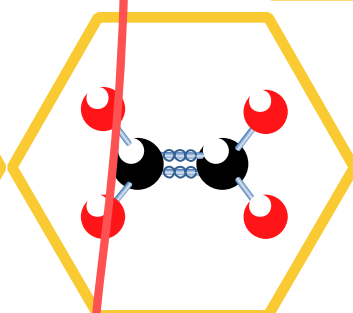




SUBRINI
Depuis 1960



Zakaryae.chrik@gmail.com

Lycée Mohamed 5 casa

Zakaryae chriki

Sommaire

Physique

➤ Introduction.....	2
➤ Les ondes Mécaniques Progressives.....	5
➤ Les Ondes Mécaniques Progressives Périodiques.....	7
➤ Les ondes Lumineuses.....	14
➤.Décroissance Radioactive.....	19
➤ Noyaux, Masses, Energie.....	25
➤ Le Dipôle RC.....	28
➤ Le Dipôle RL.....	37
➤ Le Cricuit RLC libre.....	46
➤ Le Cricuit RLC libre.....	46
➤ Un rappel sur la mécanique	51
➤ Les lois de Newton.....	55
➤ La chute d'un corps solide et Mvt d'un projectile.....	63
➤ Pendule elastique	66

Chimie

➤ Rappel.....	74
➤ Suivi temporel d'une transformation chimique.....	75
➤ Les réactions acido-basique	
➤ Les transformations spontanées dans les piles.....	93
➤ La chimie organique	95

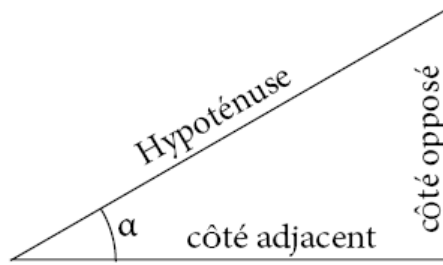
Exemples des concours

➤ Concours 1,2,3,4,5,6,7,8,.....	105
➤ Concours de 2020 à 2022.....	148

Complément Mathématique

1- Formules trigonométriques

- $\cos \alpha = \frac{\text{coté adjacent}}{\text{hypoténuse}}$
- $\sin \alpha = \frac{\text{coté opposé}}{\text{hypoténuse}}$
- $\tan \alpha = \frac{\text{coté opposé}}{\text{coté adjacent}} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$
- $\cos^2(\alpha) + \sin^2(\alpha) = 1$
- $2 \cdot \cos(\alpha) \cdot \sin(\alpha) = \sin(2\alpha)$



- $\cos(a + b) = \cos(a) \cdot \cos(b) - \sin(a) \cdot \sin(b)$
- $\sin(a + b) = \sin(a) \cdot \cos(b) + \sin(b) \cdot \cos(a)$

2- Dérivée

La dérivée $f'(t)$ est notée : $\frac{df(t)}{dt}$ (notation différentielle)

- $(a.f)' = a.f'$
- $(f.g)' = f'.g + g'.f$
- $\left(\frac{f}{g}\right)' = \frac{f'.g - g'.f}{g^2}$
- $(f(g))' = f'(g).g'$
- $(f^n)' = n.f^{n-1}.f'$
- $(\sqrt{f})' = \frac{f'}{2\sqrt{f}}$
- $(\cos(a.t + b))' = -a \sin(a.t + b)$
- $(\sin(a.t + b))' = a \cos(a.t + b)$

3- Logarithmes

3-1- Logarithme népérien :

a- Quelques formules :

- $\ln(a.b) = \ln(a) + \ln(b)$
- $\ln\left(\frac{a}{b}\right) = \ln(a) - \ln(b)$
- $\ln(a^n) = n \cdot \ln(a)$
- $\ln(1) = 0$
- $\ln(e) = 1$ ($e \approx 2,718$)
- $(\ln f)' = \frac{f'}{f}$

b- Fonction réciproque :

C'est la fonction exponentielle noté (e) tel que : $\ln(x) = a \Leftrightarrow x = e^a$ Sa dérivée : $(e^f)' = f'.e^f$
(Exemple : $(e^{a.t})' = a.e^{a.t}$)

3-2- Logarithme décimal :

a- Définition :

$\log(x) = \frac{\ln(x)}{\ln(10)}$ Mêmes formules que Ln, sauf : $\log(10) = 1$

b- Fonction réciproque :

C'est la fonction puissance de base 10 $\log(x) = a \Leftrightarrow x = 10^a$

Remarque : $\ln$ et $\log$ sont des fonctions croissantes. $a > b \Leftrightarrow \ln(a) > \ln(b)$

4- Equation différentielle du premier ordre

C'est une équation de la forme : $\frac{dy}{dt} + \frac{1}{\tau}.y = b$

- « τ » la constante de temps du système ;
- « b » la valeur de y en régime permanent (lorsque y devient constante).

La solution de cette équation s'écrit sous la forme : $y(t) = A.e^{-\alpha t} + B$

NB : α et A doivent être non nulles, B le peut selon le cas.

Méthode à suivre pour résoudre cette équation différentielle :

- Remplacer l'expression de $y(t)$ dans l'équation différentielle. $-\alpha A e^{-\alpha t} + \frac{1}{\tau} (A e^{-\alpha t} + B) = b$

- Factoriser sous la forme : $A.e^{-\alpha t}(-\alpha + \frac{1}{\tau}) = b - \frac{B}{\tau}$
- Imposer la condition pour que cette égalité (entre un terme variable et un autre constant), soit vérifiée : $\begin{cases} -\alpha + 1/\tau = 0 \\ b - B/\tau = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \alpha = 1/\tau \\ B = b.\tau \end{cases}$
- Utiliser les conditions initiales Pour déterminer A.

Exemples : * $y(0) = 0 \Rightarrow A + B = 0 \Leftrightarrow A = -B$ * $y(0) = E \Rightarrow A + B = E \Leftrightarrow A = E - B$

Analyse Dimensionnelle

1-Unités internationales et équation aux dimensions

- ❖ Deux grandeurs A et B sont homogènes, s'il existe un nombre α tel que $A = \alpha B$, on dit que A et B ont la même dimension.
- ❖ On associe à chaque relation une équation dont les deux membres sont les dimensions des grandeurs utilisés dans la relation.
- ❖ Le système international d'unités (SI) se compose de sept unités :

Grandeur	Longueur	Masse	Durée	Intensité du courant	Quantité de matière	Température	Intensité lumineuse
Unité	mètre	kilogramme	seconde	Ampère	mol	Kelvin	Candela
Symbole de l'unité	m	kg	s	A	mol	K	Cd
Symbole de la dimension	L Longueur	M Masse	T Temps	I Intensité	N Nombre de moles	Θ	J

- ❖ On utilise souvent les quatre premières unités.
- ❖ On désigne la dimension d'une grandeur par son symbole entre crochets sauf les grandeurs du système international.

Exemple : [F] désigne la dimension de la force

2-Règles d'écriture des équations aux dimensions

- ❖ Une équation aux dimensions s'écrit entre les scalaires associés aux grandeurs de la relation.
- ❖ Les deux membres d'une égalité ont la même dimension.
- ❖ Les éléments d'une somme ou soustraction ont la même dimension:

$$[A + B] = [A] = [B] \quad \text{et} \quad [A - B] = [A] = [B]$$

- ❖ La dimension d'un produit est égale au produit des dimensions $[A.B] = [A].[B]$

- ❖ La dimension d'un rapport est égale au rapport des dimensions. $\left[\frac{A}{B}\right] = \frac{[A]}{[B]}$

- ❖ Le rapport de deux grandeurs de même dimension est sans dimension. $[A] = [B] \Rightarrow \frac{[A]}{[B]} = 1$

3-Applications

3-1- Détermination de la dimension d'une grandeur :

Exemple1 : Dimension de la force

Relation	Équation aux dimensions
$\vec{W}_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overline{AB}$	$[F] = \frac{[W]}{L}$
$E_c = \frac{1}{2} m v^2$	$[W] = [E] = M(L T^{-1})^2$
	$[F] = \frac{M L^2 T^{-2}}{L} = M L T^{-2}$

Exemple2 : Dimension de l'intensité de pesanteur g .

Relation	Équation aux dimensions
$P = mg$	$[g] = \frac{[P]}{M} = \frac{MLT^{-2}}{M}$ $[g] = LT^{-2}$

Méthode de calcul

$$\frac{1}{2} = 0,5$$

$$\frac{1}{3} = 0,33$$

$$\frac{1}{4} = 0,25$$

$$\frac{3}{4} = 0,75$$

$$\frac{1}{750} = \frac{1}{0,75 \times 10^3} = \frac{1}{3} \times 10^{-3} = 4 \times 0,33 \times 10^{-3}$$

$$\frac{1}{5} = \frac{1 \times 2}{5 \times 2} = \frac{2}{10} = 0,2$$

$$\frac{1}{25} = \frac{1 \times 4}{25 \times 4} = \frac{4}{100} = 0,04$$

$$\frac{1}{50} = \frac{1 \times 2}{50 \times 2} = \frac{2}{100} = 0,02$$

Calculer $10^{-3,25}$ aide : $10^{0,75} = 5,6$

$$-3,25 = -4 + 0,75$$

donc $10^{-3,25} = 10^{-4} \cdot 10^{0,75} = 10^{-4} \times 5,6$

Calculer $10^{-5,22}$ aide $10^{0,78} = 6,02$

$$-5,22 = -6 + 0,78$$

donc $10^{-5,22} = 10^{-6} \cdot 10^{0,78} = 10^{-6} \times 6,02$

$$\sqrt{2} = 1,4$$

$$\sqrt{3} = 1,73$$

$$\sqrt{10} = 3,16$$

$$\ln 2 = 0,69$$

$$\ln 3 = 1,1$$

$$\ln 10 = 2,3$$

$$\log 2 = 0,3$$

$$\log 3 = 0,48$$

$$\log 10 = 1$$

$$\sqrt{10^6} = 10^3$$

$$\sqrt{10^7} = \sqrt{10^6 \cdot 10^1} = 10^3 \cdot \sqrt{10} = 10^3 \times 3,16$$

$$\sqrt{10^{-7}} = \sqrt{10^{-8} \cdot 10^1} = \sqrt{10^{-6} \cdot 10^1} = 10^{-4} \times 3,16$$

$$\sqrt{7} = \sqrt{8} = 2\sqrt{2} = 2,8 \quad (\text{on monte } +1 \text{ ou } -1)$$

$$\sqrt{6} = \sqrt{3} \times \sqrt{2} = 1,73 \times 1,4$$

$$\sqrt{173} = \sqrt{172} = \sqrt{4 \times 43}$$

$$= 2\sqrt{43}$$

$$\approx 2\sqrt{44}$$

$$\approx 2\sqrt{49 \times 4}$$

$$= 4\sqrt{49}$$

$$\approx 4\sqrt{50}$$

$$\approx 4 \times 3,16$$

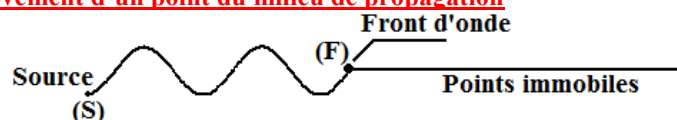
$$\approx 12,64$$

- Le signal est une **perturbation** (modification locale et temporaire) qui se propage dans un milieu matériel élastique
- Une **onde progressive** correspond à la propagation dans l'espace et au cours du temps d'une perturbation.
- Une **onde mécanique** correspond à la propagation d'une perturbation **dans un milieu matériel** sans transport de matière. L'onde ne transporte que de l'énergie
- On appelle **onde mécanique progressive**, Onde résultant de la perturbation d'un milieu par une source.
- Un **milieu élastique** est un milieu qui reprend sa forme initiale après le passage de l'onde mécanique
- L'onde se propage **dans** toutes les directions qui lui sont offertes.

1. Mouvement d'un point M du milieu matériel.

- La perturbation créée au point S de la corde au temps t_0 (Souvent $t_0=0$) se propage de proche en proche à une vitesse précise.
- Toute onde est caractérisé par une source (S), une durée d'onde (durée nécessaire de passage de l'onde par un point), une amplitude et une longueur d'onde
- Chaque point du milieu matériel reproduit la perturbation de la source S.
- La perturbation au point M reproduit la perturbation de la source S avec un retard τ , car la perturbation met un certain temps pour progresser de S à M

2. Front d'onde et mouvement d'un point du milieu de propagation



- L'onde débute de la source (S)
- La Source (S)
 - Le premier point qui se met en mouvement
 - Débute souvent son mouvement à l'instant $t_0=0s$ (les autres points sont immobiles à t_0)
- Le Front d'onde (F)
 - Le point le plus lointain de la source (S) suivis, et dans le sens du mouvement, d'un trait horizontal (indiquant les points immobiles)
 - Informe sur le premier mouvement :
 - De la source (S) à l'instant t_0
 - Réaliser par un point lors de la réception de l'onde à un instant t
 - Que réaliseras un point une fois l'onde y parviens

NB :

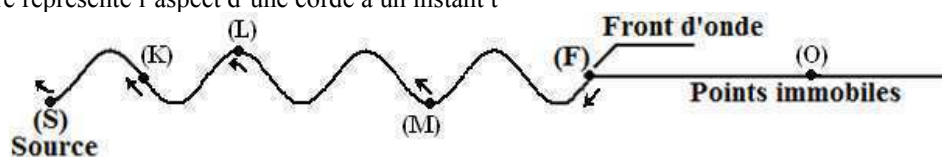
Tous les points (quand la perturbation y parviens à l'instant t) reproduisent la même perturbation que la source (S) (perturbation créée à l'instant t_0)

3. Sens de mouvement d'un point

Du point on suit légèrement l'allure de l'onde vers la source (S) on peut déterminer :

- Le sens du mouvement d'un point
- Le sens de mouvement du front (F) et en déduire le premier mouvement de chaque point et en particulier celui de la source (S)

Exemple : La figure représente l'aspect d'une corde à un instant t

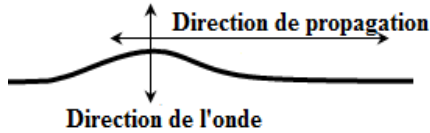


Le point	(S)	(K)	(L)	(M)	(N)	(O)
Mouvement à $t_0=0$	Vers le bas	----- immobile -----				
Mouvement à t	Vers le haut	Vers le haut	Vers le bas	Vers le haut	Vers le bas	Immobile
Le premier mouvement	----- C'est le mouvement du front et c'est vers la bas -----					

4. Les types d'ondes :

Ondes transversales :

Une onde est transversale lorsque la déformation du milieu de matériel a lieu perpendiculairement à la direction de propagation de la perturbation.



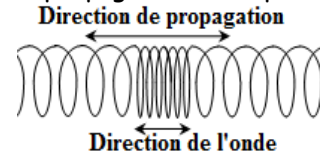
Exemples :

Une onde se propageant :

- À la surface de l'eau
- Le long d'une corde.

Ondes longitudinales :

Une onde est longitudinale si la déformation du milieu matériel a lieu parallèlement à la direction de propagation de la perturbation.



Exemples :

- Une onde se propageant dans un ressort.
- L'onde sonore.

- La direction dans laquelle se propage la perturbation est la direction de propagation de l'onde.

5. Définition de la célérité (vitesse).

La célérité v d'une onde progressive est égale au quotient de la distance d séparant deux points M_1 et M_2 du milieu par la durée Δt qui sépare les dates t_1 et t_2 de passage de l'onde en ces deux points.

$$v = \frac{M_1 M_2}{t_2 - t_1} = \frac{d}{\Delta t}$$

6. Facteurs influençant la célérité.

- La vitesse de propagation de l'onde est une propriété du milieu. Elle dépend en effet des qualités d'élasticité du milieu et de son inertie (c'est-à-dire de la difficulté plus ou moins grande à le mettre en mouvement : plus l'inertie du milieu est grande, la vitesse est faible).
- Dans un milieu linéaire, la célérité est indépendante de la forme et de l'amplitude du signal.
- Pour un même milieu, la célérité dépend du type d'onde considéré ($v_{\text{transversale}} \neq v_{\text{longitudinale}}$)
- La célérité d'une onde progressive est plus grande dans un solide, que dans un liquide, que dans un gaz. Elle dépend de la compressibilité du fluide. ($v_{\text{cuivre}} = 3600 \text{ m.s}^{-1}$; $v_{\text{eau}} = 1500 \text{ m.s}^{-1}$; $v_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$).

Remarques :

- t : temps ou instant ou date et caractérise un point qui est souvent le front de l'onde
- $\Delta t = \theta = \tau = t_2 - t_1$: durée (ou retard) entre deux points M_1 et M_2
- Aspect ou image ou forme de l'onde des mots souvent lié à la position du front de l'onde à un instant t

Exploiter la relation :

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

Une phrase

On précise la distance d et la durée de parcours Δt

Exemple :

L'onde parcourt 15cm pendant 10 seconde
 $d = 15 \text{ cm}$
 $\Delta t = 10 \text{ s}$

Graphiquement

et avec une indication sur la source (S)

L'onde est émise de la source à l'instant $t_0 = 0 \text{ s}$



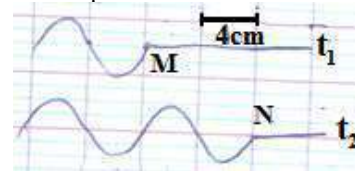
$$d = SM = 4 \times 4 = 16 \text{ cm}$$

$$\Delta t = t_1 - t_0 = t_1$$

Graphiquement

et sans aucune indication sur la source (S)

L'onde passe par le point M à l'instant t_1 et par le point N à l'instant t_2

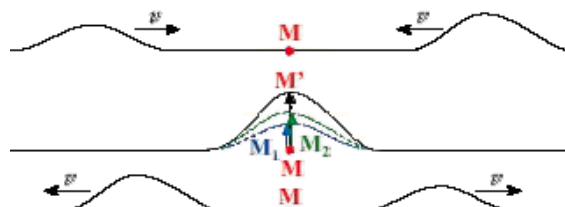


$$d = MN = 2 \times 4 = 8 \text{ cm}$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

7. Superposition de deux ondes.

- Deux ondes mécaniques peuvent se superposer sans se perturber.
- Lorsque les deux perturbations se croisent, leurs amplitudes s'ajoutent algébriquement.
- Après le croisement, chaque perturbation reprend sa forme propre.



1° Définition.

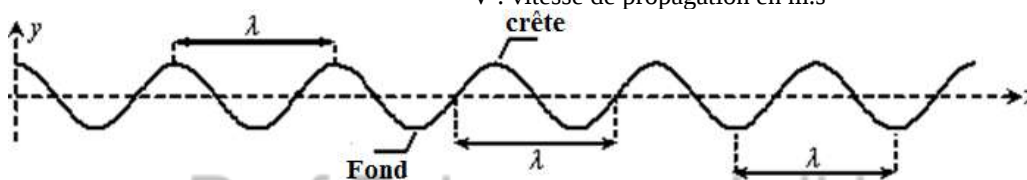
Une **onde progressive mécanique périodique** est le phénomène qui accompagne la propagation, dans un milieu matériel d'un signal (perturbation) se répétant identique à lui-même à intervalles de temps identiques appelés période T .

2° Double périodicité du phénomène.

λ : La longueur d'onde (**période spatiale**)
 : La distance parcourue pendant un intervalle de temps égal à la période T
 : La distance entre deux crêtes (sommets) consécutifs (ou entre deux fonds (creux) consécutifs)
 : La distance entre deux points qui vibrent de la même manière à un instant donné
 : La distance séparant deux perturbations consécutives

T : Période (**période temporelle**)
 : La durée nécessaire pour parcourir une distance égale à la longueur d'onde λ
 : La durée séparant l'arrivée de deux perturbations successives en un point

$$V = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot N \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} \lambda : \text{Longueur d'onde en mètre (m)} \\ T : \text{Période en seconde (s)} \\ N : \text{Fréquence en Hertz (Hz)} \\ V : \text{vitesse de propagation en m.s}^{-1} \end{array}$$



Prof. Zakaryae chriki

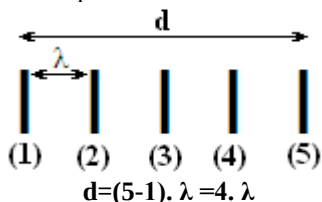
Comment déterminer la longueur d'onde λ ?

Une phrase

Déterminant le nombre de répétition de la période spatiale (λ) ou la période temporelle (T)

Exemple :

d est la distance entre la première et la cinquième crête

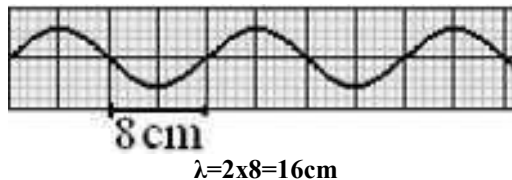


Avec une échelle

? cm/cm ou ? cm/div
 div est la division et représentée par un carré ou un rectangle

Exemple :

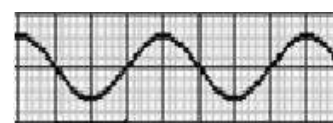
L'échelle $\frac{1}{8}$: chaque cm sur la figure représente 8cm dans le réel



Avec une règle

Echelle authentique (réelle)

Exemple :



Comment déterminer l'instant t_1 d'arrivée de l'onde à un point ?

