cdot S \cdot (\theta_{\text{ext}} - \theta)$

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = h_{\text{air}} \cdot S \cdot (\theta_{\text{ext}} - \theta)$$

le premier principe de la thermodynamique

$$\Delta U = W + Q$$

$$W=0$$

Or $Q = m_{\text{Fer}} \cdot c_{\text{Fer}} \cdot \Delta \theta$ donc $\Delta U = m_{\text{Fer}} \cdot c_{\text{Fer}} \cdot \Delta \theta$

$$\frac{m_{\text{Fer}} \cdot c_{\text{Fer}} \cdot \Delta \theta}{\Delta t} = h_{\text{air}} \cdot S \cdot (\theta_{\text{ext}} - \theta) \quad \longleftrightarrow \quad m_{\text{Fer}} \cdot c_{\text{Fer}} \cdot \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = h_{\text{air}} \cdot S \cdot (\theta_{\text{ext}} - \theta)$$

Quand $\Delta t \rightarrow 0$, $\frac{\Delta \theta}{\Delta t} \rightarrow \frac{d\theta}{dt}$ donc $m_{\text{Fer}} \cdot c_{\text{Fer}} \cdot \frac{d\theta}{dt} = h_{\text{air}} \cdot S \cdot (\theta_{\text{ext}} - \theta)$

Isolons la dérivée :

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{h_{\text{air}} \cdot S}{m_{\text{Fer}} \cdot c_{\text{Fer}}} \cdot (\theta_{\text{Ext}} - \theta)$$

Posons la constante de temps thermique :

$$\tau = \frac{m_{\text{Fer}} \cdot c_{\text{Fer}}}{h_{\text{air}} \cdot S} \Rightarrow \frac{1}{\tau} = \frac{h_{\text{air}} \cdot S}{m_{\text{Fer}} \cdot c_{\text{Fer}}}$$

Développons le membre de droite :

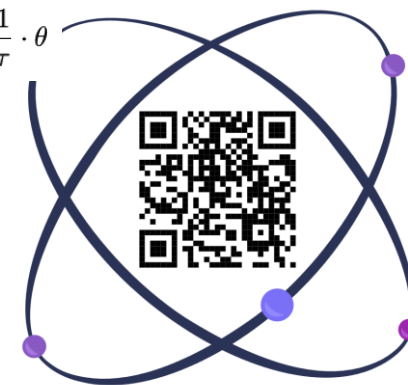
$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{\tau} \cdot \theta_{\text{Ext}} - \frac{1}{\tau} \cdot \theta$$

Passons les termes à gauche :

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{1}{\tau} \cdot \theta = \frac{1}{\tau} \cdot \theta_{\text{Ext}}$$

Forme finale de l'équation différentielle :

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta}{\tau} = \frac{\theta_{\text{Ext}}}{\tau}$$



Effectuer des bilans d'énergie sur un système : le premier principe de la thermodynamique

TERMINALE

Exemple

L'équation différentielle précédente admet pour solution la fonction :

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta}{\tau} = \frac{\theta_{\text{Ext}}}{\tau}$$

$$\theta(t) = (\theta_0 - \theta_{\text{Ext}}) \cdot e^{-t/\tau} + \theta_{\text{Ext}}$$

1) Vérifier que la fonction proposée $\theta(t)$ est bien solution de l'équation différentielle précédente.

Étape 1 : Calcul de la dérivée $\frac{d\theta}{dt}$

On dérive la fonction $\theta(t)$ par rapport au temps t :

$$\theta(t) = (\theta_0 - \theta_{\text{Ext}}) \cdot e^{-t/\tau} + \theta_{\text{Ext}}$$

Comme θ_{Ext} est une constante, sa dérivée est nulle. Donc :

$$\frac{d\theta}{dt} = (\theta_0 - \theta_{\text{Ext}}) \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right) \cdot e^{-t/\tau} = -\frac{1}{\tau} \cdot (\theta_0 - \theta_{\text{Ext}}) \cdot e^{-t/\tau}$$

Étape 2 : Calcul de $\frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta}{\tau}$

On ajoute maintenant $\frac{\theta}{\tau}$ à cette dérivée :

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta}{\tau} = -\frac{1}{\tau} \cdot (\theta_0 - \theta_{\text{Ext}}) \cdot e^{-t/\tau} + \frac{1}{\tau} \cdot [(\theta_0 - \theta_{\text{Ext}}) \cdot e^{-t/\tau} + \theta_{\text{Ext}}]$$