L'onde débute son mouvement de la source (S) et souvent à l'instant $t_0=0$, la figure représente l'aspect de la corde à l'instant t_1

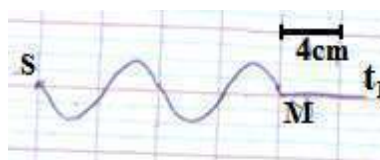
1ère méthode

Par la vitesse $V = \frac{d}{\Delta t}$

$$d = SM = 4 \times 4 = 16 \text{ cm}$$

D'où

$$\Delta t = \frac{d}{V} = t_1 - t_0 = t_1$$



2ème méthode

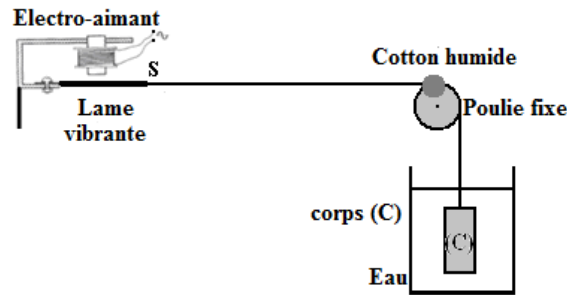
On détermine le nombre multiple de la longueur d'onde λ dans la distance d

$$\frac{d}{\lambda} = 2 \quad \text{donc} \quad \frac{\Delta t}{T} = 2$$

$$\text{alors} \quad \Delta t = 2 \cdot T = t_1 - t_0 = t_1$$

NB :

$V = \frac{d}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T}$ d'où $\frac{d}{\lambda} = \frac{\Delta t}{T} = C^{te} = k$ avec k le nombre de répétition de λ dans la distance d (ou le nombre de répétition de T dans la durée Δt)

PROPAGATION D'UNE ONDE MECANIQUE LE LONG D'UNE CORDE**Rôle de :**

- Electro-aimant : pour faire vibrer la lame vibrante
- La lame vibrante : liée à la corde au point (S) la source de l'onde et le point de départ du front de l'onde
- Corde : constitue un milieu matériel et l'onde qui se propage est une onde mécanique
- Coton humide ou l'eau : Pour absorber l'énergie et éviter la réflexion de l'onde

Expression de la vitesse le long d'une corde :

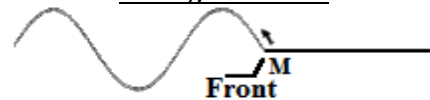
$C = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$: vitesse de propagation avec T : La tension du fil (N) (souvent C 'est le poids du corps (C) accroché au fil)
 $\mu = \frac{M}{L}$: La masse linéaire de la corde (Kg.m^{-1})
 M : La masse de la corde (Kg)
 L : La longueur de la corde (m)

**Comment dessiner l'aspect d'une corde à l'instant t_1 ?????**

1. Déterminer M la position de front de l'onde (de préférence calculer la distance SM de la source) $d = SM = V \cdot \Delta t = V \cdot (t_1 - t_0)$
2. A l'instant t_1 le front de l'onde arrive au point M (Au-delà du point M tous les points sont immobiles)
3. On calcule $\frac{d}{\lambda} = n$ le nombre multiple de λ dans la distance d ou $\frac{\Delta t}{T} = n$ le nombre multiple de T dans la durée Δt
4. Déterminer le mouvement du front de l'onde en se basant sur :

Une phrase

Exemple :
 A l'instant $t_0 = 0$, la source (S) se déplace vers le haut

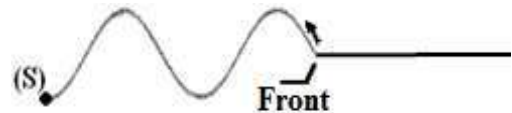
Une figure donnée

Le premier mouvement qu'effectuera le point M est vers le haut

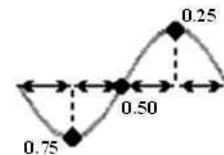
5. Du point M et vers la source (S) on dessine l'onde (dessiner en Marche arrière)

Exemple :

D'après la figure précédente et pour $\frac{d}{\lambda} = 1.75$ on obtient l'aspect suivant

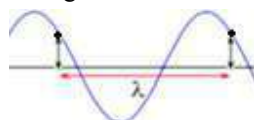
**NB :**

On divise la période spatiale λ (ou la période temporelle T) en quatre (4) parties égales à $\frac{\lambda}{4} = 0.25 \cdot \lambda$ (Ou $\frac{T}{4} = 0.25 \cdot T$)

**Comment comparer le mouvement de deux points M_1 et M_2 ?????**

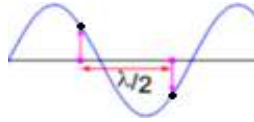
Deux points, M_1 et M_2 d'un milieu à une dimension (corde ressort, ...), vibrent en phase si

- Elles vibrent au même instant et de la même manière $Y(M_1) = Y(M_2)$
- Leur distance d est égale à un nombre entier de longueurs d'onde λ : $d = k \cdot \lambda$, ($k \in \mathbb{N}$)



Deux points, M_1 et M_2 d'un milieu à 1 dimension, vibrent en opposition de phase si

- Elles vibrent en opposition de phase $Y(M_1) = -Y(M_2)$
- Leur distance d est égale à un nombre entier impair de demi-longueurs d'onde λ : $d = (2.k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$



****** Comment Vibrent deux points ?????

$$\frac{M_1 M_2}{\lambda} = \frac{d}{\lambda} = \frac{SM_2 - SM_1}{\lambda} = k \text{ Ou bien } \frac{\Delta t}{T} = \Delta t \cdot N = k$$

Si k

$$k = \dots,00$$

Un nombre entier naturel
alors les points vibrent en phase

$$K = \dots,50$$

Un nombre décimal (... ,50 = ... virgule 50)
alors les points vibrent en opposition de phase

NB :

Pour comparer la source (S) avec un point M du milieu de propagation on calcul $\frac{SM}{\lambda}$

****** Comment calculer le nombre de points qui vibrent phase ?????



La corde de longueur $L=SA$

1. Déterminer la condition

Dénombrer les points qui vibrent en phase (ou opposition de phase)
 $0 \leq SM \leq L$

La source (S) et le point A sont comprises dans le dénombrement

Dénombrer les points qui vibrent en phase (ou opposition de phase) **avec la source (S)**

$$0 < SM \leq L$$

Le point A est compris dans le dénombrement

Dénombrer les points qui vibrent en phase (ou opposition de phase) **avec la source (S) et le point A**

$$0 < SM < L$$

La source (S) et le point A ne sont pas dénombrés

2. Préciser l'expression de la distance SM

- En phase : $SM = k \cdot \lambda$
- En opposition de phase : $SM = (2.k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$

3. Déterminer les valeurs possibles de k

- Le but est d'encadrer k
- Toute valeur possible de k est un point

Exemple : La corde de longueur $L=95\text{cm}$ et la longueur d'onde est $\lambda=10\text{cm}$

Dénombrer les points qui vibrent en phase **avec** la source (S)

1. $0 < SM \leq L$
2. $0 < k \cdot \lambda \leq L$
3. $0 < k \leq \frac{L}{\lambda} = \frac{95}{10} = 9,5$

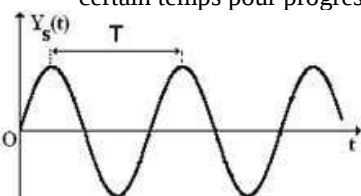
D'où

$k \in \{1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$ et en conclusion on a 9 points qui vibrent en phase avec la source

****** Equation horaire d'un point du milieu de propagation ?????

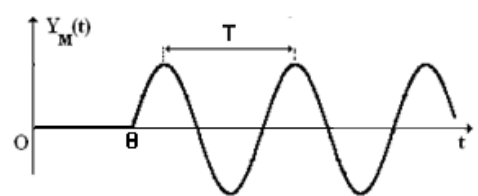
$$Y_M(t) = Y_S(t - \theta)$$

- On détermine la durée θ soit directement $\theta = \dots$ ou on calcule sa valeur $\theta = \frac{SM}{v}$
- La perturbation au point M reproduit la perturbation de la source (S) avec un retard θ , car la perturbation met un certain temps pour progresser de S à M



$Y_S(t)$: Elongation de la source (S)

Une translation de $Y_S(t)$ d'une durée θ
et on obtient $Y_M(t)$



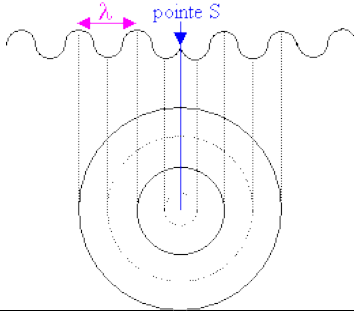
$Y_M(t)$: Elongation de la source (M)

PROPAGATION D'UNE ONDE MECANIQUE SUR LA SURFACE DE L'EAU

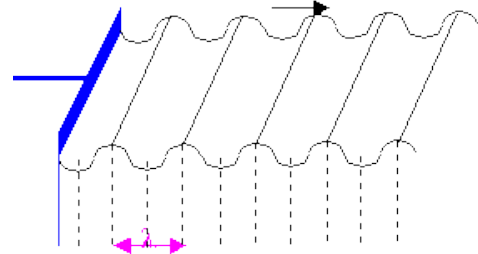
- Le dispositif est constitué d'une cuve horizontale contenant une faible épaisseur d'eau.
- Un générateur à fréquence variable met en mouvement un vibreur qui crée des ondes qui se propagent à la surface de l'eau.
- La forme des ondes obtenues dépend de la forme du vibreur.

On observe sur la surface d'eau

Si le vibreur est une pointe, on obtient des ondes (rides) circulaires.



Si le vibreur est une plaque ou une règle on observe des ondes (rides) rectilignes



**

Comment dessiner une coupe transversale de la surface d'eau

1. Déterminer M la position de front de l'onde (de préférence calculer la distance SM de la source)

$$d=SM=V.\Delta t= V.(t_M-t_0)$$
2. A l'instant t_M le front de l'onde arrive au point M (Au-delà du point M tous les points sont immobiles)
3. On calcul $\frac{d}{\lambda} = n$ le nombre multiple de λ dans la distance d ou $\frac{\Delta t}{T} = n$ le nombre multiple de T dans la durée Δt
4. Déterminer le mouvement du front de l'onde en se basant sur :

M Points immobiles

Soit une phrase

Exemple :

A l'instant $t_0=0$, la source (S) se déplace vers le haut

Soit une figure donnée



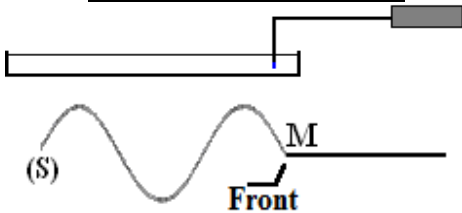
Le premier mouvement qu'effectuera le point M est vers le haut

5. Du point M et vers la source (S) on dessine l'onde (dessiner en Marche arrière)

**

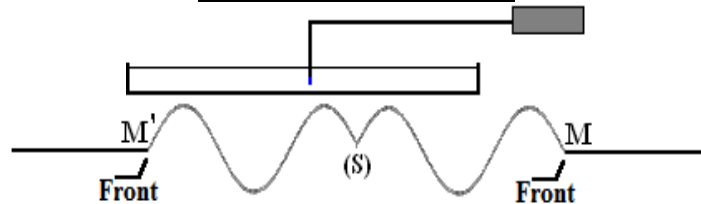
Où est la Source (S) ?????

Sur le côté de la cuve d'onde



L'onde se propage devant la source (S)

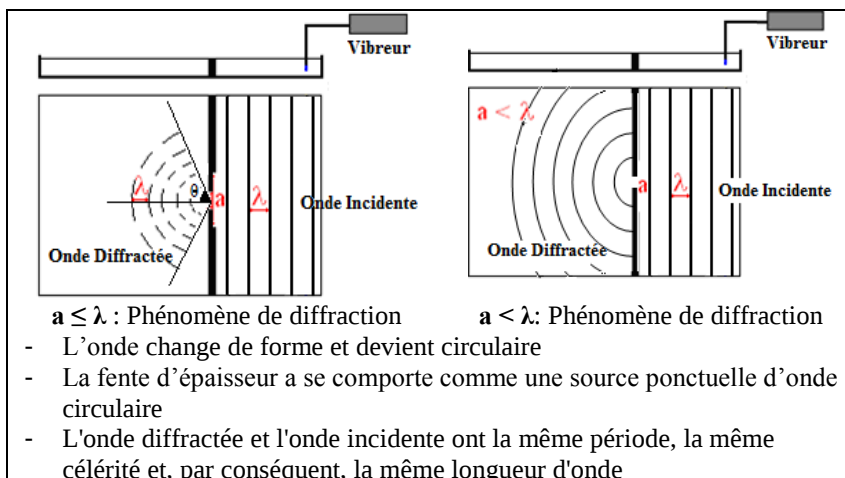
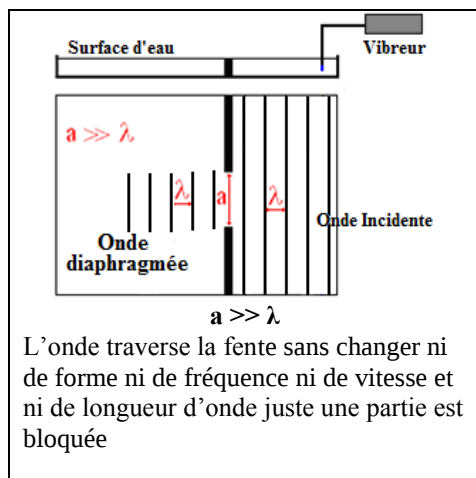
Au milieu de la cuve d'onde



L'onde se propage autour de la source et dans toutes les directions offertes et $SM=SM'$

PHENOMENE DE DIFFRACTION

Une onde plane périodique rencontre un obstacle ou une ouverture ou une fente d'épaisseur a :



Onde diaphragmée :

Onde mécanique progressive périodique se propageant sans modification à travers une ouverture.

Onde diffractée :

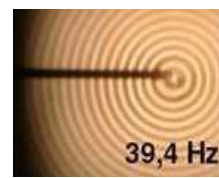
Onde mécanique progressive périodique se propageant avec étalement spatial à travers une ouverture

NB :

- $a \leq \lambda$: l'onde est limitée dans une portion angulaire circulaire d'angle θ (angle de diffraction) $\sin(\theta) \approx \theta = \frac{\lambda}{a}$
- Pour une longueur d'onde donnée, la diffraction est d'autant plus importante que la dimension l'ouverture a est faible

MILIEU DISPERSIF

Un milieu est **dispersif** si la vitesse (célérité) de l'onde dans le milieu dépend de la fréquence de la source



LES ONDES SONORES (Ondes acoustiques)

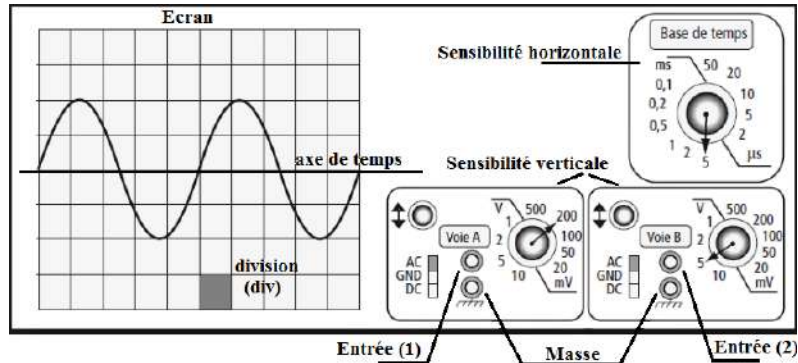
1. Les propriétés du son.

- La propagation d'une onde acoustique dans l'air se fait avec des « tranches d'air » qui subissent, les unes après les autres, des **compressions - dilatations**, autour d'une position moyenne dans la direction de propagation.
- Le son est une onde **progressive, périodique et longitudinale**.
- La propagation d'un son nécessite un milieu matériel.
- Le son ne se propage pas dans le vide.
- Le son transporte de l'énergie.

2. Célérité du son.

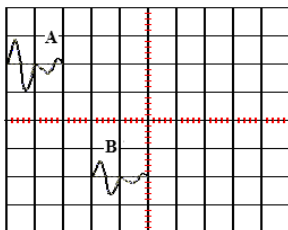
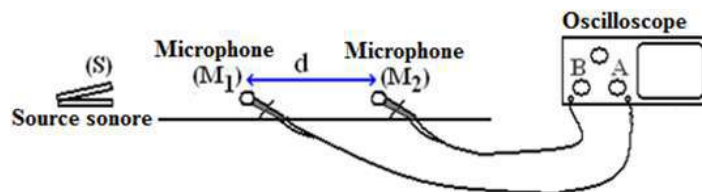
- La célérité du son dépend du milieu de propagation.
- La célérité du son est plus grande dans les solides que dans les liquides et les gaz.
- La vitesse du son dans l'air est 340m/s

3. Oscilloscope (Oscillogramme)



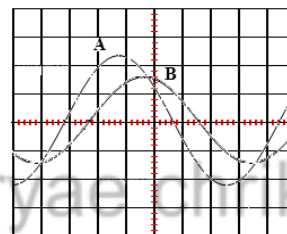
- Un oscilloscope a une masse et plusieurs entrées
- Une entrée est caractérisée par :
 - Une sensibilité verticale ($? \text{ V/div}$) ou ($? \text{ V/cm}$)
 - Une sensibilité horizontale ($? \text{ ms/div}$) ou ($? \text{ ms/cm}$)
- Au moyen d'un oscilloscope on peut déterminer :
 - Les tensions maximales
 - La période T
- La durée (ou le décalage horaire) $\tau = \Delta t$ entre deux tensions

Exemples :



Sensibilité verticale : 2 ms/div

$$\Delta t = 3 \times 2 = 6 \text{ ms}$$



Sensibilité verticale : 5 ms/div

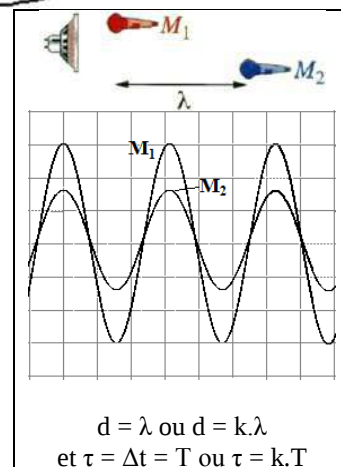
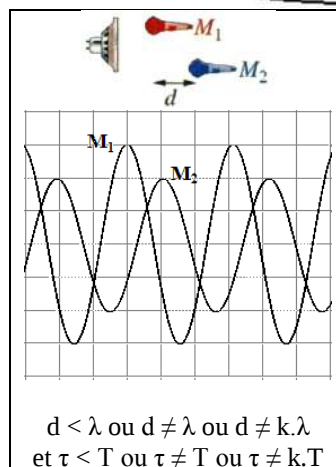
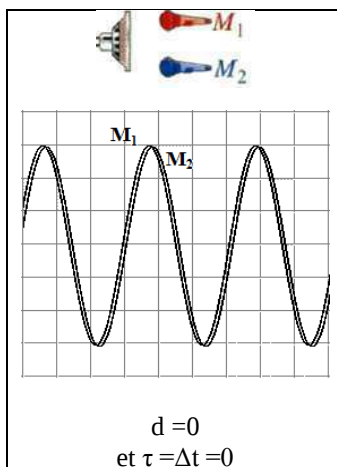
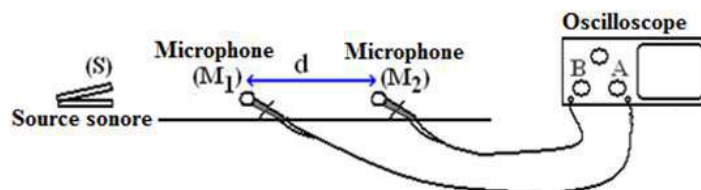
$$\Delta t = 1 \times 5 = 5 \text{ ms}$$

$$T = 8 \times 5 = 40 \text{ ms}$$

NB :

L'intensité acoustique diminue quand on s'éloigne de la source sonore.

Exemples :



En éloignant le microphone M_2 de la source on constate que :

- La courbe de M_2 s'est décalée de la courbe de M_1
- L'amplitude de la courbe de microphone M_2 a diminué
- La distance entre les deux microphones est $d = V \cdot \tau = V \cdot \Delta t = M_1 M_2 = S M_2 - S M_1$, avec $\tau = \Delta t$ le retard temporelle

Si le microphone M_2 s'est déplacé de λ ou $k \cdot \lambda$ alors les deux courbes seront en phases

λ : La distance minimale entre les deux microphones pour observer les deux tensions en phase .

NB :

- Des mots tel **lentement, de nouveau, pour la premier fois ...** laissent penser à λ la longueur d'onde ou à T la période autrement à deux tensions en phases
- L'air est un milieu non dispersif des ondes sonores vu que toutes les notes musicales sont entendues au même moment malgré qu'elles ont des fréquences différentes

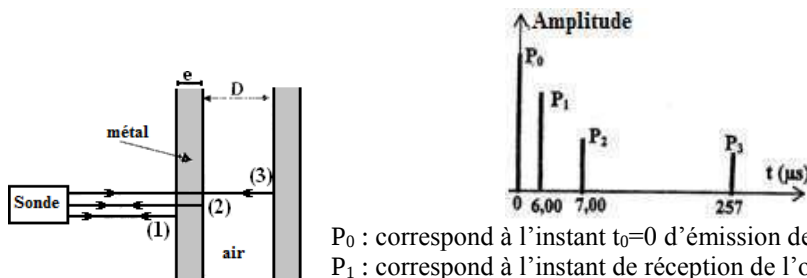
4. La sonde

La sonde émis un son à un instant t_0 et capte le son réfléchi par un obstacle, placé à une distance d de la source, à un instant t et la durée $\Delta t = t - t_0$ est la durée nécessaire pour parcourir la distance $2 \cdot d$ (aller-retour)

$$V = \frac{2 \cdot d}{\Delta t}$$

Exemples :

- Mesurer l'épaisseur e et le diamètre D d'un tube cylindrique



P_0 : correspond à l'instant $t_0=0$ d'émission de l'onde

P_1 : correspond à l'instant de réception de l'onde réfléchi (1)

P_2 : correspond à l'instant de réception de l'onde réfléchi (2)

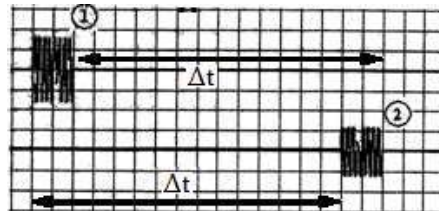
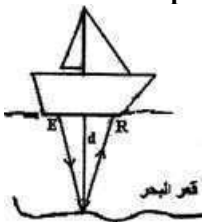
P_3 : correspond à l'instant de réception de l'onde réfléchi (3)

$$V_1 = \frac{2 \cdot e}{\Delta t_1} \text{ et } V_2 = \frac{2 \cdot D}{\Delta t_2}$$

$$\Delta t_1 = 7.00 - 6.00 = 1.00 \mu s$$

$$\Delta t_2 = 257.00 - 7.00 = 250.00 \mu s$$

- Mesurer la profondeur de la mer



La sensibilité horizontale est : $2 \mu s / \text{div}$

$$V = \frac{2 \cdot d}{\Delta t}$$

$$\Delta t_2 = 15 \times 2 \mu s = 30 \mu s$$

- L'onde lumineuse résulte de la propagation d'une perturbation électromagnétique dans les milieux transparents.
- Les ondes lumineuses périodiques sont appelées des radiations.
- La lumière peut se propager dans le vide : La lumière est une onde électromagnétique (n'est pas une onde mécanique).
- **Lumière monochromatique** : lumière constituée d'une seule radiation lumineuse d'une longueur d'onde correspondant à une couleur (lumière émise par un laser).
- **Lumière polychromatique** : lumière constituée d'un ensemble de lumières monochromatiques de fréquences différentes.