Développons :

$$= -\frac{1}{\tau} \cdot (\theta_0 - \theta_{\text{Ext}}) \cdot e^{-t/\tau} + \frac{1}{\tau} \cdot (\theta_0 - \theta_{\text{Ext}}) \cdot e^{-t/\tau} + \frac{1}{\tau} \cdot \theta_{\text{Ext}}$$

On voit que les deux premiers termes s'annulent :

$$\left(-\frac{1}{\tau} + \frac{1}{\tau}\right) \cdot (\theta_0 - \theta_{\text{Ext}}) \cdot e^{-t/\tau} = 0$$

Il ne reste donc que :

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta}{\tau} = \frac{\theta_{\text{Ext}}}{\tau}$$

Ce qui correspond exactement au membre de droite de l'équation différentielle.

Exemple

2) Etablir l'expression de la durée pour que le fer soit refroidi.

Étape 1 : Isoler le terme exponentiel

$$\theta(t) - \theta_{\text{Ext}} = (\theta_0 - \theta_{\text{Ext}}) \cdot e^{-t/\tau}$$



$$\frac{\theta(t) - \theta_{\text{Ext}}}{\theta_0 - \theta_{\text{Ext}}} = e^{-t/\tau}$$

Étape 2 : Appliquer le logarithme népérien

$$\ln\left(\frac{\theta(t) - \theta_{\text{Ext}}}{\theta_0 - \theta_{\text{Ext}}}\right) = -\frac{t}{\tau}$$

Étape 3 : Isoler t

$$t = -\tau \cdot \ln\left(\frac{\theta(t) - \theta_{\text{Ext}}}{\theta_0 - \theta_{\text{Ext}}}\right)$$

The background features a complex, abstract pattern of overlapping, colorful wave-like shapes in shades of blue, purple, and red, set against a dark gradient. A semi-transparent dark rectangle is centered in the upper half of the image, serving as a backdrop for the text.

THÈME :
CARACTÉRISER LES
PHÉNOMÈNES
ONDULATOIRES

Savoir :

Intensité sonore, intensité sonore de référence, niveau d'intensité sonore.

Exploiter l'expression donnant le niveau d'intensité sonore d'un signal.

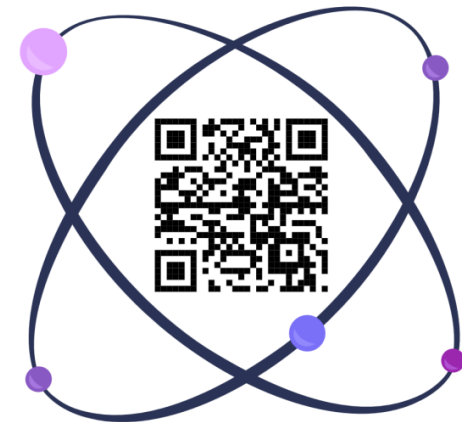
Atténuation (en dB).

$$A : \text{en dB} \longrightarrow A = L_i - L_f \longleftarrow L_f : \text{en dB}$$

$L_i : \text{en dB}$

Exemple

Vidéo intensité sonore



Savoir :

Diffraction d'une onde par une ouverture : conditions d'observation et caractéristiques.

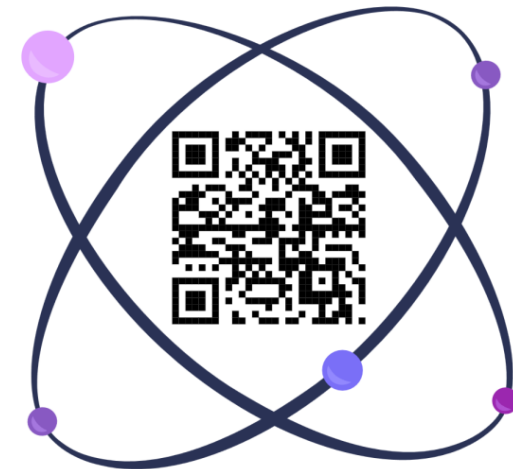
Angle caractéristique de diffraction.

Caractériser le phénomène de diffraction dans des situations variées et en citer des conséquences concrètes.

Exploiter la relation exprimant l'angle caractéristique de diffraction en fonction de la longueur d'onde et de la taille de l'ouverture.

Exemple

Vidéo diffraction



Savoir :

Interférences de deux ondes, conditions d'observation.