❖ Longueur d'onde et fréquence d'une radiation lumineuse.

Une radiation lumineuse est caractérisée par :

- Sa fréquence ν (en Hz) ou sa période T (en s).
- Sa longueur d'onde dans le vide λ_0 .

NB :

- la fréquence ν d'une radiation lumineuse ne dépend pas du milieu de propagation
- alors que la longueur d'onde λ dépend du milieu de propagation.

❖ Relation fondamentale :

La longueur d'onde dans le vide λ_0 d'une radiation lumineuse est donnée par la relation :

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

avec λ_0 : Longueur d'onde dans le vide (m)
 C : Vitesse de la lumière dans le vide (m/s)
 ν : Fréquence de la radiation lumineuse (Hz)
 T : Période de la radiation (s)

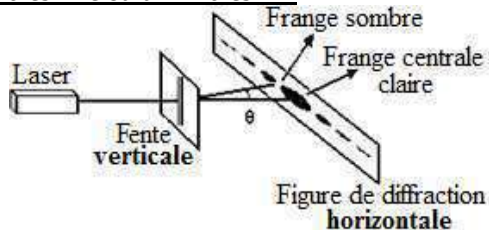
DIFFRACTION DE LA LUMIERE

Diffraction de la lumière : modification du trajet de la lumière et de l'intensité lumineuse lorsque la lumière passe par une ouverture ou autour d'un obstacle.

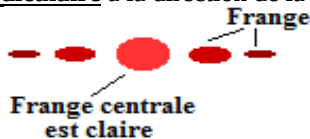
Un faisceau lumineux incident sur une fente ou un trou

On observe

Sur une fente très fine ou un fil très fin

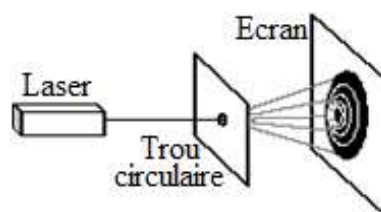


La fente est **perpendiculaire** à la direction de la figure de diffraction



- La figure de diffraction est constituée d'une tache centrale et de taches secondaires situées symétriquement par rapport à la tache centrale.
- La tache centrale est très lumineuse
- La luminosité et la largeur diminuent lorsqu'on s'éloigne de la tache centrale.

Sur un trou fin et circulaire



- La tâche de diffraction constituée d'anneaux ou de franges colorés.
- La tache centrale est très lumineuse
- La luminosité et la largeur diminuent lorsqu'on s'éloigne de la tache centrale.

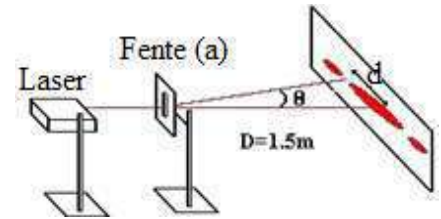
- La diffraction est d'autant plus marquée que la largeur de la fente est faible.

NB :

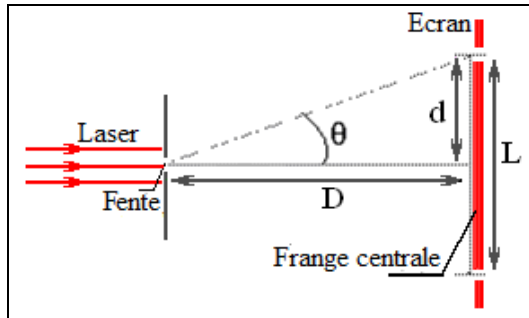
- La largeur L de la tache centrale est d'autant plus importante que :
 - La longueur d'onde λ de la radiation est importante
 - La largeur a de la fente est faible

Relation de diffraction :

$$\theta = \frac{\lambda}{a} \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} \lambda : \text{Longueur d'onde (m)} \\ a : \text{Largeur (diamètre) de la fente (m)} \\ \theta : \text{Ecart angulaire (rad)} \end{array}$$



L'écart angulaire θ , est l'angle entre le centre de la tache centrale et le centre de la première tâche sombre (extinction) ou c'est le demi-diamètre angulaire de la tache centrale.



d : le rayon de la frange (tache) centrale
 $L=2.d$: la largeur (diamètre) de la tache centrale

$$\tan(\theta) \approx \frac{d}{D} = \frac{L}{2.D}$$

θ étant faible alors

$$\theta = \frac{d}{D} = \frac{L}{2.D}$$

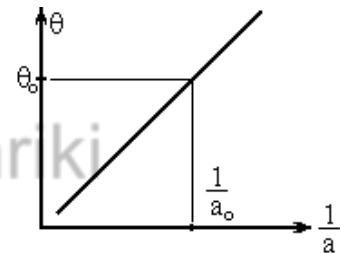
$$\text{Or } \theta = \frac{\lambda}{a}, \text{ on en conclut } \theta = \frac{d}{D} = \frac{L}{2.D} = \frac{\lambda}{a}$$

NB :

$$\theta = \frac{\lambda}{a} = \lambda \cdot \frac{1}{a}$$

La fonction $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$ est une fonction linéaire dont le coefficient directeur est la longueur d'onde

$$\lambda = \frac{\theta_0}{\frac{1}{a_0}}$$

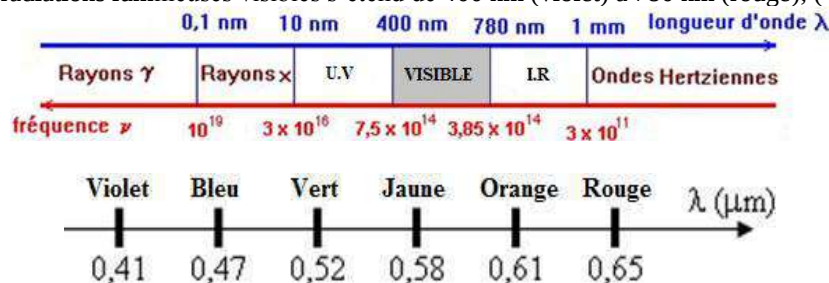


NB :

- Les conditions de la diffraction :
 - Le diamètre de la fente soit faible
 - La lumière soit monochromatique
- Le phénomène de la diffraction montre que la lumière est une onde

La lumière visible

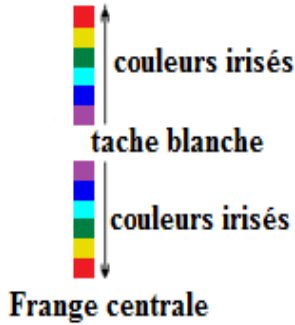
- On caractérise une radiation lumineuse par sa longueur d'onde dans le vide.
- Le domaine de radiations lumineuses visibles s'étend de 400 nm (violet) à 780 nm (rouge), ($400 \text{ nm} \leq \lambda \leq 780 \text{ nm}$)



La radiation rouge a :

- La plus grande longueur d'onde λ
- Le plus grand écart angulaire $\theta = \frac{\lambda}{a}$
- Le plus grand diamètre de la tache centrale $L = \frac{2.D.\lambda}{a}$
- Le plus faible coefficient de diffraction n

Diffraction de la lumière blanche



- La lumière blanche est une lumière polychromatique composée de toutes les lumières visibles.
- La figure de diffraction obtenue présente une tache centrale blanche (superposition de toutes les lumières colorées visibles) et des taches latérales irisées (multicolorées) bordées de rouge d'un côté et de violet de l'autre.
- Le diamètre de la tache blanche est le même que celui de la tache violette

RÉFRACTION : LE PRISME

Réfraction : changement de direction de la lumière lors de la traversée d'un milieu transparent vers un autre milieu transparent.

1. Lois de Descartes

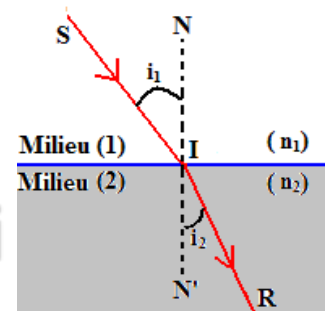
1^{ère} Loi :

Le rayon réfracté, le rayon incident et la normale (à la surface réfractante) sont dans un même plan, le plan d'incidence.

2^{ème} Loi :

La relation liant les indices de réfraction n_1 et n_2 de chacun des milieux et les angles incident i_1 et réfracté i_2 s'écrit :

$$n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \cdot \sin(i_2) \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} n_1 : \text{indice de réfraction du milieu (1)} \\ n_2 : \text{indice de réfraction du milieu (2)} \\ i_1 : \text{angle d'incidence} \\ i_2 : \text{angle de réfraction} \end{array}$$



NB :

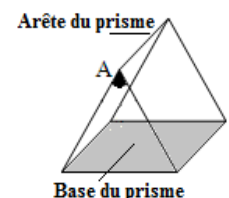
- Le rayon incident et le rayon réfracté sont situés de part et d'autre de la normale.
- Les angles sont définis entre le rayon lumineux et la normale
- Un milieu est d'autant plus réfractant que l'indice de réfraction est élevé et l'angle dans ce milieu est faible
- $n_2 > n_1$: le milieu (2) est plus réfractant que le milieu (1) et $i_1 > i_2$
- $n > 1$ et $n_{\text{air}} = 1$: indice de réfraction dans l'air et l'angle dans l'air est toujours la plus importante

Remarques :

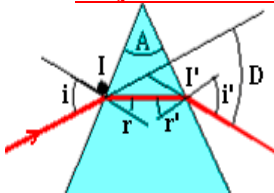
On sait que $n = \frac{c}{v}$ avec c : La vitesse de la lumière dans le vide (l'air) et v : la vitesse de la lumière dans un milieu donné et $\lambda = \frac{v}{N}$ avec N : la fréquence, on conclut alors que $n_{2/1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin(i_1)}{\sin(i_2)} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2}$

2. Prisme

Un prisme d'indice (n) est un milieu transparent et homogène limité par deux plans non parallèles faisant un angle A (Angle au sommet) et qui se coupent suivant une droite qui est l'arête du prisme.



3. Trajet d'un radiation Lumineuse :

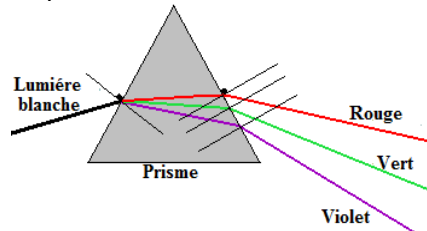


- avec
- A**: Angle au sommet du prisme
 - i**: Angle d'incidence sur la 1^{ère} face ou angle d'incidence sur le prisme
 - r**: Angle de réfraction sur la 1^{ère} face
 - r'**: Angle d'incidence sur la 2^{ème} face
 - i'**: Angle de réfraction sur la 2^{ème} face ou angle d'émergence sur le prisme
 - D**: Angle de déviation et c'est l'angle entre la direction de rayon lumineux incident et la direction du rayon lumineux émergent du prisme

4. Formules (Relations) du prisme :

- 1) $\sin(i) = n \cdot \sin(r)$
- 2) $\sin(i') = n \cdot \sin(r')$
- 3) $A = r + r'$
- 4) $D = (i + i') - A$

- $n = \frac{c}{v} = \frac{c}{\lambda \cdot N}$: l'indice de réfraction du prisme dépend de la longueur d'onde λ de la radiation lumineuse incidente donc de sa vitesse d'où le prisme est un milieu dispersif



- Toutes les radiations incidentes ont même angle d'incidence (i), diffèrent par leurs longueurs d'ondes par conséquent par leurs indices de réfraction (si n augmente alors r diminue)
- La radiation rouge est caractérisée par une longueur d'onde λ la plus élevée dans le visible donc son indice de réfraction est le plus faible alors la radiation rouge est la plus déviée par rapport à la normale
 $\sin(i) = n \cdot \sin(r)$

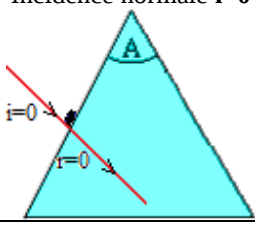
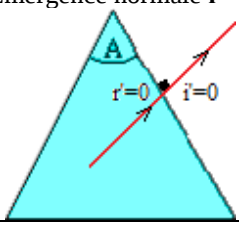
Comment exploiter les relations du prisme

1 : Données le triplet (i, A, n), l'angle d'incidence i , l'angle au sommet A et n l'indice de réfraction du prisme
Souvent on suit l'enchaînement **1324**

- 1) $\sin i = n \sin r$ On calcul $\sin r = \frac{\sin i}{n}$ d'où $r = \dots$
- 3) $A = r + r'$ $r' = A - r = \dots$
- 2) $\sin i' = n \sin r'$ $\sin i' = \dots$
- 4) $D = (i + i') - A$ Donc $D = \dots$

2 : Données le triplet (i', A, n), l'angle d'émergence i' , l'angle au sommet A et n l'indice de réfraction du prisme
Souvent on suit l'enchaînement **2314**

3 : Cas particuliers

Déterminer le cas particulier	Cas :1	Cas :2	Cas :3
	Si $i=i'$	Incidence normale $i=0$ 	Emergence normale $i'=0$ 
Conclusion	Alors $r=r'$	$r=0$ Tout rayon lumineux incident normalement à la surface du prisme ne dévie pas	$r'=0$ Tout rayon lumineux émergeant normalement de la surface du prisme est le prolongement d'un incident normalement sur la même surface
Remplacer dans 3) $A = r + r'$ 4) $D = (i + i') - A$	3) $A = r + r'$ $= 2r = 2r'$ 4) $D = (i + i') - A$ $= 2i - A$ $= 2i' - A$	3) $A = r + r'$ $= r'$ 4) $D = (i + i') - A$ $= i' - A$	3) $A = r + r'$ $= r$ 4) $D = (i + i') - A$ $= i - A$
Conclure i et r Ou i' et r' en fonction de A et/ou D	$r = r' = \frac{A}{2}$ $i = i' = \frac{A + D}{2}$	$r' = A$ $i' = A + D$	$r = A$ $i = A + D$
Exploiter dans 1) $\sin i = n \sin r$ Ou 2) $\sin i' = n \sin r'$	(1) $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ $= \frac{\sin(\frac{A + D}{2})}{\sin(\frac{A}{2})}$	(2) $n = \frac{\sin i'}{\sin r'} = \frac{\sin(A + D)}{\sin(A)}$	(1) $n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin(A + D)}{\sin(A)}$

4: On peut se servir des fonctions trigonométriques suivantes :

$$\begin{aligned}\cos(a+b) &= \cos a \cdot \cos b - \sin a \cdot \sin b \\ \cos(a-b) &= \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sin(a+b) &= \sin a \cdot \cos b + \cos a \cdot \sin b \\ \sin(a-b) &= \sin a \cdot \cos b - \cos a \cdot \sin b\end{aligned}$$

Exemples :

- **Cas d'incidence normale**

On a obtenu $n = \frac{\sin i'}{\sin r'} = \frac{\sin(A+D)}{\sin(A)}$ alors :

$$n = \frac{\sin i'}{\sin r'} = \frac{\sin(A+D)}{\sin(A)} = \frac{\sin(A) \cdot \cos(D) + \cos(A) \cdot \sin(D)}{\sin(A)} = \cos(D) + \frac{\sin(D)}{\tan(A)} = \sin(D) \left(\frac{1}{\tan(D)} + \frac{1}{\tan(A)} \right)$$

- **Montrer que :**

$$\tan(A) = \frac{\tan(r) + \tan(r')}{1 - \tan(r) \cdot \tan(r')}$$

On as

$$\tan(A) = \frac{\sin(A)}{\cos(A)} = \frac{\sin(r+r')}{\cos(r+r')} = \frac{\sin(r) \cdot \cos(r') + \cos(r) \cdot \sin(r')}{\cos(r) \cdot \cos(r') - \sin(r) \cdot \sin(r')}$$

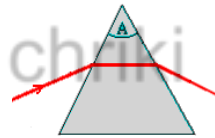
On met en facteur $\cos(r) \cdot \cos(r')$

$$\tan(A) = \frac{\cos(r) \cdot \cos(r') \cdot \left(\frac{\sin(r) \cdot \cos(r') + \cos(r) \cdot \sin(r')}{\cos(r) \cdot \cos(r')} \right)}{\cos(r) \cdot \cos(r') \cdot \left(1 - \frac{\sin(r) \cdot \sin(r')}{\cos(r) \cdot \cos(r')} \right)} = \frac{\tan(r) + \tan(r')}{1 - \tan(r) \cdot \tan(r')}$$

PHENOMENE DE DEFRACTION ET DE DISPERSION

Réfraction de la lumière

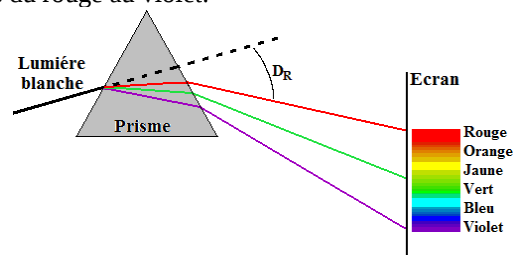
- Le prisme dévie la radiation incidente
- Les deux radiations incidente et émergente ont la même longueur d'onde



Dispersion de la lumière blanche

Dispersion de la lumière : décomposition de la lumière polychromatique en ses différents composants monochromatiques

- Le prisme dévie et décompose la lumière blanche en lumières colorées du rouge au violet.
- L'ensemble des couleurs constitue le spectre de la lumière blanche.
- Le spectre est continu du rouge au violet



NB :

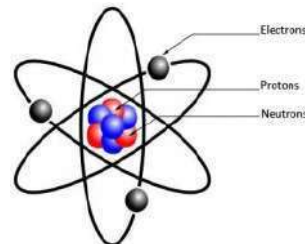
- La radiation rouge est caractérisée par
 - Une longueur d'onde la plus élevée dans le visible
 - Un indice de réfraction est le plus faible
- La radiation rouge est donc
 - La plus dévié par rapport à la normale
 - La moins dévié par rapport au rayon incident commun
- L'angle de déviation de la radiation rouge est le plus faible

La lumière :

- Se diffracte (Phénomène de diffraction) alors La lumière est une onde
- Se propage dans le vide alors La lumière est une onde électromagnétique (n'est pas mécanique)
- Se réfracte (Phénomène de réfraction) alors La lumière est mono ou polychromatique
- Se disperse (Phénomène de dispersion) alors La lumière est polychromatique

1. Composition d'un noyau et d'un atome.

- Le noyau de l'atome est 100 000 fois plus petit que l'atome.
- De plus, il rassemble pratiquement toute la masse de l'atome.
- Le noyau est constitué de particules appelées nucléons (les protons et les neutrons).
- Le noyau est représenté par A_ZX avec
 - A : Le nombre de nucléons aussi le nombre de masse
 - Z : Le nombre de protons aussi Le nombre de charges
 - N : Le nombre de neutrons, $N = A - Z$



2. Nucléides :

- **Nucléide** : ensemble d'atomes de noyaux identiques
- L'ensemble des noyaux ayant le même nombre Z de protons et le même nombre de neutrons N et de symbole A_ZX

3. Isotopie.

Isotopes : des noyaux possédant le même symbole chimique, le même nombre de protons, mais des nombres de neutrons différents (des nombres de nucléons A différents).

4. Noyau radioactif (ou noyau instable)

Un noyau radioactif (appelé noyau-père) est un noyau instable qui se désintègre spontanément en donnant un noyau différent plus stable (appelé noyau-fils) avec émission d'une ou plusieurs particules

5. Stabilité et instabilité des noyaux : diagramme (N, Z) (Diagramme de Ségré)

Diagramme de Ségré, permet de distinguer deux familles de noyaux :

a - Noyaux stables :

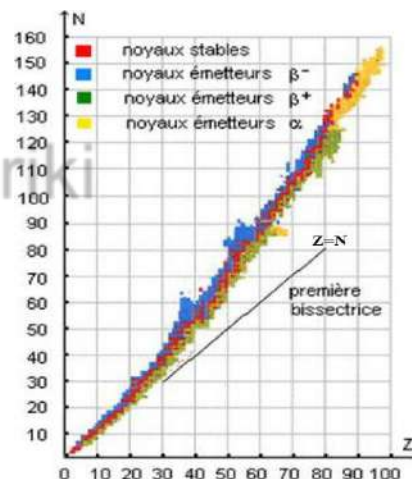
Certains noyaux gardent indéfiniment la même composition : ce sont des noyaux stables.

- Pour $Z < 20$, les noyaux stables se situent **au voisinage** de la droite d'équation $N = Z$. Ils comportent à peu près autant de protons que de neutrons.
- Pour $Z > 20$, le nombre de neutrons augmente plus vite que le nombre de protons ; les points se répartissent **au-dessus** de la droite $N = Z$

b - Noyaux instables :

L'instabilité du noyau a lieu si :

- Le noyau-père possède trop de neutrons par rapport au nombre de protons.
- Le noyau-père possède trop de protons par rapport au nombre de neutrons.
- Le noyau-père possède un grand nombre de nucléons ($A > 208$).



6. La radioactivité

1° Définition.

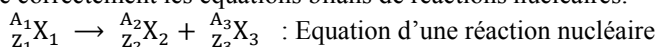
La radioactivité est une transformation naturelle, spontanée et imprévisible d'un noyau A_ZX instable en un noyau ${}^A'_ZY$ plus stable avec l'émission d'une ou de plusieurs particules (α et β et souvent d'un rayonnement γ)

NB : Les désintégrations radioactives sont :

- **Aléatoires** (impossible d'en prévoir l'instant) ; - **Spontanées** (sans intervention extérieure) ;
- **Inéluctables** (impossible d'empêcher le processus) ; - Indépendantes des paramètres de pression et de température.

2° Lois de conservation (Lois de SODDY).

- Les réactions nucléaires obéissent à deux lois de conservation :
 - * conservation de la charge électrique (Conservation de Z nombre de proton) ;
 - * conservation du nombre de nucléons (Conservation de A nombre de nucleon).
- Elles permettent d'écrire correctement les équations bilans de réactions nucléaires.



a - Loi de conservation du nombre de charge .