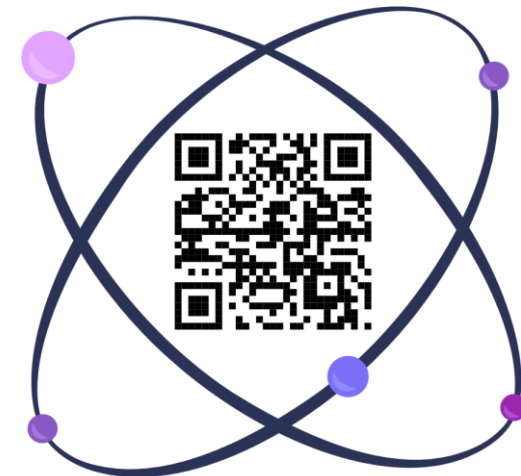
Caractériser le phénomène d'interférences de deux ondes et en citer des conséquences concrètes.

Interférences constructives, Interférences destructives.

Établir les conditions d'interférences constructives et destructives de deux ondes issues de deux sources ponctuelles en phase dans le cas d'un milieu de propagation homogène.

Exemple

Vidéo interférence



Savoir :

Interférences de deux ondes lumineuses, différence de chemin optique, conditions d'interférences constructives ou destructives.

Prévoir les lieux d'interférences constructives et les lieux d'interférences destructives dans le cas des trous d'Young, l'expression linéarisée de la différence de chemin optique étant donnée. Établir l'expression de l'interfrange.

Exemple

1) Rappeler la définition de l'interfrange i et l'illustrer par un schéma

L'interfrange i est la distance qui sépare deux franges brillantes (ou deux franges sombres) consécutives dans une figure d'interférence.

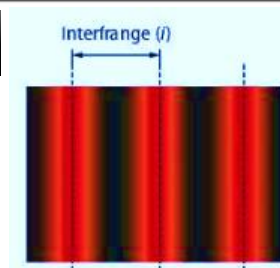
Elle apparaît notamment dans l'expérience des fentes de Young, où deux ondes lumineuses issues d'une même source interfèrent.

La formule de l'interfrange est : avec :

$$i = \frac{\lambda \cdot D}{a}$$

- λ : la longueur d'onde de la lumière utilisée (en m),
- D : la distance entre les fentes et l'écran (en m),
- a : la distance entre les deux fentes (en m),
- i : l'interfrange (en m).

Schéma



2) Montrer que la relation liant l'interfrange i et l'espacement b est :

$$i = \frac{D}{b} \lambda$$

sachant

$$\delta(M) = \frac{b}{D} x$$

On isole x

$$x = \frac{D}{b} \cdot \delta(M)$$

Expression de l'interférence constructive $\delta = k \cdot \lambda$

On combine les deux formules

$$x = k \times \lambda \times \frac{D}{b}$$

L'interfrange est la distance entre le centre de deux franges brillantes consécutives ou deux franges sombres consécutives.

$$i = x_{k+1} - x_k$$

En remplaçant :