La somme des nombres de charge du noyau-fils et de la particule qui sont formés est égale au nombre de charge du noyau désintégré (noyau-père).

$$Z_1 = Z_2 + Z_3$$

b - Loi de conservation du nombre de nucléons.

La somme des nombres de nucléons du noyau-fils et de la particule qui sont formés est égale au nombre de nucléons du noyau désintégré (noyau-père).

$$A_1 = A_2 + A_3$$

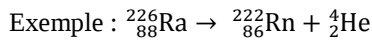
3° Les différentes désintégrations nucléaires :

3.1. Radioactivité α :

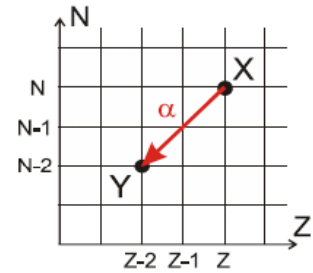
Définition :

La radioactivité α est une transformation naturelle et spontanée d'un noyau A_ZX instable en un noyau ${}^A_{Z-2}Y$ plus stable avec émission d'un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$

Equation : ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2\text{He}$



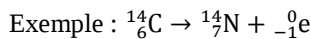
La radioactivité α concerne les noyaux lourds instables à cause d'un excès de nucléons. Elle se traduit par l'émission d'une particule α (noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$).



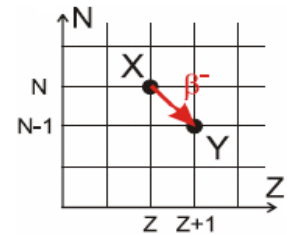
3.2. Radioactivité β^-

La radioactivité β^- est une transformation naturelle et spontanée d'un noyau A_ZX instable en un noyau ${}^A_{Z+1}Y$ plus stable avec émission d'un électron ${}^0_{-1}e$

Equation : ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e$



La radioactivité β^- concerne les noyaux instables à cause d'un excès de neutrons. Elle se traduit par l'émission d'un électron.



Mécanisme (ou Explication) :

Au cours de la transformation β^- , et dans le noyau :

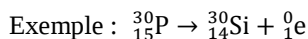
- Le nombre de nucléon A reste constante par contre le nombre de proton augmente d'une unité et le nombre de neutron diminue d'une unité

- Un neutron s'est transformé en un proton avec émission d'un électron : ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e$ ou ${}^1_0n \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^0_{-1}e$

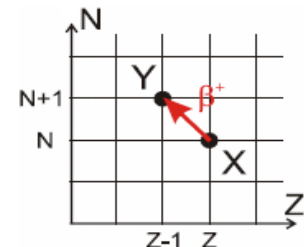
3.3. Radioactivité β^+

La radioactivité β^+ est une transformation naturelle et spontanée d'un noyau A_ZX instable en un noyau ${}^A_{Z-1}Y$ plus stable avec émission d'un positron 0_1e

Equation : ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + {}^0_1e$



La radioactivité β^+ concerne les noyaux instables à cause d'un excès de protons. Elle se traduit par l'émission d'un positon



Mécanisme (ou Explication) :

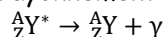
Au cours de la transformation β^+ , et dans le noyau :

- Le nombre de nucléon A reste constante par contre le nombre de proton diminue d'une unité et le nombre de neutron augmente d'une unité

- Un proton s'est transformé en un neutron avec émission d'un positon : ${}^1_1p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_1e$ ou ${}^1_1\text{H} \rightarrow {}^1_0\text{n} + {}^0_1e$

3.4. Emission γ

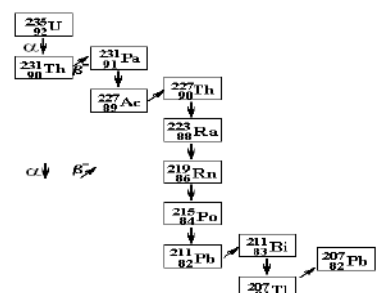
Le noyau issu d'une désintégration α ou β est souvent dans un état instable (état excité). Il devient stable en libérant l'excédent d'énergie sous la forme d'un rayonnement électromagnétique, le rayonnement γ .



4° Famille radioactive :

Une famille radioactive est une suite de nucléides descendant d'un même noyau, le noyau père, par une suite de désintégrations successives jusqu'à l'obtention d'un noyau stable.

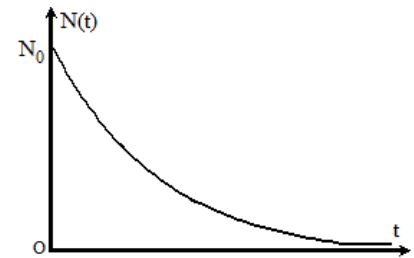
Exemple : La famille de l'Uranium ${}^{235}_{92}\text{U}$



7. La loi décroissance radioactive

- La loi d'évolution du nombre N de noyaux radioactifs présents en fonction du temps
- La loi de décroissance radioactive **est** : $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad \text{Avec} \quad \begin{array}{l} N_0 \text{ est le nombre de noyaux présents à la date } t=0 \\ N(t) \text{ le nombre de noyaux encore présents à l'instant } t. \\ \lambda \text{ (s}^{-1}\text{) une constante radioactive} \end{array}$$



❖ Autres expressions de la loi de décroissance radioactive

$$m = m_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} m_0 : \text{masse de l'échantillon présents à la date } t=0 \\ m : \text{masse de l'échantillon présents à l'instant } t \end{array}$$

$$n = n_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} n_0 : \text{Quantité de matière de l'échantillon présents à la date } t=0 \\ n : \text{Quantité de matière de l'échantillon présents à l'instant } t \end{array}$$

❖ La constante radioactive.

- Chaque nucléide radioactif est caractérisé par une constante radioactive λ , qui est la probabilité de désintégration d'un noyau par unité de temps.
- Elle s'exprime en s^{-1} .
- La constante λ ne dépend que du nucléide et est indépendante du temps, des conditions physiques et chimiques.
- $\tau = \frac{1}{\lambda}$: la constante de temps, s'exprime en (s)

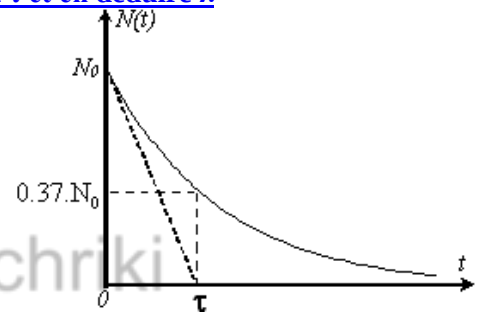
Comment déterminer graphiquement τ et en déduire λ

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

À instant $t = \tau$ on a $N(\tau) = N_0 \cdot e^{-1}$ donc $N(\tau) = 0.37 \cdot N_0$

$$\text{Ou } \frac{N(\tau)}{N_0} = 0.37 = 37\%$$

On repère sur l'axe $N(t)$ le point $N(\tau)$ et après projections sur l'axe des temps on détermine τ et on peut en déduire $\lambda = \frac{1}{\tau}$



❖ Demi - vie.

La demi - vie ($t_{1/2}$) ou période radioactive :

- Est une caractéristique d'un nucléide
- C'est la durée correspondant à la désintégration de la moitié des noyaux radioactifs présents dans l'échantillon.
- Elle s'exprime en seconde (s).

$$\text{A } t_{1/2}, \text{ on a : } N\left(\frac{t_1}{2}\right) = \frac{N_0}{2} \quad \text{d'où} \quad \frac{t_1}{2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

Comment déterminer la relation $\ln(2) = \lambda \cdot t_{1/2}$

- A partir de la définition : à $t = t_{1/2}$, on a : $N\left(\frac{t_1}{2}\right) = \frac{N_0}{2}$
- On remplace dans la loi de décroissance radioactive $N(t) = N\left(\frac{t_1}{2}\right) = \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda t_{1/2}}$ et on obtient $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{1/2}}$
- Avec le logarithme népérien on a $\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\ln(2) = -\lambda \cdot \frac{t_1}{2}$ d'où $\ln(2) = \lambda \cdot t_{1/2}$



Comment Exploiter la loi de décroissance radioactive

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

N_0 : le nombre de noyaux présents à la date $t=0$

$N(t)$: le nombre de noyaux encore **présents** à l'instant t .

$N'(t)$: le nombre de noyaux encore **désintégrés** à l'instant t .

$$N_0 = N(t) + N'(t)$$

1)	$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$
2)	$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda \cdot t}$
3)	$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda \cdot t$

Déterminer $t_{1/2}$ la demi vie
à $t = t_{1/2}$, on a : $N\left(\frac{t_1}{2}\right) = \frac{N_0}{2}$
et $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2} = e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}$
 $\ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\lambda \cdot t_{1/2}$ et $\ln(2) = \lambda \cdot t_{1/2}$

4) Exploiter la relation $\ln(2) = \lambda \cdot t_{1/2}$ pour définir t par exemple
 $\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda \cdot t = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} \cdot t$
et par suite définir t
$$t = -\frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{\ln(2)} \cdot t_{1/2}$$

$$N_0 = N(t) + N'(t)$$

En divisant par N_0 On obtient $\frac{N}{N_0} + \frac{N'}{N_0} = 1$



Comment déterminer $\frac{N}{N_0}$ le quotient présent

1. **Pourcentage** : 25%, 65%

Exemple :

La désintégration de 30% alors reste 70% et le quotient présent $\frac{N}{N_0} = 70\% = \frac{70}{100} = 0.70$

2. **Quotient** : Le quart ($\frac{1}{4}$), le tiers ($\frac{1}{3}$),

Exemple :

La désintégration du tiers ($\frac{1}{3}$) de l'échantillon radioactif alors reste ($\frac{2}{3}$) et le quotient présent $\frac{N}{N_0} = \frac{2}{3}$

3. **Une phrase déterminant N ou N', en fonction de N0**

soit

- N : le nombre de noyaux présents
- N' : le nombre de noyaux désintégrés

$$N = f(N_0) \text{ ou } N' = f(N_0)$$

Exemple :

La désintégration de $\frac{N_0}{4}$ alors reste $N = \frac{3}{4} N_0$ et le quotient présent $\frac{N}{N_0} = \frac{3}{4}$

NB :

$m = N \cdot m_1$ avec m : masse d'un échantillon de particules (g) N : nombre de particules dans la masse m m_1 : masse d'une particule (u)	$M = N_A \cdot m_1$ avec M : masse molaire ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) N_A : Nombre d'Avogadro (mol^{-1}) m_1 : masse d'une particule (u)
---	--

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M} \text{ avec } n : \text{quantité de matière ou nombre de mol (mol)}$$

M : masse molaire ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)
 N_A : Nombre d'Avogadro (mol^{-1})
 m : masse d'un échantillon de particules (g)
 N : nombre de particules dans la masse m



Exploiter N' le nombre de noyaux désintégrés et N_Y le nombre de noyaux résultants

La Relation entre N₀ le nombre de particules initiales, N(t) le nombre de particules présents et N'(t) le nombre de particules désintégrés d'un noyau X , **N₀ = N(t) + N'(t)**

Le noyau X se désintègre en un noyau Y avec émission d'une ou de plusieurs particules
 $X \rightarrow Y + \text{une ou plusieurs particules}$

On admet que **un noyau Y** résulte juste **d'un noyau X** donc N'(t) le nombre de noyau désintégrés de X est équivalent à N_Y(t) le nombre de noyau formés de Y

$$N'(t) = N_Y(t) \quad \text{d'où} \quad N_0 = N(t) + N_Y(t) = N + N_Y$$

$$\frac{N_0}{N} = \frac{N + N_Y}{N} = 1 + \frac{N_Y}{N} = e^{\lambda \cdot t}$$

❖ Activité d'un échantillon.

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

a(t) = A(t) : L'activité d'un échantillon radioactif, **est le nombre de désintégration** de noyau radioactifs présents dans l'échantillon en une seconde.

L'unité de l'activité est le becquerel (Bq). Un becquerel correspond à une désintégration par seconde

$$1\text{Bq} = 1\text{désintégration/seconde}$$

$$a(t) = -\frac{dN}{dt} = -\frac{dN_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}}{dt} = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = \lambda \cdot N(t)$$

avec a₀ = λ · N₀ : L'activité d'un échantillon radioactif à l'instant t=0

d'où a(t) = a₀ · e^{-λ·t}

❖ Equation différentielle

On a a(t) = - $\frac{dN}{dt}$ = λ · N alors $\frac{dN}{dt} + \lambda \cdot N = 0$: équation différentielle vérifiée par N

❖ La datation au carbone 14.

- La datation de matériaux organiques (végétaux ou animaux) est possible en mesurant l'activité du carbone 14 dans l'échantillon (l'isotope naturel du carbone 14 est le carbone 12). Pour le carbone 14, t_{1/2} = 5568 ans.
- Dès qu'un être vivant meurt, le carbone 14 n'est plus renouvelé : sa proportion se met à décroître.
- Pour déterminer l'âge du matériau mort, on mesure l'activité a(t) du carbone 14 d'un échantillon de matériau mort et on applique la formule : a(t) = a₀ · e^{-λ·t}



Comment Calculer l'activité a

$$a = \lambda \cdot N$$

Remplacer N par :

Remplacer λ par t_{1/2}

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

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

$$\frac{N}{N_0}$$

Un quotient ou un pourcentage et en déduire N

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

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

$$m = N \cdot m_1$$

Comment exploiter l'activité d'un échantillon entre deux instants t_1 et t_2 Déterminer la demi vie $t_{1/2}$, a_0 : l'activité à $t=0$

$$a(t) = -\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N \quad \text{et} \quad a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

À l'instant t_1 , l'activité a_1 s'écrit : $a_1 = a_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_1}$

À l'instant t_2 , l'activité a_2 s'écrit : $a_2 = a_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_2}$

Déterminer $t_{1/2}$

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{a_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_2}}{a_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_1}} = \frac{e^{-\lambda \cdot t_2}}{e^{-\lambda \cdot t_1}} = e^{\lambda \cdot t_1 - \lambda \cdot t_2} = e^{\lambda \cdot (t_1 - t_2)}$$

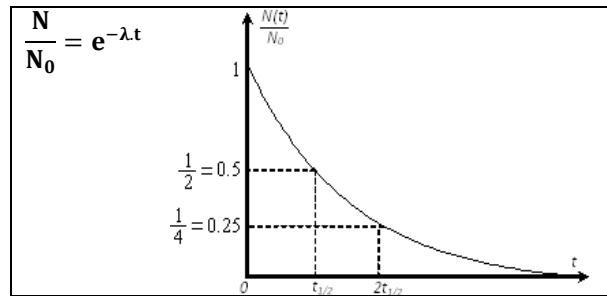
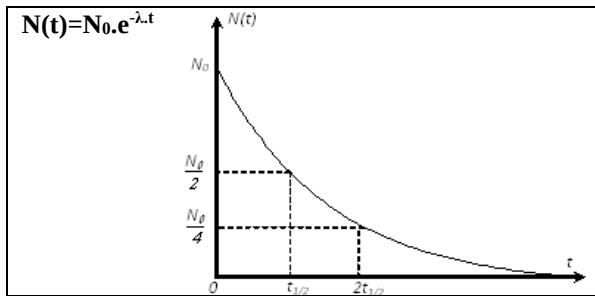
$$\ln\left(\frac{a_2}{a_1}\right) = \lambda \cdot (t_1 - t_2) \quad \text{et} \quad \lambda = \frac{\ln\left(\frac{a_2}{a_1}\right)}{(t_1 - t_2)}$$

$$\text{or } \lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}} \quad \text{donc} \quad t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\ln\left(\frac{a_2}{a_1}\right)} \cdot (t_1 - t_2)$$

Déterminer a_0

Exploiter soit a_1 soit a_2 , $a_0 = \frac{a_1}{e^{-\lambda \cdot t_1}} = a_1 \cdot e^{\lambda \cdot t_1}$

Quelques Courbes



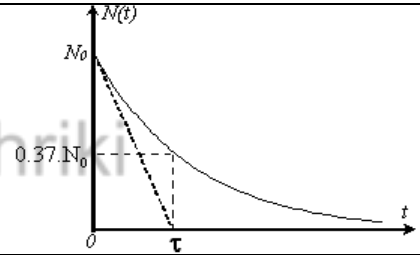
Déterminer graphiquement τ la constante de temps

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

À l'instant $t = \tau$ on a $N(\tau) = N_0 \cdot e^{-1}$

$$\text{Donc } N(\tau) = 0.37 \cdot N_0 \quad \text{ou} \quad \frac{N(\tau)}{N_0} = 0.37 = 37\%$$

On repère sur l'axe $N(t)$ le point $N(\tau)$ et après projections sur l'axe des temps on détermine τ et on peut en déduire $\lambda = \frac{1}{\tau}$



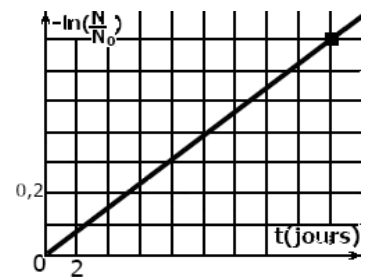
Déterminer graphiquement λ

$$\text{On a } N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad \text{et} \quad \frac{N(t)}{N_0} = e^{-\lambda \cdot t}$$

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda \cdot t \quad \text{et} \quad -\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = \lambda \cdot t$$

La fonction $-\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = f(t)$ est une fonction linéaire dont le coefficient directeur est λ

$$\lambda = \frac{\Delta\left(-\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)\right)}{\Delta t} = \frac{3.5 \times 0.2}{9 \times 2} = 0.0389 \text{ Jours}^{-1}$$



Déterminer graphiquement λ

$$\text{On a } N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad \text{et} \quad \ln(N) = \ln(N_0) - \lambda \cdot t$$

La fonction $\ln(N) = f(t)$ est une fonction affine dont le coefficient directeur est λ

$$\lambda = \frac{\Delta(\ln(N))}{\Delta t} = \frac{7 - 2}{5.5 - 0} = 0.91 \text{ h}^{-1}$$

Déterminer graphiquement $t_{1/2}$

Pour déterminer $t_{1/2}$ on détermine

$$\ln\left(\frac{N_0}{2}\right) = \ln(N_0) - \ln(2) = 7 - 0.69 = 6.31$$

Ou

$$\begin{aligned} \text{On calcul } N_0 \\ \ln(N_0) = 7 \text{ d'où } N_0 = e^7 = 1096.63 \\ \text{On calcul } \ln\left(\frac{N_0}{2}\right) = 6.31 \end{aligned}$$

On repère sur l'axe $\ln(N)$ le point dont l'ordonnée est 6.31 et après projections sur l'axe des temps on détermine $t_{1/2}$



1. Equivalence Masse-Energie (Relation de d'Einstein)

En 1905 , Albert Einstein postulat l'équivalence entre la masse et l'énergie :

Toute particule de masse m , au repos, possède une énergie appelé énergie de masse, notée E .

Energie de masse : énergie potentielle que tout système matériel, de masse m , possède

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

avec

E : énergie en joule (J)

m : la masse du corps au repos (Kg)

C : la célérité de la lumière dans le vide (m/s), $C = 299792458 \text{ m/s} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$



2. Desmunités

a. L'unité de masse atomique

En physique nucléaire , on exprime la masse d'un noyau ou d'un atome en **unité de masse atomique** , de symbole u :

$$1u = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

b. Unité d'énergie .

En physique nucléaire l'unité joule est unité mal adaptée à la description des transferts dénergétiques . Pour cela on emploie l'**électronvolt (eV)** et ses multiples .

$$1 \text{ eV} = 1,602177 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ MeV} = 1,602177 \times 10^{-13} \text{ J}$$

c. Énergie correspond à la masse atomique .

D'après la relation d'Einstein $E = m \cdot c^2$ pour une masse de $1u$ on a $E = 1,66054 \times 10^{-27} \times (2,9979 \times 10^8)^2 = 1492,42 \times 10^{-15} \text{ J}$

$$E = \frac{1492,42 \times 10^{-15}}{1,602177 \times 10^{-19}} = 931,5 \text{ MeV} \quad \text{Donc} \quad 1u = 931,5/c^2$$

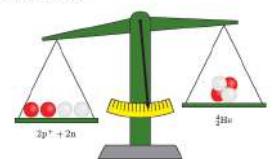
3. Défaut de masse

Le **défaut de masse d'un noyau Δm** est la différence entre la somme des masses de ses nucléons pris séparément et la masse du noyau.

Plu généralement : pour un noyau ${}^A_Z X$, le défaut de masse Δm est : $\Delta m = [Zm_p + Nm_n] - m({}^A_Z X)$

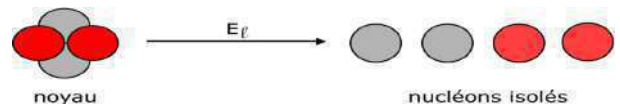
Où m_p et m_n sont respectivement la masse d'un proton et la masse d'un neutron . Δm est toujours positif

Défaut de masse



4. Énergie de liaison d'un noyau

L'**énergie de liaison E_ℓ d'un noyau atomique** est l'énergie qu'il faut fournir au noyau au repos pour le dissocier en ses **nucléons** constitutifs pris au repos. (E est une grandeur positive.)



$$E_\ell = \Delta m(X) \cdot c^2 = [Z \cdot m_p + (A-Z) \cdot m_n] - m({}^A_Z X) \cdot c^2$$

5. Énergie de liaison par nucléon

L'énergie de liaison par nucléon : Pour comparer la stabilité de différents noyaux , il faut utiliser les énergies de liaison par nucléon , soit

$$\mathcal{E} = \frac{E_\ell}{A} \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} E_\ell : \text{Energie de liaison} \\ A : \text{Nombre de nucléons} \end{array}$$

N.B

Un noyau est d'autant plus stable que son énergie de liaison par nucléon est grande .