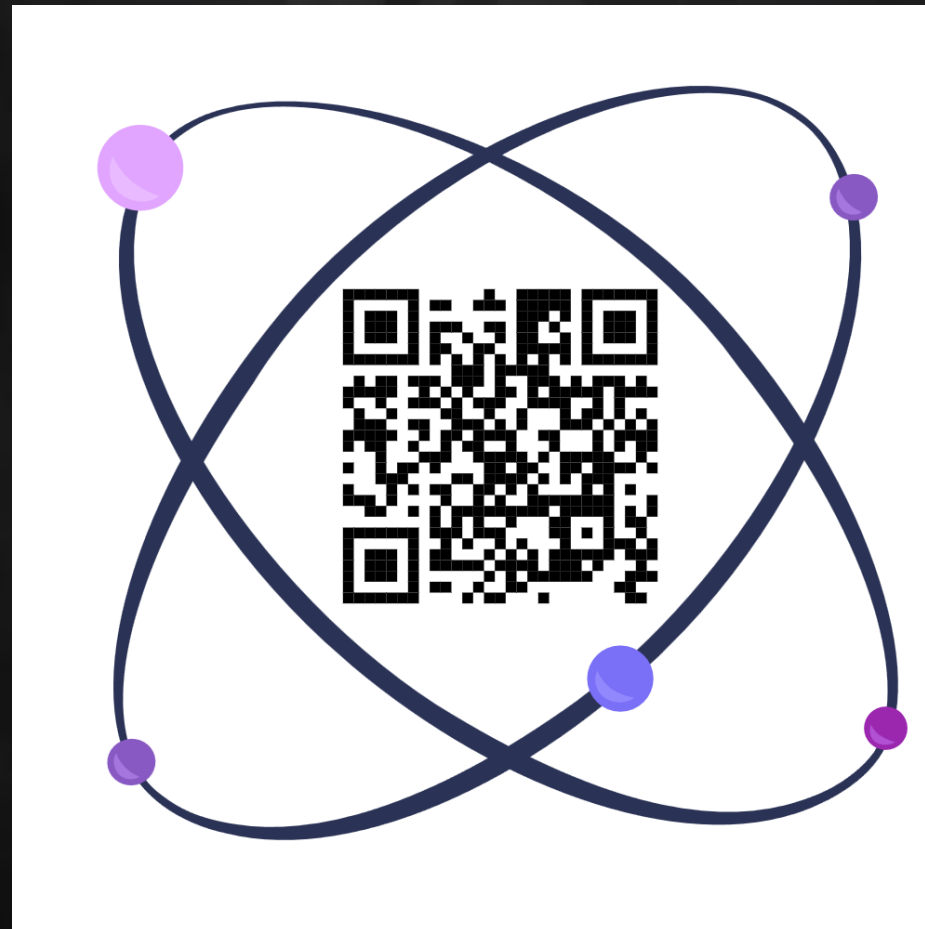
$$i = \left(\frac{D}{b} \cdot (k+1) \cdot \lambda \right) - \left(\frac{D}{b} \cdot k \cdot \lambda \right)$$

$$i = \frac{D}{b} \cdot \lambda \cdot ((k+1) - k)$$

$$i = \frac{D}{b} \lambda$$



EFFET DOPPLER



Savoir :

Effet Doppler.

Décrire et interpréter qualitativement les observations correspondant à une manifestation de l'effet Doppler.

Exemple

L'effet Doppler est le changement apparent de fréquence d'une onde (sonore, lumineuse, etc.) perçue par un observateur lorsque la source de l'onde et l'observateur sont en mouvement relatif l'un par rapport à l'autre.

- Si la source se rapproche de l'observateur, la fréquence perçue augmente (son plus aigu).
- Si la source s'éloigne, la fréquence perçue diminue (son plus grave).

Décalage Doppler

Établir l'expression du décalage Doppler dans le cas d'un observateur fixe, d'un émetteur mobile et dans une configuration à une dimension.

Exploiter l'expression du décalage Doppler dans des situations variées utilisant des ondes acoustiques ou des ondes électromagnétiques.

Exemple

1. Définition du décalage Doppler

avec :

Le décalage en fréquence est défini par :

$$\Delta f = f_r - f_e$$

- f_r : fréquence **reçue** par l'observateur,
- f_e : fréquence **émise** par la source.

2. Fréquence reçue (formule Doppler)

On a vu précédemment :

$$f_r = f_e \cdot \frac{v}{v \pm v_s}$$

(on utilise le signe - si la source s'approche, + si elle s'éloigne)

3. Calcul du décalage Δf

$$\Delta f = f_r - f_e = f_e \cdot \left(\frac{v}{v \pm v_s} - 1 \right)$$

On met au même dénominateur :

$$\Delta f = f_e \cdot \left(\frac{v - (v \pm v_s)}{v \pm v_s} \right)$$

Cela donne :

- Si la source **s'approche** (signe "-") :

$$\Delta f = f_e \cdot \left(\frac{v - (v - v_s)}{v - v_s} \right) = f_e \cdot \frac{v_s}{v - v_s}$$

- Si la source **s'éloigne** (signe "+") :

$$\Delta f = f_e \cdot \left(\frac{v - (v + v_s)}{v + v_s} \right) = -f_e \cdot \frac{v_s}{v + v_s}$$

- Le signe "+" (donc fréquence augmentée) si la source **s'approche** ;
- Le signe "-" (fréquence diminuée) si elle **s'éloigne**.

The background of the slide features a dark, atmospheric scene of a crowd at night. A prominent, bright purple light beam originates from the top right corner, casting a strong glow across the upper half of the image. The crowd below is mostly in shadow, with some individuals visible in the lower left and center, their forms partially illuminated by the ambient light. The overall mood is mysterious and high-tech.