6. Réaction nucléaire :

Soit l'équation de la réaction nucléaire : ${}^{A_1}_{Z_1} X_1 + {}^{A_2}_{Z_2} X_2 \rightarrow {}^{A_3}_{Z_3} X_3 + {}^{A_4}_{Z_4} X_4$

Δm : la variation de masse entre les produits et les réactifs de la transformation nucléaire

$$\Delta m = \sum m_{\text{Produits}} - \sum m_{\text{Réactifs}}$$

$$\Delta m = m(X_3) + m(X_4) - (m(X_1) + m(X_2))$$

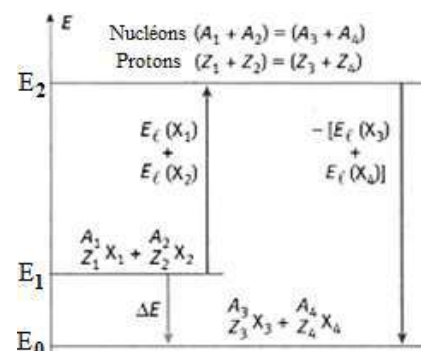
Expression d' énergie de la transformation (désintégration ou de la réaction)

$$\Delta E = [m(X_3) + m(X_4)] - [m(X_1) + m(X_2)] \cdot c^2$$

Autre expression de E_0 en fonction des énergies de liaisons

$$\Delta E = \sum E_\ell (\text{Réactifs}) - \sum E_\ell (\text{Produits})$$

$$\Delta E = [E_\ell(X_1) + E_\ell(X_2)] - [E_\ell(X_3) + E_\ell(X_4)]$$



Et l'énergie libérée par un noyau au cours de la réaction est $E_{\text{Libérée}} = |E_0|$

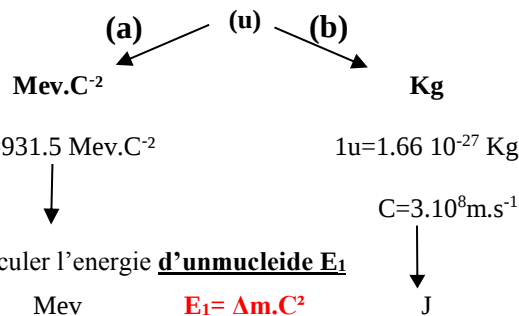
Au cours d'une transformation nucléaire, une variation de masse Δm , correspond à une variation d'énergie ΔE telle que : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$

☞ Premier cas : la variation de la masse est négative $\Delta m < 0$ donc $\Delta E < 0$ négative aussi i.e par convention, le système libère une énergie au milieu extérieur. $E_{\text{libérée}} = |\Delta E|$ (réaction exothermique)

☞ Deuxième cas : la variation de masse est positive $\Delta m > 0$ donc ΔE est positive aussi, i.e que le système reçoit de l'énergie du milieu extérieur $E_{\text{consommée}} = |\Delta E|$ (réaction endothermique)

Comment calculer $E_1 = m \cdot c^2$ l'énergie d'un noyau

- (1) Déterminer l'expression de Δm
- (2) Calculer Δm en unité de masse atomique (u)
 $\Delta m = \dots\dots\dots (u)$
- (3) Convertir (u) à l'unité adéquate



- (a) Inutile de remplacer C par sa valeur vu qu'elle se simplifie et numériquement $E_1 = \Delta m$ mais avec des unités différentes
- (b) Obligation de remplacer C par sa valeur $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m}$

Comment calculer E_T l'énergie totale d'une masse m

Il faut déterminer N le nombre de noyau dans la masse m et $E_T = N \cdot E_1$

On détermine N par

$$\frac{N}{N_A} = \frac{m}{M} \text{ et } N = \frac{m}{M} \cdot N_A$$

M : masse molaire (g/mol)
 m : masse d'un échantillon (g)
 N_A : Nombre d'Avogadro (mol⁻¹)

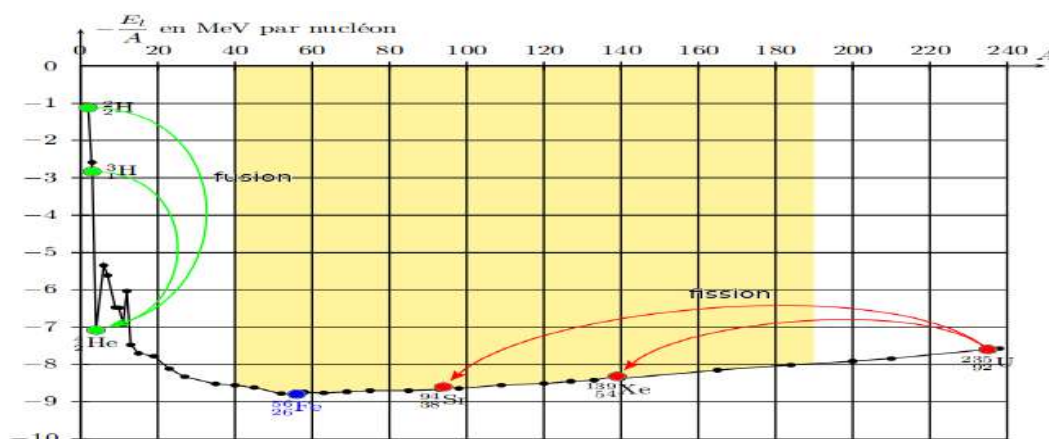
$$N = \frac{m}{m_1}$$

m : masse d'un échantillon (g)
 m_1 : masse d'un noyau (u)

NB :
 Les deux masses m et m_1 à convertir en Kg
 $1u = 1.666 \cdot 10^{-19} \text{ Kg}$

7. Stabilité des noyaux et Courbe d'Aston.

- Un noyau atomique est d'autant plus stable que son énergie de liaison par nucléon est grande.
- La courbe d'Aston est la représentation des variations de $-\frac{E_l}{A}$ en fonction de A.
- Les noyaux stables $20 < A < 190$ sont ceux qui ont une énergie de liaison par nucléon d'environ 8 MeV / nucléon.



- Les noyaux instables peuvent évoluer de deux manières :
 - Les noyaux lourds ($A > 195$) peuvent se briser en deux noyaux plus légers appartenant au domaine de stabilité.
 - Ils subissent une réaction nucléaire de fission.

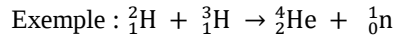
Certains noyaux légers $1 < A < 20$

(${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$, ${}^3_1\text{H}$) peuvent fusionner pour donner un noyau placé plus bas dans le diagramme.

- Ce sont les réactions nucléaires de fusion

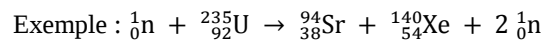
8. La fusion nucléaire.

- La fusion est une réaction nucléaire au cours de laquelle deux noyaux légers s'unissent pour former un noyau lourd.
- La fusion est une réaction nucléaire provoquée qui libère de l'énergie.



9. La fission nucléaire.

- La fission est une réaction nucléaire au cours de laquelle un neutron lent (neutron thermique) brise un noyau lourd pour former deux noyaux plus légers.
- La fission est généralement une réaction nucléaire provoquée qui libère de l'énergie.
- La réaction peut ainsi continuer et même s'accélérer, on est en présence d'une réaction en chaîne.



Prof.Zakaryae chriki

Dipôle RC : association série d'un conducteur ohmique de résistance R et d'un condensateur de capacité C

1. CONDENSATEUR :

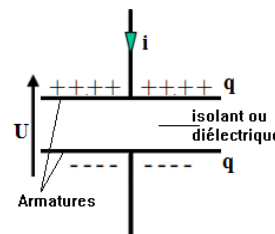
Description.

Un condensateur est un dipôle constitué de deux armatures métalliques parallèles, placées à des potentiels différents et séparées par un isolant ou un diélectrique.

Relation charge-tension.

La charge d'un condensateur, notée q, est liée à la tension U par la relation :

$$q = C.U \quad \text{Avec :} \quad \begin{array}{l} C : \text{capacité du condensateur (F)} \\ q : \text{charge du condensateur (C)} \\ U : \text{tension (V)} \end{array}$$



Capacité d'un condensateur :

- Le coefficient de proportionnalité C est appelé capacité du condensateur.
- Son unité est le Farad (F)
- Autres unités du Farad

$$\text{Millifarad} \\ 1\text{mF}=10^{-3}\text{F}$$

$$\text{Microfarad} \\ 1\mu\text{F}=10^{-6}\text{F}$$

$$\text{Nanofarad} \\ 1\text{nF}=10^{-9}\text{F}$$

$$\text{Picofarad} \\ 1\text{pF}=10^{-12}\text{F}$$

Expression de l'intensité.

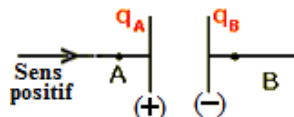
Par définition, l'intensité du courant traversant un condensateur est la variation de la charge q au cours du temps.

En adoptant la convention réceptrice pour ce dipôle, on obtient :

$$\text{Courant continu} \\ I = \frac{Q}{\Delta t}$$

$$\text{Courant variable} \\ i = \frac{dq}{dt} \\ \text{avec } q = C.U_c \text{ d'où } i = C. \frac{dU_c}{dt}$$

2. Sens conventionnel du courant :

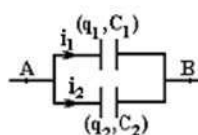


Le sens positif (Conventionnel) du courant est toujours vers l'armature positive.

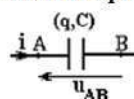
- Si le passage courant est dans le sens positif alors $i > 0$ et le condensateur se charge, q_A augmente (fonction croissante du temps) et $\frac{dq_A}{dt} > 0$
- Si le passage courant est dans le sens négatif alors $i < 0$ et le condensateur se décharge, q_A diminue (fonction décroissante du temps) et $\frac{dq_A}{dt} < 0$

3. Association des condensateurs :

Association en parallèle



Condensateur équivalent



$$C = C_1 + C_2$$

La capacité équivalente C du condensateur équivalent de l'association en parallèle de deux condensateurs est égale à la somme de leurs capacités C_1 et C_2 .

$$U_{AB} = C^{te} = \frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2} = \frac{q}{C}$$

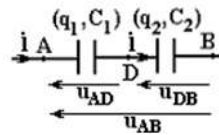
NB :

La capacité équivalente C de plusieurs condensateurs de capacités $C_1, C_2, C_3 \dots C_n$ montés en parallèle, de capacité est la somme des capacités de chaque condensateur : $C = \Sigma C_i$

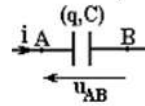
Interet de l'association :

$C = C_1 + C_2$: L'intérêt de l'association en parallèle des condensateurs est d'obtenir une capacité équivalente supérieure à la plus grande d'entre elles. $C > C_1$ et $C > C_2$

Association en série :



Condensateur équivalent



La capacité équivalente C du condensateur équivalent de l'association en série de deux condensateurs de capacités C_1 et C_2 est telle que

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad \text{et} \quad C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

$$Q = C \cdot U_{AB} = C_1 \cdot U_{AD} = C_2 \cdot U_{DB} = C \cdot U_{AB}$$

NB :

La capacité équivalente C du condensateur équivalent de l'association en série des condensateurs de capacités $C_1, C_2, C_3 \dots C_n$, montés en série, vérifie la relation : $\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{C_i} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$

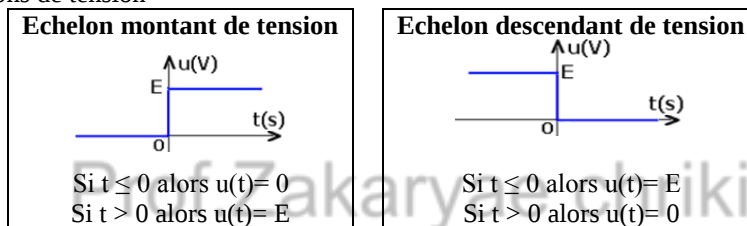
Interet de l'association :

$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$: L'intérêt de l'association en parallèle des condensateurs est d'obtenir une capacité équivalente inférieure à la plus petite d'entre elles. $C < C_1$ et $C < C_2$

4. Echelon de tension :

La variation brutale de la tension $u(t)$ appliquée à un dipôle dont la valeur passe brutalement de 0 à E à un instant donné et réciproquement.

On en distingue deux échelons de tension



5. Energie électrique stockée dans un condensateur.

L'énergie stockée dans un condensateur, notée E, est donnée par la relation :

$E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_c^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$	Avec	C en Farad (F) Uc en volt (V) Q en Coulomb (C) E en Joule (J)
---	------	--

A COMPRENDRE

La loi d'additivité des tensions

- Circuit avec un générateur
 $U_R + U_C = E$
- Circuit sans générateur
 $U_R + U_C = 0$

+

TRANSITION

$$U_R \longrightarrow i \longrightarrow q \longrightarrow U_C$$

$$U_R = R \cdot i \quad i = \frac{dq}{dt} \quad q = C \cdot U_C$$

$$U_R = R \cdot i = R \cdot \frac{dq}{dt} = R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt}$$

Equation différentielle vérifié par la charge q ou la tension Uc

Equation différentielle est une relation entre une variable (si possible) et au moins une de ses dérivées et des constantes

1. Déterminer la dérivée première
 2. Remplacer l'équation différentielle
 3. Développer
 4. Mettre en facteur $A \cdot e^{f(t)} \cdot (---)$
But : $A \cdot e^{f(t)} \cdot (---) + B = C$
 5. Egalité de deux fonctions polynomiales
- Conclusion : $B = C$ et $(---) = 0$

Remplacer la solution dans l'équation différentielle

$$\frac{de^{f(t)}}{dt} = \frac{df(t)}{dt} \cdot e^{f(t)}$$

Fonction	Dérivée première
$f(t) = -\alpha \cdot t$	$\frac{df(t)}{dt} = -\alpha$
$f(t) = -\frac{t}{\tau}$	$\frac{df(t)}{dt} = -\frac{1}{\tau}$

Equation horaire ou la solution de l'équation différentielle

Remplacer les conditions initiales dans la solution

Les conditions initiales

À $t=0$, la variable prends une valeur bien précise à connaître

$$U_C(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B$$

$$U_C(0) = A \cdot e^0 + B = A + B$$

Charge d'un condensateur	$U_C(0) = 0$	;	$q(0) = 0$	;	$I(0) = I_0 = \frac{E}{R}$
--------------------------	--------------	---	------------	---	----------------------------

Décharge d'un condensateur	$U_C(0) = E$	;	$q(0) = C \cdot E$	;	$I(0) = -I_0 = -\frac{E}{R}$
----------------------------	--------------	---	--------------------	---	------------------------------

Energie électrique emmagasiné dans le condensateur

$$E = E_e = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_c^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$$

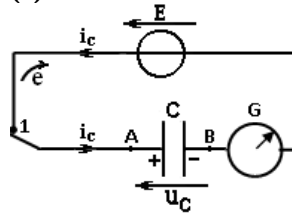
- C : Capacité d'un condensateur en Farad (F)
- U_c : Tension aux bornes du condensateur en volt (V)
- q : Quantité d'électricité emmagasiné dans le condensateur en Coulomb (C)
- E : Energie emmagasiné dans le condensateur en Joule (J)

Etude du circuit RC

1. Charge d'un condensateur :

1.1. Montage de la charge :

Interrupteur K sur la position (1)



1.2. Equation différentielle :

En appliquant la loi d'additivité des tensions $U_R + U_C = E$ et les transitions

$$U_R = R \cdot i = R \cdot \frac{dq}{dt} = R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt}$$

On aboutit à l'équation différentielle vérifiée par une variable donnée

Variable la tension du condensateur U_C :

$$U_C + R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt} = E$$

Variable la charge q :

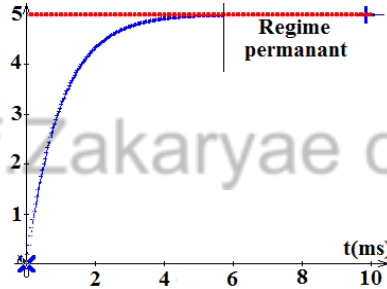
$$\frac{q}{C} + R \cdot \frac{dq}{dt} = E \quad \text{Ou} \quad q + R \cdot C \cdot \frac{dq}{dt} = E \cdot C$$

NB :

Dans le régime permanent la variable est constante $U_C = C^{te}$ (ou $q = C^{te}$) et sa dérivée première est nulle $\frac{dU_C}{dt} = 0$ (ou $\frac{dq}{dt} = 0$)

$U_C = C^{te}$ et $\frac{dU_C}{dt} = 0$, on remplace dans l'équation différentielle et on obtient $U_C = E$

$q = C^{te}$ et $\frac{dq}{dt} = 0$, on remplace dans l'équation différentielle et on obtient $q = C \cdot E$



1.3. Equation horaire :

On considère $U_C(t)$ comme variable et la solution de l'équation différentielle $U_C(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B$

- Pour déterminer les constantes A, B et τ , on remplace la solution et sa dérivée première dans l'équation différentielle

$$U_C(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B \quad \text{et} \quad \frac{dU_C(t)}{dt} = A \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = -\frac{A}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_C + R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt} = E : \text{équation différentielle vérifiée par } U_C$$

$$A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B + R \cdot C \cdot \left(-\frac{A}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = E \quad \text{et} \quad A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B - R \cdot C \cdot A \cdot \frac{1}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = E$$

$$\text{donc} \quad A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \left(1 - R \cdot C \cdot \frac{1}{\tau}\right) + B = E$$

Par Egalité de deux fonctions polynomiales, l'équation est exacte si : $B = E$ et $(1 - R \cdot C \cdot \frac{1}{\tau}) = 0$ d'où $\tau = R \cdot C$

- Déterminer la constante A par les conditions initiales :

à $t=0$ la tension $U_C(0) = 0$, on remplace dans l'équation horaire et on obtient :

$$U_C(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B$$

$$0 = A \cdot e^0 + B = A + B, \quad A + B = 0 \quad \text{et} \quad A = -B = -E$$

Conclusion : $A = -E$, $B = E$ et $\tau = R \cdot C$ alors $U_C(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B = -E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + E = E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

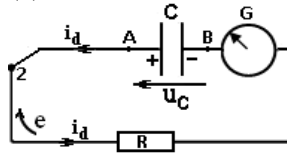
NB :

Souvent la solution est $U_C(t) = A \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ dont la dérivée première est $\frac{dU_C(t)}{dt} = A \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = A \cdot \left(\frac{1}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{A}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

2. Décharge d'un condensateur :

2.1. Montage de la charge :

Interrupteur K sur la position (2)



2.2. Equation différentielle :

En appliquant la loi d'additivité des tensions $U_R + U_C = 0$ et les transitions

$$U_R = R \cdot i = R \cdot \frac{dq}{dt} = R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt}$$

On aboutit à l'équation différentielle vérifiée par une variable donnée

Variable U_C :

$$U_C + R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt} = 0$$

Variable q :

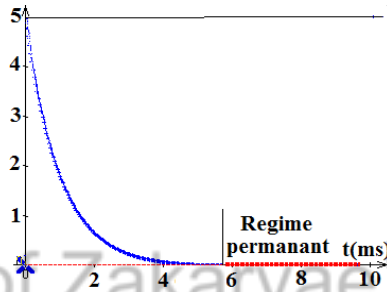
$$\frac{q}{C} + R \cdot \frac{dq}{dt} = 0 \quad \text{Ou} \quad q + R \cdot C \cdot \frac{dq}{dt} = 0$$

NB :

Dans le régime permanent la variable est constante $U_C = C^{te}$ ou $q = C^{te}$ et sa dérivée première est nulle $\frac{dU_C}{dt} = 0$ ou $\frac{dq}{dt} = 0$

$U_C = C^{te}$ et $\frac{dU_C}{dt} = 0$, on remplace dans l'équation différentielle et on obtient $U_C = 0$

$q = C^{te}$ et $\frac{dq}{dt} = 0$, on remplace dans l'équation différentielle et on obtient $q = 0$



2.3. Equation horaire :

On considère $U_C(t)$ comme variable et la solution de l'équation différentielle $U_C(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B$

- Pour déterminer les constantes **A, B et τ** , on remplace la solution et sa dérivée première dans l'équation différentielle

$$U_C(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B \quad \text{et} \quad \frac{dU_C(t)}{dt} = A \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = -\frac{A}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_C + R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt} = 0 : \text{équation différentielle vérifiée par } U_C$$

$$A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B + R \cdot C \cdot \left(-\frac{A}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = 0 \quad \text{et} \quad A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B - R \cdot C \cdot A \cdot \frac{1}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = 0$$

$$\text{donc} \quad A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \left(1 - R \cdot C \cdot \frac{1}{\tau}\right) + B = 0$$

Par Egalité de deux fonctions polynomiales, l'équation est exacte si : **$B = 0$** et **$(1 - R \cdot C \cdot \frac{1}{\tau}) = 0$** d'où **$\tau = R \cdot C$**

- Déterminer la constante **A** par les conditions initiales :

à $t=0$ la tension $U_C(0) = E$, on remplace dans l'équation horaire et on obtient :

$$U_C(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B$$

$$E = A \cdot e^0 + B = A + B, \quad E = A + B \quad \text{et} \quad A = E \text{ vu que } B=0$$

Conclusion : $A=E$, $B=0$ et $\tau = R \cdot C$ alors $U_C(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + 0 = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

NB :

- $\tau = R.C$: Constante de temps et est homogène à un temps
- Conditions initiales (à $t=0$) :

Charge d'un condensateur : $U_C(0) = 0$, $q(0) = 0$, $I(0) = I_0 = \frac{E}{R}$

Décharge d'un condensateur : $U_C(0) = E$, $q(0) = C.E$, $I(0) = -I_0 = -\frac{E}{R}$

- Il faut souvent penser à exploiter les conditions initiales dans :

- (1) La loi d'additivité de tension :

Charge $U_R + U_C = E$ devient $U_R = E$
--

Décharge $U_R + U_C = 0$ devient $U_R = -U_C = -E$
--

- (2) L'équation différentielle :

Charge $U_C + R.C \cdot \frac{dU_C}{dt} = E$ devient $R.C \cdot \frac{dU_C}{dt} = E$
--

Décharge $U_C + R.C \cdot \frac{dU_C}{dt} = 0$ devient $R.C \cdot \frac{dU_C}{dt} = -E$

- (3) L'équation horaire (ou La solution) $U_C(t) = A.e^{-\frac{t}{\tau}} + B$
 $U_C(0) = A.e^0 + B = A + B$

- Exploiter la solution

Exploiter la solution pour déterminer

- Le temps t à partir d'une tension et inversement
- Autres fonctions en fonction de temps

Montrer que l'équation horaire est solution de l'équation différentielle :