THÈME :
FORMER DES IMAGES,
DÉCRIRE LA LUMIÈRE PAR UN
FLUX DE PHOTONS

Savoir :

Modèle optique d'une lunette astronomique avec objectif et oculaire convergents.

Représenter le schéma d'une lunette afocale modélisée par deux lentilles minces convergentes ; identifier l'objectif et l'oculaire.

Représenter le faisceau émergent issu d'un point objet situé « à l'infini » et traversant une lunette afocale.

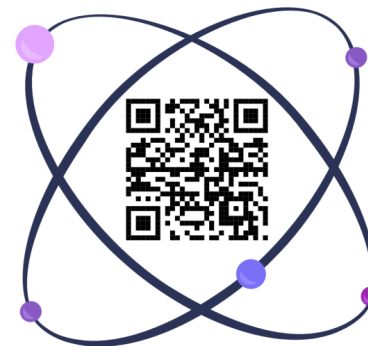
Grossissement.

Établir l'expression du grossissement d'une lunette afocale.

Exploiter les données caractéristiques d'une lunette commerciale.

Exemple

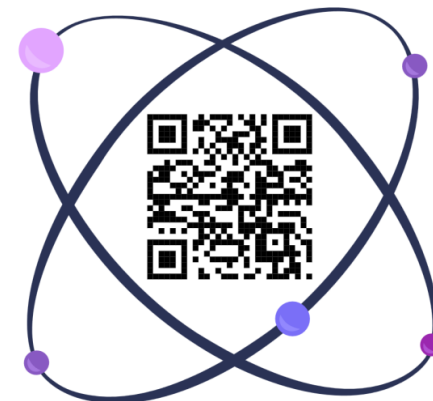
Vidéo lunette astronomique



Exemple

1) Proposer un choix de lentilles pour l'objectif et l'oculaire permettant à l'observateur de distinguer confortablement les pales de l'éolienne.

Vidéo Grossissement



Savoir :

Le photon : énergie, vitesse, masse.

Effet photoélectrique.

Décrire l'effet photoélectrique, ses caractéristiques et son importance historique.

Effet photoélectrique — Description

L'effet photoélectrique est un phénomène où des électrons sont éjectés d'un matériau (généralement un métal) lorsqu'il est éclairé par une lumière suffisamment énergétique.

Principe

- Lorsqu'un **photon** (particule de lumière) arrive sur la surface d'un métal, il peut transmettre toute son énergie à un électron.
- Si cette énergie est **supérieure à une certaine valeur seuil** appelée **travail d'extraction** (énergie nécessaire pour extraire l'électron du métal), alors l'électron est éjecté.
- Sinon, aucun électron n'est éjecté, quelle que soit l'intensité lumineuse.

Caractéristiques principales

1. Seuil énergétique :

Il existe une fréquence minimale f_0 (ou une longueur d'onde maximale) sous laquelle l'effet ne se produit pas, même avec une forte lumière.

2. Dépendance à la fréquence, pas à l'intensité :

- L'énergie cinétique des électrons éjectés dépend de la fréquence f de la lumière (relation : $E_k = hf - W$),
- mais pas de son intensité (qui affecte seulement le nombre d'électrons éjectés).

$$E_{\text{photon}} = h \times \nu$$

Énergie en joules (J) Constante de Planck ($h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$) Fréquence en hertz (Hz)

$$E_{\text{photon}} = h \times \frac{c}{\lambda}$$

Célérité de la lumière dans le vide Longueur d'onde dans le vide en mètre (m)

Cette expérience historique met en évidence le **caractère corpusculaire de lumière** (photon) qui ne peut plus être considérée comme une onde.

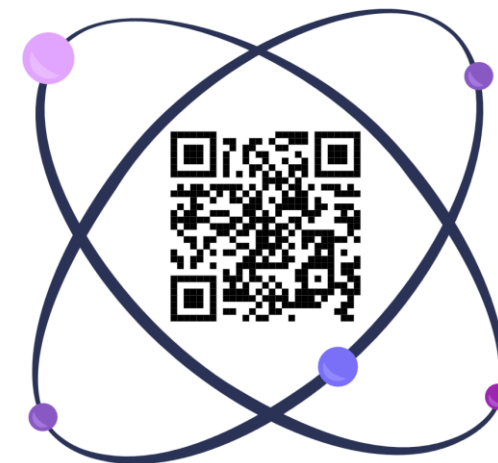
1839, présentation par Antoine Becquerel de l'effet photoélectrique.