Soit l'équation différentielle suivante à titre d'exemple le cas de charge d'un condensateur

$$U_C + R.C \cdot \frac{dU_C}{dt} = E$$

Admettons que la solution donnée est $U_C(t) = A.e^{-\frac{t}{\tau}} + B$, on remplace la solution et sa dérivée première dans l'équation différentielle et :

$$U_C(t) = A.e^{-\frac{t}{\tau}} + B \text{ et } \frac{dU_C(t)}{dt} = A \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = -\frac{A}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$A.e^{-\frac{t}{\tau}} + B + R.C \cdot \left(-\frac{A}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = E \quad \text{et} \quad A.e^{-\frac{t}{\tau}} + B - R.C.A \cdot \frac{1}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = E$$

$$\text{donc } A.e^{-\frac{t}{\tau}} \left(1 - R.C \cdot \frac{1}{\tau}\right) + B = E$$

Par Egalité de deux fonctions polynomiales, l'équation est exacte si : $B = E$ et $(1 - R.C \cdot \frac{1}{\tau}) = 0$, Il suffit de montrer que $B=E$

Déterminer l'expression d'une fonction à partir d'une autre fonction connue

Exemple : Charge d'un condensateur

Soit la fonction connue $U_C(t) = E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

Déterminer à l'instant $t = 0$ et à l'instant $t = \tau$ l'expression de i et $\frac{di}{dt}$

- On détermine l'expression de $i(t)$ et de $\frac{di(t)}{dt}$ en fonction du temps

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{dU_C}{dt} = C.E \cdot \frac{1}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{et} \quad \frac{di}{dt} = I_0 \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = -\frac{E}{R^2.C} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

- On remplace dans les expressions trouvées le temps t par son équivalent :

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

et

$$\frac{di}{dt} = -\frac{E}{R^2.C} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

A $t = 0$

$$i(t) = \frac{E}{R} \cdot e^0 = \frac{E}{R}$$

et

$$\frac{di}{dt} = -\frac{E}{R^2.C} \cdot e^0 = -\frac{E}{R^2.C}$$

A $t = \tau$

$$i(t) = \frac{E}{R} \cdot e^{-1} = 0.37 \cdot \frac{E}{R}$$

et

$$\frac{di}{dt} = -\frac{E}{R^2.C} \cdot e^{-1} = -0.37 \cdot \frac{E}{R^2.C}$$



Exploiter l'équation horaire $U_c(t)$

Pour déterminer l'expression d'autres fonctions horaires

$q(t)$: La charge du condensateur

$i(t)$: L'intensité du courant électrique

$U_R(t)$: La tension aux bornes du conducteur ohmique

❖ Expression de la charge $q(t)$ du condensateur :

Charge d'un condensateur

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

et $q = C \cdot U_c$ alors

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

à $t=0$ le condensateur est vide et sa charge est nulle

On remplace $t=0$ dans $q(t)$ et $q(0)=0$

Décharge d'un condensateur

On a $U_c(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

et $q = C \cdot U_c$ alors

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

à $t=0$ le condensateur est chargé et sa charge est maximale

On remplace $t=0$ dans $q(t)$ et $q(0)=C \cdot E$

❖ Expression de l'intensité de courant $i(t)$:

Charge d'un condensateur

(1) A partir de $U_c(t) = E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$
et $i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{dU_c}{dt}$ et $\tau = R \cdot C$ donc

$$i(t) = C \cdot \frac{dU_c(t)}{dt} = C \cdot E \cdot \left(\frac{1}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

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

Décharge d'un condensateur

A partir de $U_c(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$
et $i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{dU_c}{dt}$ et $\tau = R \cdot C$ donc

$$i(t) = C \cdot \frac{dU_c(t)}{dt} = C \cdot E \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

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

(2) A partir de $q(t) = C \cdot U_c(t) = C \cdot E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$
et $i = \frac{dq}{dt}$ donc

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = C \cdot E \cdot \left(\frac{1}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

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

A partir de $q(t) = C \cdot U_c(t) = C \cdot E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$
et $i = \frac{dq}{dt}$ donc

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = C \cdot E \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

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

(3) A partir de $U_R(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$
et $i = \frac{U_R}{R}$ donc

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

A $t=0$ l'intensité de courant est maximale

On remplace $t=0$ dans $i(t)$ et $i(0) = I_0 = \frac{E}{R}$

A partir de $U_R(t) = -E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$
et $i = \frac{U_R}{R}$ donc

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

A $t=0$ l'intensité de courant est minimale

On remplace $t=0$ dans $i(t)$ et $i(0) = -I_0 = -\frac{E}{R}$

❖ Expression de la tension aux bornes du conducteur ohmique $U_R(t)$:

Charge d'un condensateur

A partir de $U_c(t) = E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

(1) La loi d'additivité des tensions

$$U_R + U_c = E$$

$$U_R = E - U_c$$

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

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

(2) Les transitions $U_R = R \cdot i = R \cdot \frac{dq}{dt} = R \cdot C \cdot \frac{dU_c}{dt}$

$$\frac{dU_c(t)}{dt} = E \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_R(t) = R \cdot C \cdot \frac{dU_c(t)}{dt} = R \cdot C \cdot E \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

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

à $t=0$ la tension aux bornes du conducteur ohmique est maximale

On remplace $t=0$ dans $U_R(t)$ et $U_R(0) = E$

Décharge d'un condensateur

A partir de $U_c(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

La loi d'additivité des tensions

$$U_R + U_c = 0$$

$$U_R = -U_c$$

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

Les transitions $U_R = R \cdot i = R \cdot \frac{dq}{dt} = R \cdot C \cdot \frac{dU_c}{dt}$

$$\frac{dU_c(t)}{dt} = E \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_R(t) = R \cdot C \cdot \frac{dU_c(t)}{dt} = R \cdot C \cdot E \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

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

à $t=0$ la tension aux bornes du conducteur ohmique est minimale

On remplace $t=0$ dans $U_R(t)$ et $U_R(0) = -E$

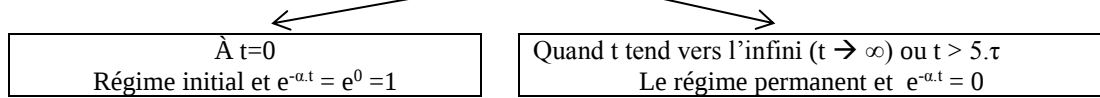
Quelques courbes



Comment tracer l'allure des courbes en $e^{-a.t}$

Pour tracer des courbes en $e^{-a.t}$ il faut prendre en considération les limites des courbes

La fonction $e^{-a.t}$



$e^{-a.t}$ prend la valeur 1 pour déterminer le début de la courbe et la valeur 0 (zéro) pour déterminer sa limite (Le régime permanent)

Exemples :

La fonction $A.e^{-\lambda.t}$	- À $t=0$ prend la valeur A - Quand $t \rightarrow \infty$ prend la valeur 0 (Le régime permanent)
La fonction $A.(1 - e^{-\lambda.t})$	- À $t=0$ prend la valeur 0 - Quand $t \rightarrow \infty$ prend la valeur A (Le régime permanent)

$E=6V \quad R=100\Omega \quad C=20\mu F$

	Charge d'un condensateur	Décharge d'un condensateur
1. <u>Expression de $U_C(t)$</u>	$U_C(t) = E.(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$	$U_C(t) = E.e^{-\frac{t}{\tau}}$
2. <u>Expression de $q(t)$</u>	$q(t) = C.E.(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$	$q(t) = C.E.e^{-\frac{t}{\tau}}$
3. <u>Expression de $i(t)$</u>	$i(t) = \frac{E}{R}.e^{-\frac{t}{\tau}}$	$i(t) = -\frac{E}{R}.e^{-\frac{t}{\tau}}$
4. <u>Expression de $U_R(t)$</u>	$U_R(t) = E.e^{-\frac{t}{\tau}}$	$U_R(t) = -E.e^{-\frac{t}{\tau}}$

τ est la constante de temps

Expression de $U_c(t)$	Charge d'un condensateur
	$U_c(t) = E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ $A \ t = \tau$ $U_c(\tau) = E(1 - e^{-1}) = 0.63 \cdot E$ $\frac{U_c(\tau)}{E} = 0.63 = 63\%$

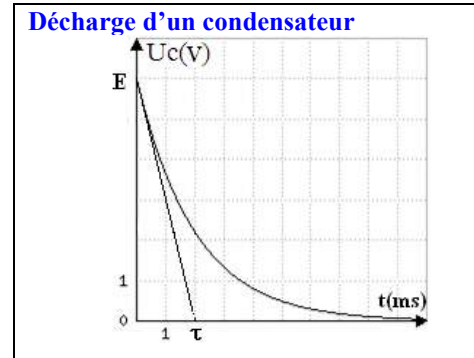
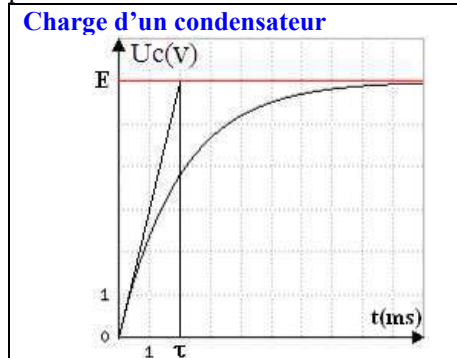
Décharge d'un condensateur	
	$U_c(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ $A \ t = \tau$ $U_c(\tau) = E \cdot e^{-1} = 0.37 \cdot E$ $\frac{U_c(\tau)}{E} = 0.37 = 37\%$

τ est la durée nécessaire pour qu'un condensateur se charge ou se décharge à 63% de sa capacité totale

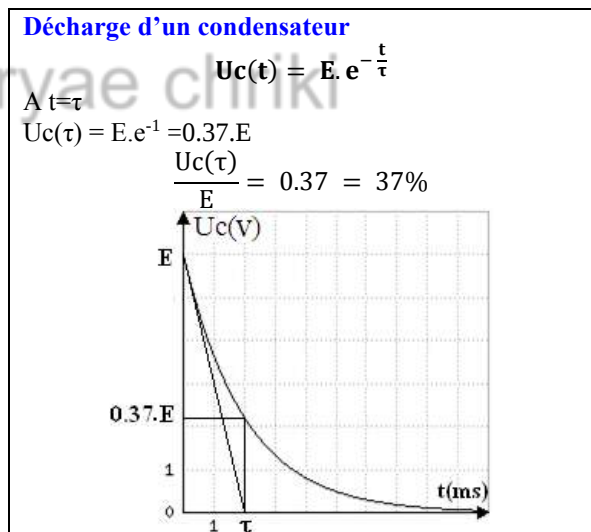
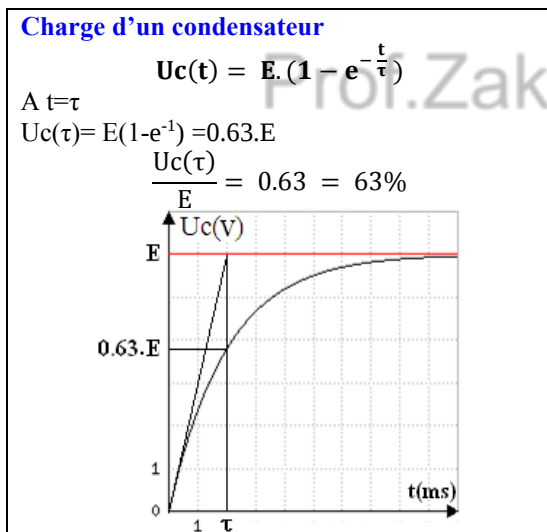
Déterminer τ graphiquement

Méthode de la tangente :

Tracer la tangente de la courbe $u_c(t)$ à l'instant $t=0$ et l'asymptote $u_c=E$ (cas de la charge) ou $u_c=0$ (cas de la décharge) et l'abscisse du point de rencontre des deux droites donne τ .



Par le calcul :



Equations aux dimensions $\tau = RC$:

On a $\tau = RC$ et $[\tau] = [RC] = [R] \cdot [C]$

$$R = \frac{U}{i} \Rightarrow [R] = \frac{[U]}{[i]}$$

$$C = \frac{q}{U} \Rightarrow [C] = \frac{[q]}{[U]} \text{ et } q = i \cdot t \text{ alors } [q] = [i] \cdot [t] \text{ donc } [C] = \frac{[i] \cdot [t]}{[U]}$$

$$\text{En final } [\tau] = [R] \cdot [C] = \frac{[U]}{[i]} \cdot \frac{[i] \cdot [t]}{[U]} = [t] = s$$

NB :

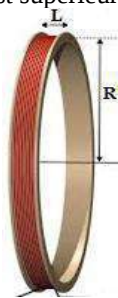
- τ est la constante de temps du circuit (R,C) et est homogène à un temps (s'exprime en seconde (s))
- Après une durée τ , le condensateur est chargé ou déchargé à 63% de sa capacité totale
- Après une durée $5 \cdot \tau$ (valeur théorique ou valeur moyenne) le condensateur est chargé ou déchargé totalement (à plus de 99%).

Dipôle RL : association série d'un conducteur ohmique de résistance R et d'une bobine d'inductance L et de résistance interne r .

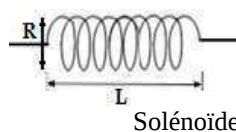
Une bobine est un dipôle passif, elle est formée d'un enroulement cylindrique, à spires jointives, d'un fil électrique recouvert par un isolant.

On en distingue deux :

- Bobine plate : son rayon R est supérieur à sa longueur L ($R > L$)
- Solénoïde : sa longueur L est supérieure à son rayon R ($L > R$)

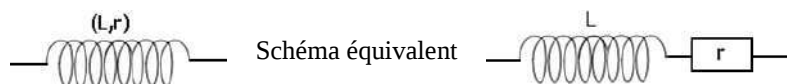


Bobine plate



Solénoïde

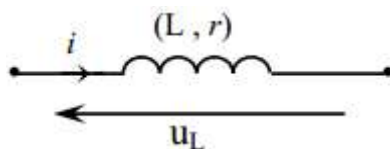
❖ Symbole de la bobine :



Avec r = résistance interne (Ω)

L = inductance de la bobine (H – Henry)

❖ Tension aux bornes de la bobine



$$U_L = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$$

Avec r = résistance interne (Ω)
 L = inductance de la bobine (H – Henry)
 i = intensité du courant (A)
 U_L = tension aux bornes de la bobine (V)

❖ Cas particuliers

Courant continu

$$I = C^te \text{ et } \frac{di}{dt} = 0 \text{ donc } U_L = r \cdot i$$

En courant continu la bobine se comporte comme un conducteur ohmique

Résistance interne négligeable $r = 0$

$$U_L = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} = L \cdot \frac{di}{dt}$$

❖ Influence de la bobine dans un circuit est :

Une bobine permet de retarder l'établissement ou la rupture (annulation) du courant et ceci est dû au produit $L \cdot \frac{di}{dt}$

❖ Energie emmagasiné dans une bobine

L'énergie stockée dans une bobine, s'exprime à partir de la relation :

$$E_m = \frac{1}{2} L \cdot i^2 \text{ avec } \begin{array}{l} E_m \text{ en Joule (J)} \\ L \text{ en Henry (H)} \\ i \text{ en Ampère (A)} \end{array}$$

A COMPRENDRE

La loi d'additivité des tensions

- Circuit avec un générateur (Etablissement de courant)
 $U_R + U_L = E$
- Circuit sans générateur (Rupture ou Annulation de courant)
 $U_R + U_L = 0$

+

TRANSITION

$$U_R \longrightarrow i \longrightarrow U_L$$

$$U_R = R \cdot i \quad U_L = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$$

Equation différentielle vérifiée par la charge q ou la tension Uc

Equation différentielle est une relation entre une variable (si possible) et au moins une de ses dérivées et des constantes

6. Déterminer la dérivée première
 7. Remplacer l'équation différentielle
 8. Développer
 9. Mettre en facteur $A \cdot e^{f(t)} \cdot (---)$
But : $A \cdot e^{f(t)} \cdot (---) + B = C$
 10. Egalité de deux fonctions polynomiales
- Conclusion : $B = C$ et $(---) = 0$

Remplacer la solution dans l'équation différentielle

$$\frac{de^{f(t)}}{dt} = \frac{df(t)}{dt} \cdot e^{f(t)}$$

Fonction	Dérivée première
$f(t) = -\alpha \cdot t$	$\frac{df(t)}{dt} = -\alpha$
$f(t) = -\frac{t}{\tau}$	$\frac{df(t)}{dt} = -\frac{1}{\tau}$

Equation horaire ou la solution de l'équation différentielle

Remplacer les conditions initiales dans la solution

Les conditions initiales

À $t=0$, la variable prends une valeur bien précise à connaître

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

$$i(0) = A \cdot e^0 + B = A + B$$

Etablissement de courant	$i = 0$	et	$U_R = 0$
--------------------------	---------	----	-----------

Annulation de courant	$i = I_0 = \frac{E}{R + r} = \frac{E}{R_T}$	et	$U_R = R \cdot I_0$
-----------------------	---	----	---------------------

Energie électrique emmagasiné dans la bobine

$$Em = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2 = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \left(\frac{U_R}{R}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{R^2} \cdot U_R^2$$

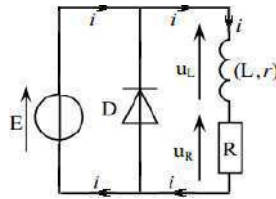
- L : Inductance de la bobine en Henry (H)
- i : Intensité de courant électrique en ampère (A)
- U_R : tension aux bornes du conducteur ohmique en Volt (V)
- R : Resistance du conducteur ohmique en ohm (Ω)
- Em : Energie magnétique emmagasinée dans la bobine en Joule (J)

Etude Circuit RL

1. Etablissement de courant :

1.1. Montage :

Soit le montage électrique suivant :



1.2. Rôle de la diode en parallèle avec une bobine

- Ne laisse passer le courant que dans un seul sens
- Permet d'éviter l'apparition des étincelles dues aux surtensions aux bornes de la bobine
- Protège ainsi les composants du circuit qui sont autour de la bobine

1.3. Equation différentielle

En appliquant la loi d'additivité des tensions $U_R + U_L = E$ et les transitions

$$U_R = R \cdot i \quad \text{et} \quad i = \frac{U_R}{R} \quad \text{et} \quad U_L = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$$

On aboutit à l'équation différentielle vérifiée par une variable donnée

Variable i :

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

$$(R + r) \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} = E \quad \text{ou} \quad i + \frac{L}{(R+r)} \cdot \frac{di}{dt} = \frac{E}{(R+r)}$$

Variable U_R :

$$U_R + r \cdot \frac{U_R}{R} + \frac{L}{R} \cdot \frac{dU_R}{dt} = E$$

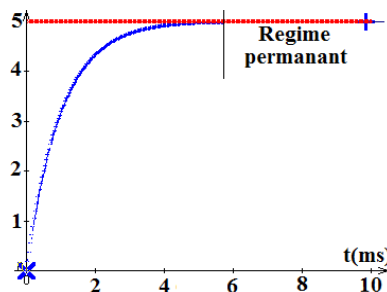
$$U_R \left(1 + \frac{r}{R}\right) + \frac{L}{R} \cdot \frac{dU_R}{dt} = E \quad \text{Ou} \quad U_R + \frac{L}{(R+r)} \cdot \frac{dU_R}{dt} = \frac{R \cdot E}{(R+r)}$$

NB :

Dans le régime permanent la variable est constante

$i = C^{te}$ et $\frac{di}{dt} = 0$, on remplace dans l'équation différentielle et on obtient $(R+r) \cdot i = E$ d'où $i = I_0 = \frac{E}{R+r}$

$U_R = C^{te}$ et $\frac{dU_R}{dt} = 0$, on remplace dans l'équation différentielle et on obtient $U_R = \frac{R \cdot E}{(R+r)}$



1.4. Equation horaire :

On considère $i(t)$ comme variable et la solution de l'équation différentielle $i(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B$

- Pour déterminer les constantes **A, B et τ** , on remplace la solution et sa dérivée première dans l'équation différentielle

$$i(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B \quad \text{et} \quad \frac{di(t)}{dt} = A \cdot \left(-\frac{1}{\tau}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = -\frac{A}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$i + \frac{L}{(R+r)} \cdot \frac{di}{dt} = \frac{E}{(R+r)} : \text{équation différentielle vérifiée par } i(t)$$

$$A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B + \frac{L}{(R+r)} \cdot \left(-\frac{A}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = \frac{E}{(R+r)} \quad \text{et} \quad A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B - \frac{L}{(R+r)} \cdot \frac{A}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{(R+r)}$$

$$\text{donc} \quad A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \left(1 - \frac{L}{(R+r)} \cdot \frac{1}{\tau}\right) + B = \frac{E}{(R+r)}$$

Par Egalité de deux fonctions polynomiales, l'équation est exacte si : $B = \frac{E}{(R+r)} = I_0$ et $1 - \frac{L}{(R+r)} \cdot \frac{1}{\tau} = 0$ d'où $\tau = \frac{L}{(R+r)}$

- Déterminer la constante **A** par les conditions initiales :

à $t=0$ la tension $i(0) = 0$, on remplace dans l'équation horaire et on obtient :

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

$$0 = A.e^0 + B = A + B, \quad A = -B = -I_0 = -\frac{E}{(R+r)}$$

Conclusion : $A = -I_0$, $B = I_0$ et $\tau = \frac{L}{(R+r)}$ alors $i(t) = A.e^{-\frac{t}{\tau}} + B = -I_0.e^{-\frac{t}{\tau}} + I_0 = I_0.(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

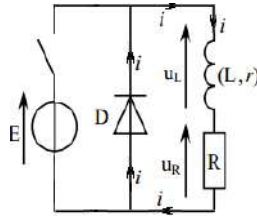
NB :

Souvent la solution est $i(t) = A.(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ dont la dérivée première est $\frac{di(t)}{dt} = A.(-\frac{1}{\tau}).e^{-\frac{t}{\tau}} = A.(-\frac{1}{\tau}).e^{-\frac{t}{\tau}} = -\frac{A}{\tau}.e^{-\frac{t}{\tau}}$

2. Rupture (Annulation) de courant :

2.1. Montage :

Soit le montage électrique suivant :



2.2. Equation différentielle

En appliquant la loi d'additivité des tensions $U_R + U_L = E$ et les transitions

$$U_R = R.i \quad \text{et} \quad i = \frac{U_R}{R} \quad \text{et} \quad U_L = r.i + L.\frac{di}{dt}$$

On aboutit à l'équation différentielle vérifiée par une variable donnée

Variable i :

$$R.i + r.i + L.\frac{di}{dt} = 0$$

$$(R + r).i + L.\frac{di}{dt} = 0 \quad \text{Ou} \quad i + \frac{L}{(R+r)}.\frac{di}{dt} = 0$$

Variable U_R :

$$U_R + r.\frac{U_R}{R} + \frac{L}{R}.\frac{dU_R}{dt} = 0$$

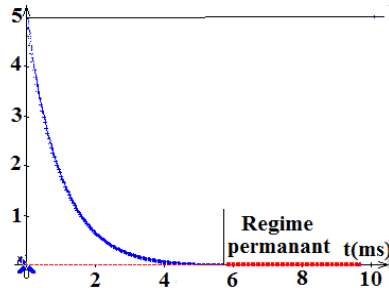
$$U_R(1 + \frac{r}{R}) + \frac{L}{R}.\frac{dU_R}{dt} = 0 \quad \text{Ou} \quad U_R + \frac{L}{(R+r)}.\frac{dU_R}{dt} = 0$$

NB :

Dans le régime permanent la variable est constante

$$i = C^{te} \quad \text{et} \quad \frac{di}{dt} = 0, \quad \text{on remplace dans l'équation différentielle et on obtient } i = 0$$

$$U_R = C^{te} \quad \text{et} \quad \frac{dU_R}{dt} = 0, \quad \text{on remplace dans l'équation différentielle et on obtient } U_R = 0$$



2.3. Equation horaire :

On considère $i(t)$ comme variable et la solution de l'équation différentielle $i(t) = A.e^{-\frac{t}{\tau}} + B$

- Pour déterminer les constantes **A, B et τ** , on remplace la solution et sa dérivée première dans l'équation différentielle

$$i(t) = A.e^{-\frac{t}{\tau}} + B \quad \text{et} \quad \frac{di(t)}{dt} = A.(-\frac{1}{\tau}).e^{-\frac{t}{\tau}} = -\frac{A}{\tau}.e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$i + \frac{L}{(R+r)}.\frac{di}{dt} = 0 : \text{équation différentielle vérifiée par } i(t)$$

$$A.e^{-\frac{t}{\tau}} + B + \frac{L}{(R+r)}.\left(-\frac{A}{\tau}.e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = 0 \quad \text{et} \quad A.e^{-\frac{t}{\tau}} + B - \frac{L}{(R+r)}.\frac{A}{\tau}.e^{-\frac{t}{\tau}} = 0$$

$$\text{donc} \quad A.e^{-\frac{t}{\tau}}\left(1 - \frac{L}{(R+r)}.\frac{1}{\tau}\right) + B = 0$$

Par Egalité de deux fonctions polynomiales, l'équation est exacte si : $B = 0$ et $1 - \frac{L}{(R+r)}.\frac{1}{\tau} = 0$ d'où $\tau = \frac{L}{(R+r)}$

- Déterminer la constante **A** par les conditions initiales :
à $t=0$ la tension $i(0)=I_0$, on remplace dans l'équation horaire et on obtient :

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

$$I_0 = A \cdot e^0 + B = A + B, B=0 \text{ et } A = I_0 = -\frac{E}{(R+r)}$$

Conclusion : $A=I_0$, $B=0$ et $\tau = \frac{L}{(R+r)}$ alors $i(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

NB :

- $\tau = \frac{L}{R_T}$: Constante de temps et est homogène à un temps.
- $I_0 = \frac{E}{R+r} = \frac{E}{R_T}$: Intensité maximale du courant électrique dans le circuit avec $R_T=R+r$
- Conditions initiales (à $t=0$) :

Etablissement de courant : $i = 0$ et $U_R = 0$

Annulation de courant : $i = I_0 = \frac{E}{R+r} = \frac{E}{R_T}$ et $U_R = R \cdot I_0$

- Il faut souvent penser à exploiter les conditions initiales dans :

(1) La loi d'additivités de tension :

Etablissement $U_R + U_L = E$ et $U_L = E$

Annulation $U_R + U_L = 0$ et $U_L = -U_R = -E$

(2) L'équation différentielle

Etablissement $i + \frac{L}{R+r} \cdot \frac{di}{dt} = \frac{E}{R+r}$ et $\frac{L}{R+r} \cdot \frac{di}{dt} = \frac{E}{R+r}$

Annulation $i + \frac{L}{R+r} \cdot \frac{di}{dt} = 0$ et $\frac{L}{R+r} \cdot \frac{di}{dt} = -i = -I_0$

(3) L'équation horaire (ou La solution) $i(t) = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + B$

$$i(0) = A \cdot e^0 + B = A + B$$

- **Exploiter la solution**

Exploiter la solution pour déterminer

- Le temps t à partir de l'intensité de courant et inversement
- Autres expressions (tensions ou autres) en fonction de temps

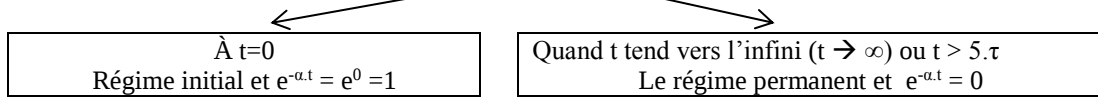
Quelques courbes



Comment tracer l'allure des courbes en $e^{-a.t}$

Pour tracer des courbes en $e^{-a.t}$ il faut prendre en considération les limites des courbes

La fonction $e^{-a.t}$

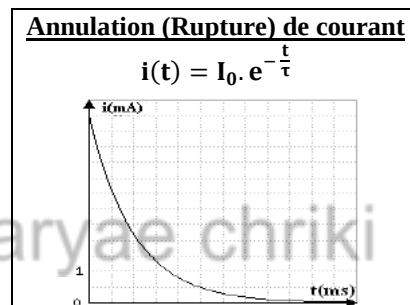
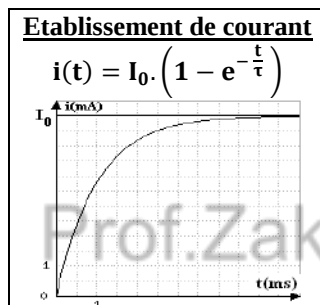


$e^{-a.t}$ prend la valeur 1 pour déterminer le début de la courbe et la valeur 0 (zéro) pour déterminer sa limite (Le régime permanent)

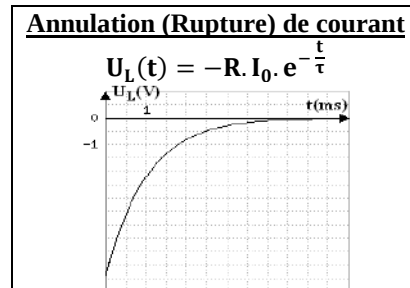
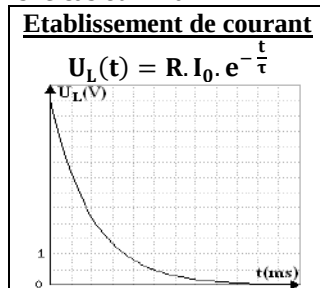
Exemples :

La fonction $A.e^{-\lambda.t}$	- À $t=0$ prend la valeur A - Quand $t \rightarrow \infty$ prend la valeur 0 (Le régime permanent)
La fonction $A.(1 - e^{-\lambda.t})$	- À $t=0$ prend la valeur 0 - Quand $t \rightarrow \infty$ prend la valeur A (Le régime permanent)

i(t) : Intensité de courant



U_L(t) : la tensions U_L(t) dans le cas ou r = 0

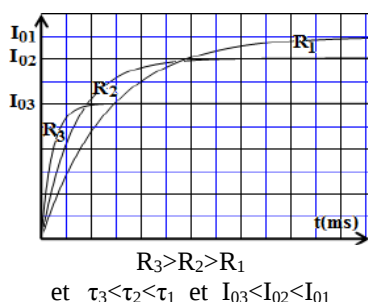


Influence de la variation du coefficient d'induction L ou de la résistance R sur les courbes

On a : $I_0 = \frac{E}{R+r}$ et $\tau = \frac{L}{R+r}$

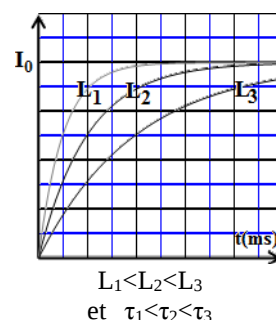
Influence de R :

I_0 et τ varie toutes les deux : Si R augmente alors I_0 et τ diminuent



Influence de L :

I_0 est une constante et τ varie : si L augmente alors τ augmente aussi



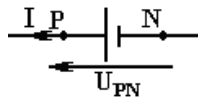
Rappel :

1. Sens du courant électrique

Le courant électrique, opposé au sens de déplacement des électrons, parcourt un circuit du pôle positif vers le pôle négatif

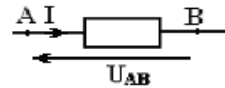
2. Générateur et Récepteur

Générateur :



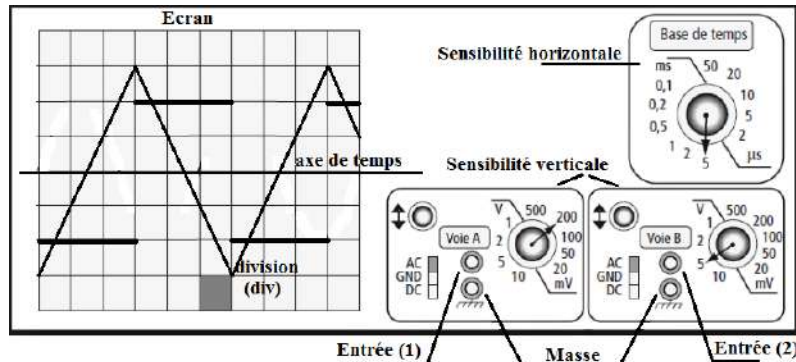
Le courant et la tension positive ont le même sens

Récepteur :



Le courant et la tension positive ont des sens opposés

3. Oscilloscope (Oscillogramme)



Un oscilloscope a une masse et plusieurs entrées

Une entrée est caractérisée par :

- Une sensibilité verticale (? V/div) ou (? V/cm)
- Une sensibilité horizontale (? ms/div) ou (? ms/cm)

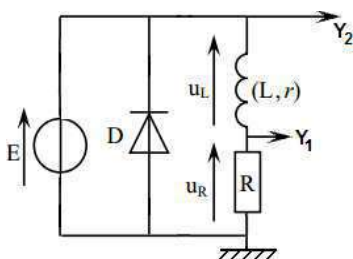
Au moyen d'un oscilloscope on peut déterminer :

- Les tensions maximales
- La période T
- La durée (ou le décalage horaire) $\tau = \Delta t$ entre deux tensions

NB :

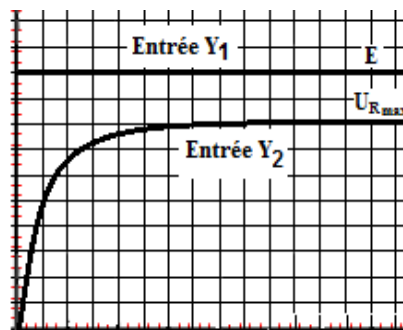
La masse est l'origine de toute tension électrique (d.d.p) visible sur l'écran

Etude du circuit RL (cas d'établissement de courant)



On observe sur l'écran de l'oscilloscope :

- A l'entrée Y₁ : la tension U_R aux bornes du conducteur ohmique
- A l'entrée Y₂ : la tension $E = U_R + U_L$ aux bornes du Générateur



- Sur l'entrée Y₂ on mesure E la tension du générateur.
- Sur l'entrée Y₁ on mesure U_{Rmax} la tension maximale de conducteur ohmique et en déduire I₀ l'intensité de courant maximale

$$I_0 = \frac{E}{R+r} \quad \text{et} \quad I_0 = \frac{U_{R\max}}{R}$$

- Au régime permanent U_R=U_{Rmax} et i=I₀ et $\frac{di}{dt} = 0$

$$U_L = E - U_R = E - U_{R\max} \quad \text{et}$$

$$U_L = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} = r \cdot I_0 \quad \text{donc} \quad E - U_{R\max} = r \cdot I_0$$

- Graphiquement on peut déduire τ la constante de temps U_R(τ)=0.63.U_{Rmax} et par projection on peut déterminer τ

$$\tau = \frac{L}{R+r}$$

Expressions dans le régime permanent et le régime initial :

i(t) : Intensité de courant

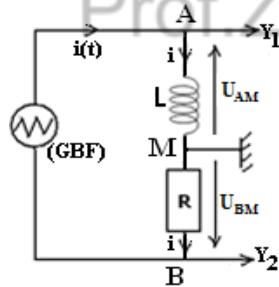
U_R(t) : Tension du conducteur ohmique

U_L(t) : Tension de la bobine

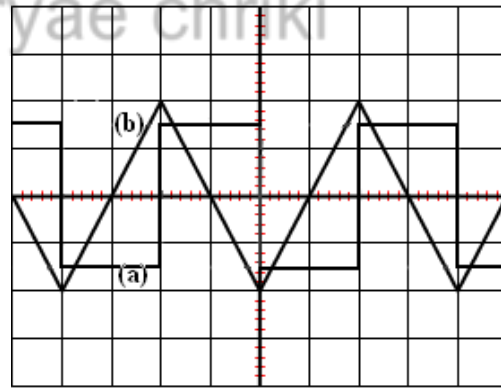
	i(t)	U _R (t)	U _L (t)	Loi d'additivité des tensions	Equation différentielle
Régime	i(t)= I ₀ (1-e ^{-λ.t})	U _R (t)=R.i(t)	U _L = r.i + L. $\frac{di}{dt}$	U _R +U _L =E	i.(R + r) + L. $\frac{di}{dt} = E$
Initial (t=0)	i=0	U _R =0	U _L = L. $\frac{di}{dt}$	U _L =E	L. $\frac{di}{dt} = E$
Permanent (t→∞)	I ₀ = $\frac{E}{R+r}$	U _R (t)=R.I ₀	U _L = r.I ₀	R.I ₀ + r.I ₀ =E	I ₀ .(R + r) =E
Permanent et r= 0	I ₀ = $\frac{E}{R}$	U _R (t)=R.I ₀	U _L = 0	R.I ₀ =E	I ₀ .R =E

Déterminer graphiquement L le coefficient d'induction de la bobine

Soit le circuit suivant :



Sensibilité verticale de la voie Y ₁	500mV/div
Sensibilité verticale de la voie Y ₂	2V/div
Sensibilité horizontale	1ms/div



R=4KΩ

Expression des tensions (à comparer le sens positif (Souvent le sens du courant) du courant et le sens des tensions)

$$U_{BM} = -R \cdot i \quad \text{et} \quad U_{AM} = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} = L \cdot \frac{di}{dt}$$

Déduction la relation entre U_{AB} et U_{BM}

$$U_{BM} = -R \cdot i \quad \text{et} \quad i = -\frac{U_{BM}}{R} \quad \text{et} \quad \frac{di}{dt} = -\frac{1}{R} \cdot \frac{dU_{BM}}{dt}$$

$$\text{et} \quad U_{AM} = L \cdot \frac{di}{dt} = -\frac{L}{R} \cdot \frac{dU_{BM}}{dt}$$

$$\text{donc} \quad U_{AM} = -\frac{L}{R} \cdot \frac{dU_{BM}}{dt}$$

Déduire la courbe correspondante à chacune des deux tensions

$$U_{BM} = -\frac{L}{R} \cdot \frac{dU_{AM}}{dt}$$

La tension U_{BM}

- Non nulle $U_{BM} \neq 0$
- Dérivable $\frac{dU_{BM}}{dt}$
- Sa dérivée première est non nulle $\frac{dU_{BM}}{dt} \neq 0$

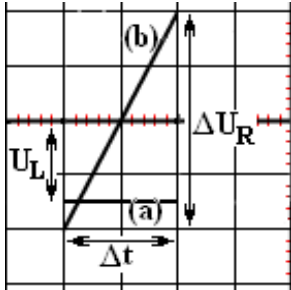
Conclusion

Sur Y_1 on observe la tension U_{AM} relative à la courbe (b)

La tension U_{AM}

- Non nulle $U_{AM} \neq 0$

Sur Y_2 on observe la tension U_{AM} relative à la courbe (a)

Exploiter les deux courbes et déterminer L :

- **La tension U_{BM}**

La fonction de la courbe (b) est une fonction affine et $\frac{dU_{BM}}{dt}$ sa dérivée première est son coefficient directeur

$$\text{donc } \frac{dU_{BM}}{dt} = \frac{\Delta U_{BM}}{\Delta t} = \frac{4 \times 2}{2 \times 10^{-3}} = 4 \times 10^3 \text{ V.s}^{-1}$$

- **La tension U_{AM}**

$$U_{AM} = -1.5 \times 0.5 = -0.75 \text{ V}$$

On a $U_{BM} = -\frac{L}{R} \cdot \frac{dU_{AM}}{dt}$ et $\frac{L}{R} = -\frac{U_{BM}}{\frac{dU_{AM}}{dt}}$ d'où $L = -R \cdot \frac{U_{BM}}{\frac{dU_{AM}}{dt}}$

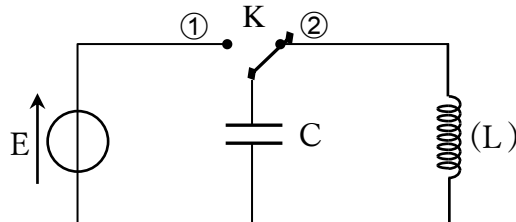
$$L = -R \cdot \frac{U_{BM}}{\frac{dU_{AM}}{dt}} = -4 \times 10^3 \times \frac{-0.75}{4 \times 10^3} = 0.75 \text{ H}$$

Prof. Zakaryae chriki

Dipôle LC : association série d'un condensateur chargé de capacité C et de charge initiale q_0 et d'une bobine d'inductance L et de résistance interne r négligeable.

I. Etude du circuit LC

1. Montage : Décharge d'un condensateur dans une bobine



2. Equation différentielle :

En appliquant la loi d'additivité des tensions $U_C + U_L = 0$ et les transitions :

$$q = C \cdot U_C \quad \text{et} \quad i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{dU_C}{dt} \quad \text{et} \quad \frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2} = C \cdot \frac{d^2U_C}{dt^2} \quad U_L = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} = L \cdot \frac{di}{dt} \quad ; \quad r=0$$

On aboutit à l'équation différentielle vérifiée par une variable donnée :

$$U_C + U_L = U_C + r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} = U_C + L \cdot \frac{di}{dt} = 0$$

Variable U_C :

$$U_C + L \cdot \frac{di}{dt} = U_C + L \cdot C \cdot \frac{d^2U_C}{dt^2} = 0 \quad \text{ou} \quad \frac{d^2U_C}{dt^2} + \frac{1}{LC} \cdot U_C = 0$$

Variable q :

$$U_C + L \cdot \frac{di}{dt} = U_C + L \cdot \frac{dq}{dt} = 0 \quad \text{et} \quad \frac{q}{C} + L \cdot \frac{d^2q}{dt^2} = 0 \quad \text{ou} \quad \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC} \cdot q = 0 \quad \text{Avec} \quad \omega_0^2 = \frac{1}{LC} \quad \omega_0 : \text{Pulsation propre (en rad/s)}$$

3. Equation horaire ou la solution :

Soit $U_C(t)$ comme variable, la solution est :

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

avec U_m : L'amplitude (la valeur maximale de la tension $U_C(t)$)
 $\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi$: La phase à l'instant t
 φ : la phase à l'origine des temps $t=0$
 T_0 : la période propre (s)
 $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$: Pulsation propre (en rad/s)

3.1. Déterminer T_0 la période propre :

Remplacer la solution et sa dérivée seconde dans l'équation différentielle :

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

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

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

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

$$-U_m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) + \frac{1}{LC} \cdot U_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) = 0 \quad \text{donc} \quad U_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) \cdot \left(-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 + \frac{1}{LC}\right) = 0$$

L'équation est juste si $-\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 + \frac{1}{LC} = 0$ et $\frac{1}{LC} = \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2$, on en déduit alors $T_0 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$

Remarque :

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \frac{2\pi}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_0}} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \quad \text{d'où} \quad \omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$

3.2. Déterminer U_m et φ par les conditions initiales :

- A $t=0$:
- Le condensateur est chargé $U_C(0) = U_0 = E$
 - $i(0)=0$: le circuit est ouvert

On remplace les conditions initiales dans les expressions de $U_C(t)$ et $i(t)$ à l'instant $t=0$.

$$U_C(t) = U_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) \quad \text{et} \quad i(t) = C \cdot \frac{dU_C(t)}{dt} = -C \cdot U_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$$

A l'instant $t=0$

$$U_c(0) = U_m \cos(\varphi) \quad \text{et} \quad i(0) = -C \cdot U_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} \cdot \sin(\varphi)$$

$$\begin{aligned} \text{(1)} \\ U_c(0) &= U_m \cos(\varphi) = E \\ \cos(\varphi) &= \frac{E}{U_m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(2)} \\ \text{et } i(0) &= -C \cdot U_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} \cdot \sin(\varphi) = 0 \\ \text{alors } \sin(\varphi) &= 0 \\ \text{d'où } \varphi &= 0 \quad \text{ou} \quad \varphi = \pi \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(3)} \\ \text{Or } E > 0 \text{ et } U_m > 0 \text{ alors } \cos(\varphi) &= \frac{E}{U_m} > 0 \\ \text{d'où } \varphi &= 0 \end{aligned}$$

De la relation (1) on en déduit : $U_m = \frac{E}{\cos(\varphi)} = \frac{E}{\cos(0)} = E$