1887, compréhension du phénomène par Heinrich Rudolf Hertz.

1905, explication par Albert Einstein (concept de photon)

► La **théorie ondulatoire** ne permet pas d'expliquer l'existence d'une fréquence seuil du rayonnement magnétique à partir de laquelle l'émission d'électron se produit. C'est le **modèle corpusculaire**, celui du photon, qui permet d'expliquer l'effet photoélectrique.

► L'**augmentation de l'intensité du rayonnement** permet uniquement un **accroissement du nombre de photons** émis par la source.



Savoir :

Travail d'extraction.

Établir, par un bilan d'énergie, la relation entre l'énergie cinétique des électrons et la fréquence.

Expliquer qualitativement le fonctionnement d'une cellule photoélectrique.

Exemple

Un photon d'énergie $E_{\text{photon}} = 5,03 \text{ eV}$ extrait, par effet photoélectrique, des électrons à un morceau de fer métallique.

1) Écrire la relation entre l'énergie du photon incident E_{photon} , le travail d'extraction $W_{\text{extraction}}$ et l'énergie maximale E_{Cmax} d'un électron extrait.

Relation entre l'énergie du photon incident E_{photon} , le travail d'extraction $W_{\text{extraction}}$ et l'énergie maximale E_{Cmax} d'un électron extrait.

$$E_{\text{photon}} = W_{\text{extraction}} + E_{\text{Cmax}}$$

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

ν_{photon}	La fréquence du photon en hertz (Hz)
$W_{\text{extraction}}$	Travail d'extraction en joule (J) ou électron-volt (eV) 1 eV = $1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
m_e	Masse de l'électron $m_e = 9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$
v_{max}	Vitesse maximale de l'électron en mètre par seconde (m.s^{-1})
h	Constante de Planck : $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

2) Calculer, en joule, l'énergie cinétique maximale de l'électron arraché.

Données :

- Constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
- $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- 1 eV = $1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
- Pour le fer : $W_{\text{extraction}} = 4,67 \text{ eV}$.
- Masse de l'électron : $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

Relation entre l'énergie du photon incident E_{photon} , le travail d'extraction $W_{\text{extraction}}$ et l'énergie maximale E_{Cmax} d'un électron extrait.

$$E_{\text{photon}} = 5,03 \text{ eV}$$

$$W_{\text{extraction}} = 4,67 \text{ eV}$$

$$E_{\text{photon}} = W_{\text{extraction}} + E_{\text{Cmax}}$$

$$E_{\text{Cmax}} = 5,03 - 4,67$$

$$E_{\text{Cmax}} \approx 0,360 \text{ eV}$$

$$E_{\text{Cmax}} \approx 5,76 \times 10^{-20} \text{ J}$$

3) Calculer la vitesse d'extraction de l'électron arraché.

Formule à utiliser :

$$E_{\text{Cmax}} = \frac{1}{2} m_e v_{\text{max}}^2 \Rightarrow v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2E_{\text{Cmax}}}{m_e}}$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2 \times 5,76 \times 10^{-20}}{9,11 \times 10^{-31}}} = \sqrt{1,264 \times 10^{11}} \approx 3,55 \times 10^5 \text{ m/s}$$

4) Calculer la fréquence de la radiation.

$$E_{\text{photon}} = h\nu \Rightarrow \nu = \frac{E_{\text{photon}}}{h} \quad \nu = \frac{8,055 \times 10^{-19}}{6,626 \times 10^{-34}} \approx 1,215 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

5) Calculer la longueur d'onde dans le vide la radiation.

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

$$\lambda = \frac{3,00 \times 10^8}{1,215 \times 10^{15}} \approx 2,47 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda \approx 247 \text{ nm}$$

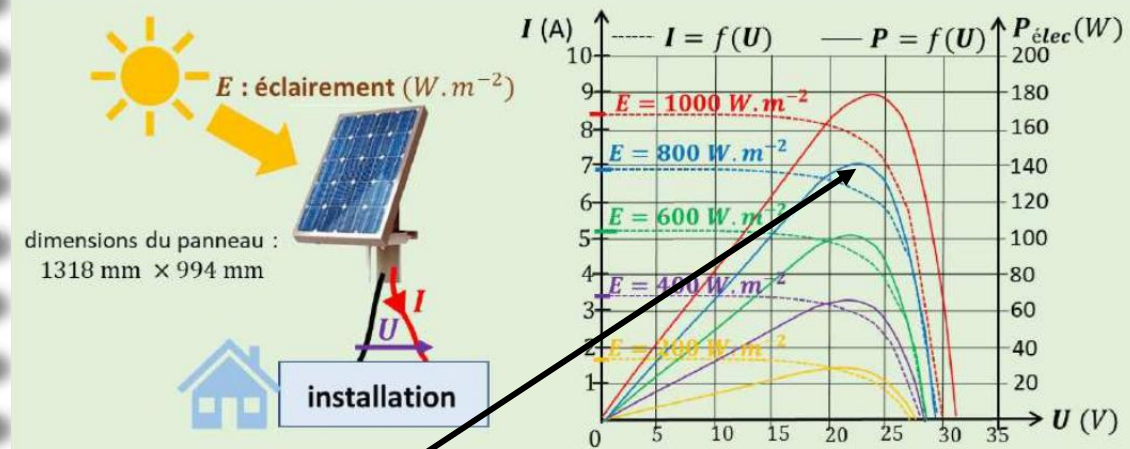
Savoir :

Absorption et émission de photons.

Enjeux énergétiques :
rendement d'une cellule photovoltaïque.

Citer quelques applications actuelles mettant en jeu l'interaction photon-matière (capteurs de lumière, cellules photovoltaïques, diodes électroluminescentes, spectroscopies UV-visible et IR, etc.).

Exemple



1) Calculer le rendement du panneau photovoltaïque pour un éclairement moyen d'environ 800 W.m^{-2} .

$$P_{\text{élec,max}} = 140 \text{ W}$$

$$P_{\text{lumineuse}} = E \cdot S_{\text{panneau}}$$

$$P_{\text{lumineuse}} = 800 \times (1,318 \times 0,994)$$

$$P_{\text{lumineuse}} = 1,05 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{élec}}}{P_{\text{lumineuse}}} \times 100 = \frac{0,140}{1,05} \times 100 = 13 \%$$

A close-up photograph of a black, cylindrical electrical component, possibly a solenoid or actuator, with a copper wire inserted into its front. The component has some white markings and a textured surface. The background is blurred, showing other parts of the assembly.

THÈME : ÉTUDIER LA DYNAMIQUE D'UN SYSTÈME ÉLECTRIQUE

Savoir :

Intensité d'un courant électrique en régime variable.

Relier l'intensité d'un courant électrique au débit de charges.

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

- $i(t)$: intensité instantanée du courant (en ampères, A),
- $q(t)$: charge électrique instantanée (en coulombs, C),
- $\frac{dq(t)}{dt}$: dérivée de la charge par rapport au temps.

Comportement capacitif.

Un condensateur est un composant capable de stocker des charges électriques sur deux plaques séparées par un isolant.

Identifier des situations variées où il y a accumulation de charges de signes opposés sur des surfaces en regard.

- Deux plaques métalliques parallèles et proches l'une de l'autre.
- Une plaque porte des charges positives, l'autre des charges négatives.
- C'est le principe de base d'un condensateur, où l'énergie est stockée dans le champ électrique entre les plaques.

Modèle du condensateur.

Citer des ordres de grandeur de valeurs de capacités usuelles.

Type de condensateur	Capacité typique	Rappels d'unités :
Condensateur céramique	de 1 pF à 1 µF	• 1 F (farad) = très grande capacité
Condensateur électrolytique	de 1 µF à 10 000 µF (10 mF)	• 1 mF = 10 ⁻³ F
Condensateur au tantale	de 0,1 µF à 470 µF	• 1 µF = 10 ⁻⁶ F
Condensateur polyester/film	de 100 nF à 10 µF	• 1 nF = 10 ⁻⁹ F
		• 1 pF = 10 ⁻¹² F

Capteurs capacitifs.

Expliquer le principe de fonctionnement de quelques capteurs capacitifs.

Comment ça fonctionne ?

- Le capteur crée un champ électrique entre deux électrodes.
- Lorsqu'un objet (ou un doigt) s'approche ou modifie l'environnement du champ, cela modifie la capacité.
- L'électronique du capteur détecte ce changement → signal de détection.

Savoir :

Relation entre charge et tension; capacité d'un condensateur

- $q = C \times u$
- q = charge (en coulombs, C)
 - C = capacité du condensateur (en farads, F)
 - u = tension aux bornes du condensateur (en volts, V)
- $C = \varepsilon \cdot \frac{S}{d}$
- C = capacité (en farads, F)
 - ε = perméabilité électrique du diélectrique entre les plaques, en farads par mètre (F/m)
 - $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$
 - ε_0 = permittivité du vide $\approx 8,85 \times 10^{-12}$ F/m
 - ε_r = permittivité relative (dépend du matériau isolant)
 - S = surface d'une plaque (en m²)
 - d = distance entre les deux plaques (en mètres)

Modèle du circuit RC série :
charge d'un condensateur par une source idéale de tension, décharge d'un condensateur, temps caractéristique.

Établir et résoudre l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes d'un condensateur dans le cas de sa charge par une source idéale de tension et dans le cas de sa décharge.

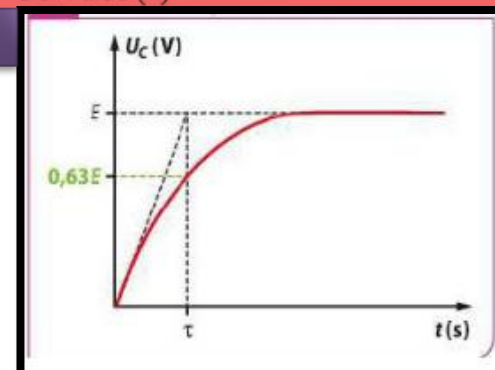
Exemple

τ en seconde (s) → $\tau = R \times C$

R en Ohm (Ω)

C en Farad (F)

En charge :

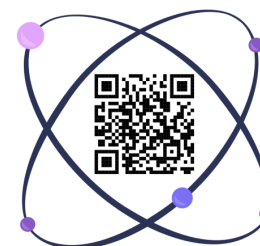


BAC
PHYSIQUE-CHIMIE

révise la
L'équation différentielle de la charge d'un condensateur

Cette question tombe très souvent !

f q in



BAC
PHYSIQUE-CHIMIE

révise comment
Vérifier une solution d'équation différentielle de la charge d'un condensateur

Cette question tombe très souvent !

f q in



Savoir :

Relation entre charge et tension; capacité d'un condensateur

$$q = C \times u$$

- q = charge (en coulombs, C)
- C = capacité du condensateur (en farads, F)
- u = tension aux bornes du condensateur (en volts, V)

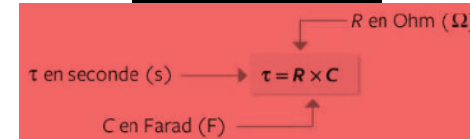
$$C = \varepsilon \cdot \frac{S}{d}$$

- C = capacité (en farads, F)
- ε = perméabilité électrique du diélectrique entre les plaques, en farads par mètre (F/m)
 $\rightarrow \varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$
 - ε_0 = permittivité du vide $\approx 8,85 \times 10^{-12}$ F/m
 - ε_r = permittivité relative (dépend du matériau isolant)
- S = surface d'une plaque (en m²)
- d = distance entre les deux plaques (en mètres)

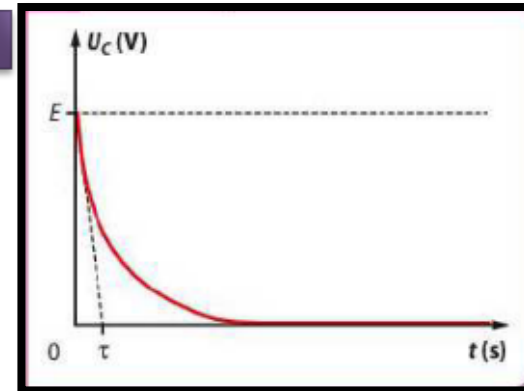
Modèle du circuit RC série :
charge d'un condensateur par une source idéale de tension, décharge d'un condensateur, temps caractéristique.

Établir et résoudre l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes d'un condensateur dans le cas de sa charge par une source idéale de tension et dans le cas de sa décharge.

Exemple



En décharge :



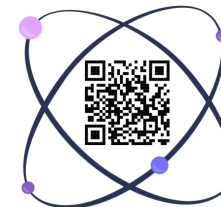
EdukActif
Accompagnement Scolaire

BAC
PHYSIQUE-CHIMIE

révise
L'équation différentielle de la décharge d'un condensateur

Cette question tombe très souvent !

f o in



EdukActif
Accompagnement Scolaire

BAC
PHYSIQUE-CHIMIE

révise
Vérifier une solution d'équation différentielle de la décharge d'un condensateur

Cette question tombe très souvent !

f o in