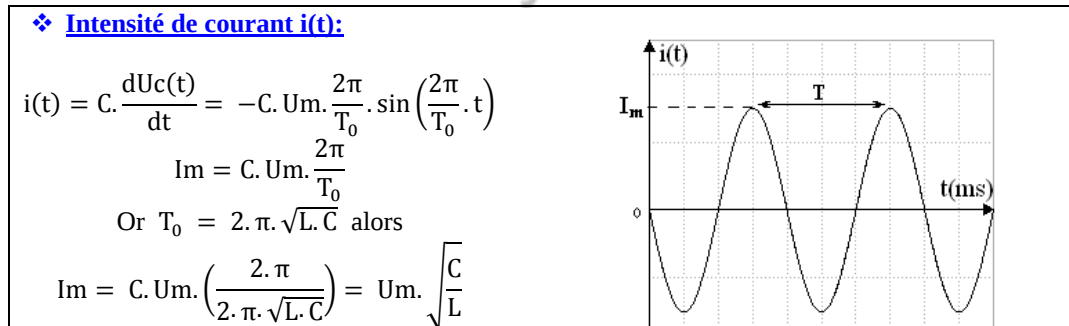
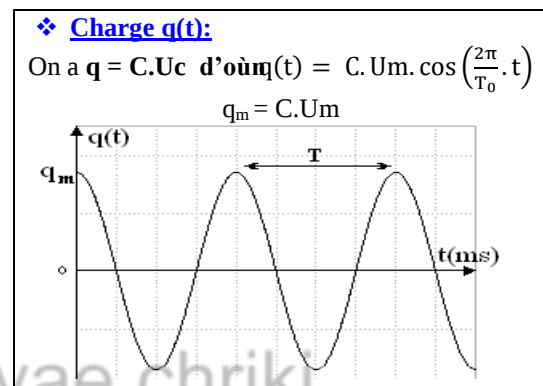
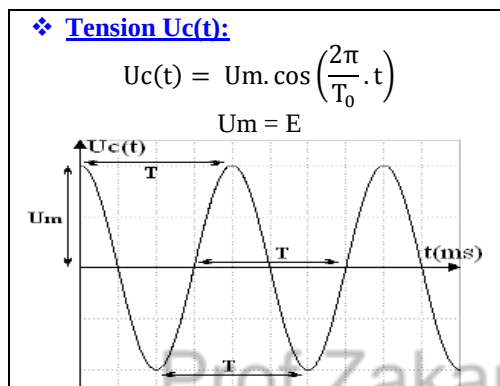
Conclusion : $U_m = E$, $\varphi = 0$, et $T_0 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$ alors : $U_c(t) = E \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right)$

3.3. Expression de l'intensité de courant :

$$i = C \cdot \frac{dU_c}{dt} = -C \cdot U_m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right) \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right) = I_m \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right) : \text{Expression de l'intensité de courant}$$

$$\text{Avec } I_m = C \cdot U_m \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right) = C \cdot U_m \cdot \left(\frac{2\pi}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}\right) = U_m \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$$

3.4. Quelques courbes :



4. Energie totale E_T :

L'énergie totale E_T emmagasinée dans un circuit LC est à tout instant la somme de l'énergie électrique E_e dans le condensateur et de E_m l'énergie magnétique dans la bobine

$$E_T = E_e + E_m \quad \text{avec} \quad E_e = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} C \cdot U_c^2 \quad \text{donc} \quad E_m = \frac{1}{2} L i^2 = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \left(\frac{U_R}{R}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{R^2} \cdot U_R^2$$

5. Conservation de l'énergie totale E_T :

on sait que : $E_T = E_e + E_m = \frac{1}{2} C \cdot U_c^2 + \frac{1}{2} L \cdot i^2$ et on dérive $\frac{dE_T}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} C \cdot U_c^2 + \frac{1}{2} L \cdot i^2 \right)$; $(f^n)' = n \cdot f^{n-1} \cdot f'$ et $f^2 = 2 \cdot f \cdot f'$

$$\begin{aligned} \frac{dE_T}{dt} &= \frac{1}{2} C \cdot \frac{d}{dt} U_c^2 + \frac{1}{2} L \cdot \frac{d}{dt} i^2 \\ &= \frac{1}{2} C \cdot (2 \cdot U_c \cdot \frac{dU_c}{dt}) + \frac{1}{2} L \cdot (2 \cdot i \cdot \frac{di}{dt}) \\ &= C \cdot U_c \cdot \frac{dU_c}{dt} + L \cdot i \cdot \frac{di}{dt} \\ &= C \cdot U_c \cdot \frac{dU_c}{dt} + L \cdot i \cdot \frac{di}{dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ; \frac{dU_c^2}{dt} &= 2 \cdot U_c \cdot \frac{dU_c}{dt} \quad \text{et} \quad \frac{di^2}{dt} = 2 \cdot i \cdot \frac{di}{dt} \\ ; i &= C \cdot \frac{dU_c}{dt} \quad \text{et} \quad \frac{di}{dt} = C \cdot \frac{d^2 U_c}{dt^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= C \cdot U_c \cdot \frac{dU_c}{dt} + L \cdot \left(C \cdot \frac{dU_c}{dt} \right) \cdot \left(C \cdot \frac{d^2 U_c}{dt^2} \right) \\
&= C \cdot \frac{dU_c}{dt} \left(U_c + L \cdot C \cdot \frac{d^2 U_c}{dt^2} \right) \quad ; U_c + L \cdot C \cdot \frac{d^2 U_c}{dt^2} = 0 : \text{Equation différentielle} \\
&= 0
\end{aligned}$$

Conclusion :

$E_T = C^{te}$ est une constante au cours du temps donc l'énergie totale se conserve.

Les oscillations correspondent à un échange énergétique entre le condensateur et la bobine : Il y a conversion d'énergie électrique en énergie magnétique et réciproquement.

Exploiter les courbes :

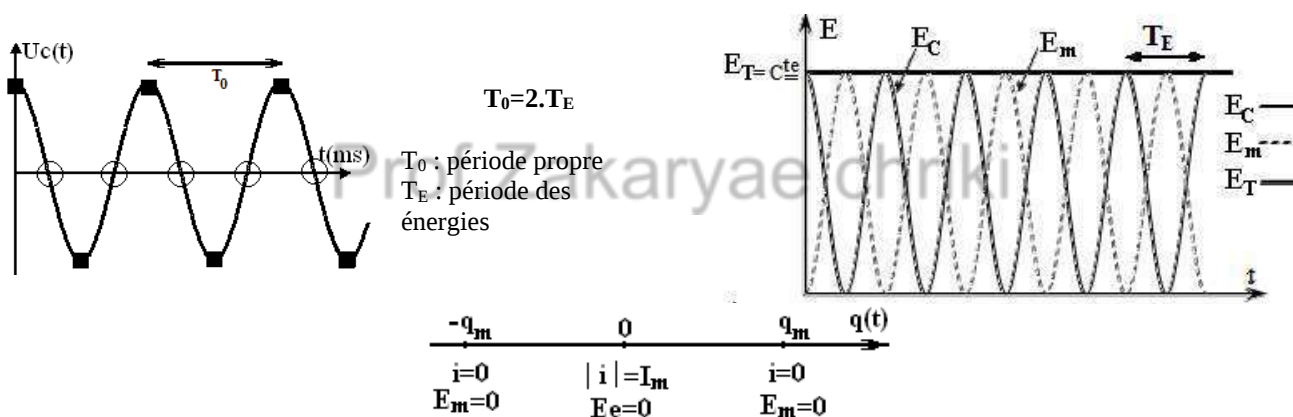
$$i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{dU_c}{dt}$$

$i(t)$ est la dérivée première de $U_c(t)$ représentant une fonction sinusoïdale ($U_c(t) = U_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right)$) donc $i(t)$ est nulle si $U_c(t)$ (ou bien $q(t)$) est extrémum (soit maximum ou minimum) et inversement.

Points spécifiques sur la figure	$U_c(t)$	$q(t)$	$i(t)$	E_e	E_m	$E_T = E_e + E_m$
	0	0	I_m	0	$E_m = \frac{1}{2} L I_m^2$	$E_T = \frac{1}{2} L I_m^2 = \frac{1}{2} L \frac{U_{Rm}^2}{R^2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{R^2} \cdot U_{Rm}^2$
	U_m	q_m	0	$E_e = \frac{1}{2} \frac{q_m^2}{C}$	0	$E_T = \frac{1}{2} \frac{q_m^2}{C} = \frac{1}{2} C \cdot U_{Cm}^2$

NB :

L'énergie totale dans un circuit LC est constante et est égale à l'énergie électrique initiale (maximale)



NB :

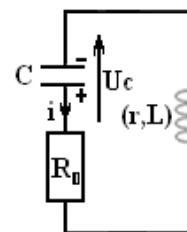
$T_0 = 2 \cdot T_E$: La période propre des oscillations électriques T_0 est le double de la période des énergies T_E

II. Etude du circuit RLC

1. Décharge d'un condensateur dans une bobine

Le montage est constitué de :

- Un condensateur de capacité C , initialement chargé et porteur de la charge q_0 et une tension $U_0 = E$
- Une bobine de coefficient d'induction L et de résistance interne r
- Un conducteur ohmique de résistance R_0 La résistance totale du circuit est $R = R_0 + r$



2. Equation différentielle :

En appliquant la loi d'additivité des tensions $U_R + U_c + U_L = 0$ et les transitions :

$$U_R = R_0 \cdot i = R_0 \cdot \frac{dq}{dt} = R_0 \cdot C \cdot \frac{dU_c}{dt} \quad \text{et} \quad U_L = r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} = L \cdot \frac{di}{dt}$$

On aboutit à l'équation différentielle vérifiée par une variable donnée :

$$q = C \cdot U_c \quad \text{et} \quad i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{dU_c}{dt}$$

Variable U_c :

$$R \cdot i + U_c + L \cdot \frac{di}{dt} = 0 \quad \text{donc} \quad R \cdot C \cdot \frac{dU_c}{dt} + U_c + L \cdot C \cdot \frac{d^2 U_c}{dt^2} = 0 \quad \text{d'où} \quad \frac{d^2 U_c}{dt^2} + \frac{R}{L} \cdot \frac{dU_c}{dt} + \frac{1}{LC} U_c = 0$$

Variable q :

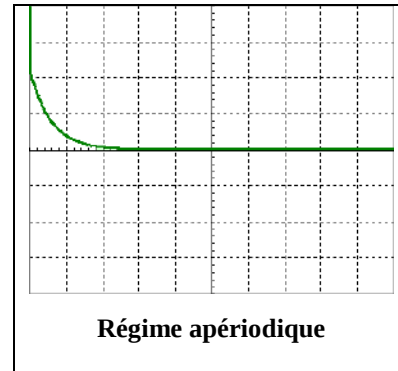
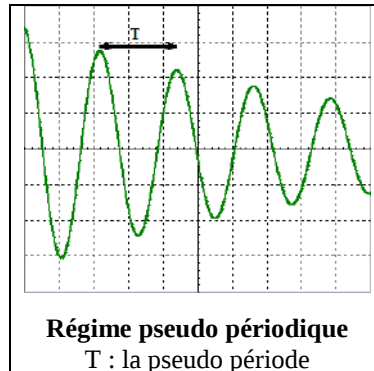
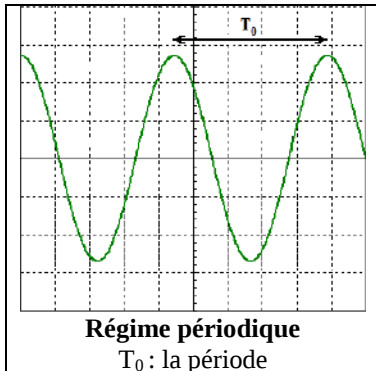
$$R \cdot i + U_c + L \cdot \frac{di}{dt} = 0 \quad \text{donc} \quad R \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} + L \cdot \frac{d^2 q}{dt^2} = 0 \quad \text{d'où} \quad \frac{d^2 q}{dt^2} + \frac{R}{L} \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC} q = 0$$

La grandeur $\frac{R}{L} \cdot \frac{dU_C}{dt}$ ou $\frac{R}{L} \cdot \frac{dq}{dt}$

- Concrétise le caractère non-oscillatoire du système (l'amortissement des oscillations électriques)
- Détermine le régime des oscillations (periodique, pseudo périodique ou apériodique)

La résistance est le dipôle qui influe sur l'amplitude des oscillations, quand la résistance **R** du circuit est :

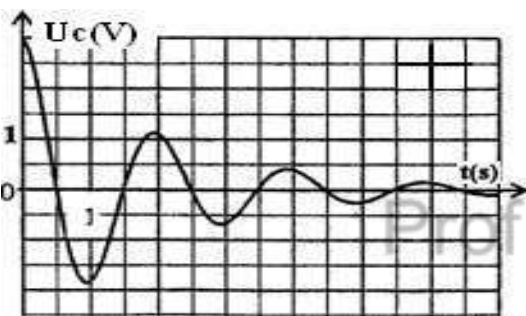
- **Faible** les oscillations du système sont amorties, le régime est **pseudopériodique**.
- **Élevée** le système n'oscille pas et donc le régime est apériodique



NB :

La période et la pseudo période sont considérés souvent égales $T \approx T_0 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$

3. Courbe de la tension du condensateur (Régime pseudo périodique :



L'amplitude des oscillations diminue au cours du temps

La cause : La résistance est le dipôle qui influe sur l'amplitude des oscillations

L'explication : Dissipation (perte) progressivement de l'énergie (initialement emmagasinée dans le condensateur) en énergie thermique par effet joule dans les résistances.

NB :

L'amortissement est d'autant plus important que la résistance est élevée

Un circuit électrique RLC, réalisé avec un condensateur chargé, est le siège d'oscillations électriques libres amorties.

4. Transfert d'énergie entre le condensateur et la bobine :

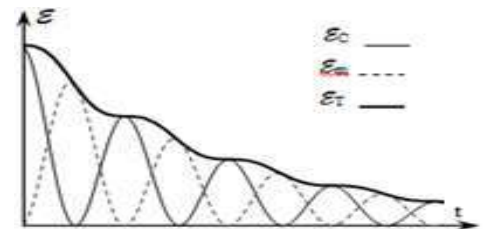
on sait que : $E_T = E_e + E_m = \frac{1}{2} C \cdot U_C^2 + \frac{1}{2} L \cdot i^2$; $(f^n)' = n \cdot f^{n-1} \cdot f'$ et $f^2 = 2 \cdot f \cdot f'$ et on dérive $\frac{dE_T}{dt} = C \cdot \frac{dU_C}{dt} \left(U_C + L \cdot C \cdot \frac{d^2 U_C}{dt^2} \right)$

on a d'après l'équation différentielle : $R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt} + U_C + L \cdot C \cdot \frac{d^2 U_C}{dt^2} = 0$ avec $U_C + L \cdot C \cdot \frac{d^2 U_C}{dt^2} = -R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt}$

$\frac{dE_T}{dt} = C \cdot \frac{dU_C}{dt} \left(-R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt} \right)$ donc $\frac{dE_T}{dt} = R \cdot \left(C \cdot \frac{dU_C}{dt} \right)^2$ puisque $i = C \cdot \frac{dU_C}{dt}$ Alors $\frac{dE_T}{dt} = -R \cdot i^2 < 0$

NB : $\frac{dE_T}{dt} = -R \cdot i^2 < 0$

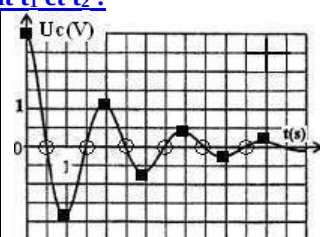
- Les oscillations correspondent à un échange énergétique entre le condensateur et la bobine : Il y a conversion d'énergie électrique en énergie magnétique et réciproquement.
- Le circuit (RLC) est dissipatif son énergie totale E_T diminue au cours du temps.



- Le phénomène d'amortissement résulte de la dissipation (perte) de l'énergie totale dans le circuit sous forme d'énergie thermique par effet joule

**** Comment calculer l'énergie dissipée entre deux instant t_1 et t_2 :**

Points spécifiques sur la figure	U_C	i	E_e	E_m	E_T
■	U_{Cm}	0	$E_e = \frac{1}{2} C \cdot U_{Cmax}^2$	0	$E_T = \frac{1}{2} C \cdot U_{Cmax}^2$
○	0	I_m	0	$E_m = \frac{1}{2} L \cdot I_{max}^2$	$E_T = \frac{1}{2} L \cdot I_{max}^2$



$\Delta E_T = E_T(t_2) - E_T(t_1)$: L'énergie dissipée par effet joule entre les instants t_1 et t_2

5. Entretien des oscillations

Entretien des oscillations dans un circuit c'est lui fournir de l'énergie pour compenser les pertes par effet Joule dans les résistances, alors on ajoute au circuit un générateur de tensions

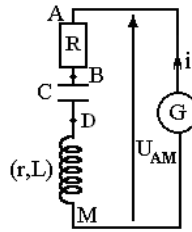
$$U_{AM} = U_{AB} + U_{BD} + U_{DM}$$

$$U_{AM} = R \cdot i + \frac{q}{C} + r \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt}$$

$$U_{AM} = (R+r) \cdot \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} + L \cdot \frac{d^2q}{dt^2}$$

On en déduit l'équation différentielle :

$$\ddot{q} + \left(\frac{R+r}{L} \dot{q} - \frac{U_{AM}}{L} \right) + \frac{1}{LC} \cdot q = 0$$



Si $U_{AM} = (R+r) \cdot i$ La tension au borne du générateur est proportionnelle à l'intensité de courant et que le coefficient de proportionnalité est $(R+r)$ alors $\ddot{q} + \frac{1}{LC} \cdot q = 0$

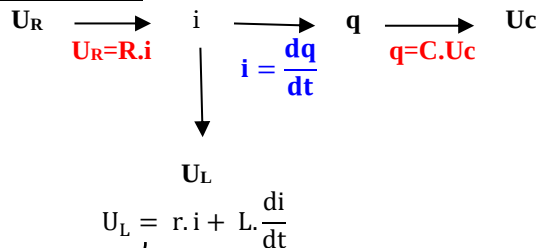
Conclusion :

Le générateur fournit au circuit l'énergie nécessaire pour compenser l'énergie dissipée (perdue) par effet Joule à condition que $U_{AM} = (R+r) \cdot i$

A COMPRENDRE

La loi d'additivité des tensions

Transitions :



Equation différentielle vérifiée par la charge q ou la tension U_C

Equation différentielle est une relation entre une variable (si possible) et au moins une de ses dérivées et des constantes

- Déterminer la dérivée première
 - Remplacer l'équation différentielle
 - Développer
 - Mettre en facteur $A \cdot e^{f(t)} \cdot (---)$
But : $A \cdot e^{f(t)} \cdot (---) + B = C$
 - Egalité de deux fonctions polynomiales
- Conclusion : $B = C$ et $(---) = 0$

Remplacer la solution dans l'équation différentielle

$$\frac{d e^{f(x)}}{dt} = \frac{df(t)}{dt} \cdot e^{f(x)}$$

$$\frac{d \cos f(t)}{dt} = - \frac{df(t)}{dt} \cdot \sin f(t)$$

$$\frac{d \sin f(t)}{dt} = \frac{df(t)}{dt} \cdot \cos f(t)$$

$$f(t) = \alpha \cdot t + \beta \quad \frac{df(t)}{dt} = \alpha$$

Equation horaire ou la solution de l'équation différentielle

Remplacer les conditions initiales dans la solution

Les conditions initiales

À $t=0$, la variable prends une valeur bien précise à connaître

Circuit RC		
Charge		Décharge
$U_C = 0$	$\tau = R \cdot C$	$U_C = E$
0		$C \cdot E$
$i = I_0 = \frac{E}{R}$		$i = -I_0 = -\frac{E}{R}$

Circuit RL		
Etablissement du courant		Rupture du courant
$i = I_0 = \frac{E}{R_T}$	$\tau = \frac{L}{R_T}$	$i = 0$
$U_R = R \cdot I_0$		$U_R = 0$

Circuit LC et RLC		
Décharge d'un condensateur dans une bobine		
$U_C = E$	$T = T_0 = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$	
$i = 0$		
$U_R = 0$		

NB : Penser bien remplacer les conditions initiales dans l'équations différentielles et la loi d'additivité des tensions

Energie

Energie électrique :

$$E_e = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U_C^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{C}$$

Energie magnétique :

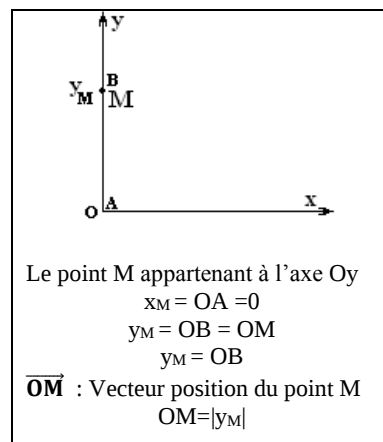
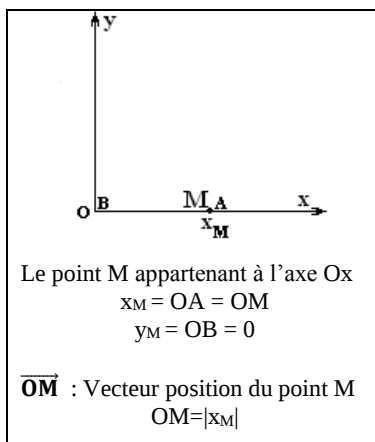
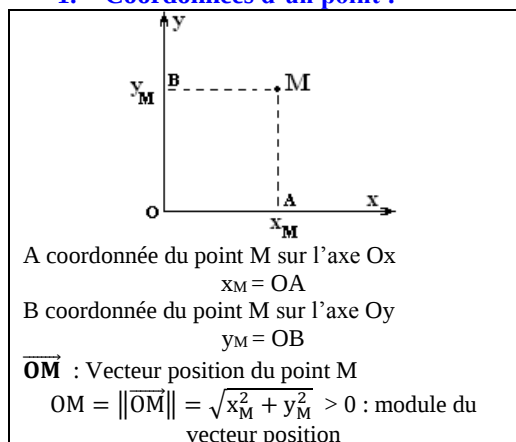
$$E_m = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2 = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \left(\frac{U_R}{R} \right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{R^2} \cdot U_R^2$$

Energie totale :

$$E_T = E_e + E_m$$

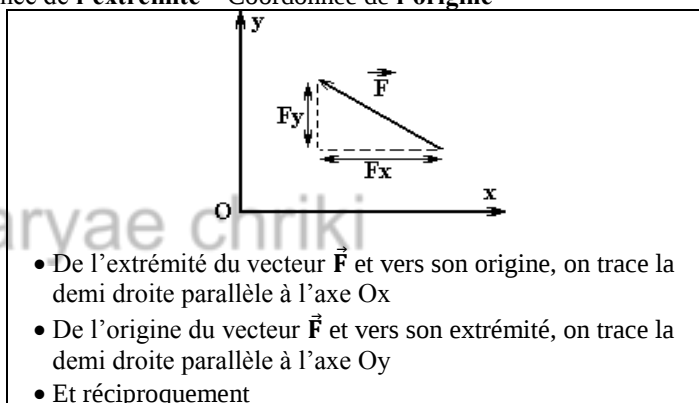
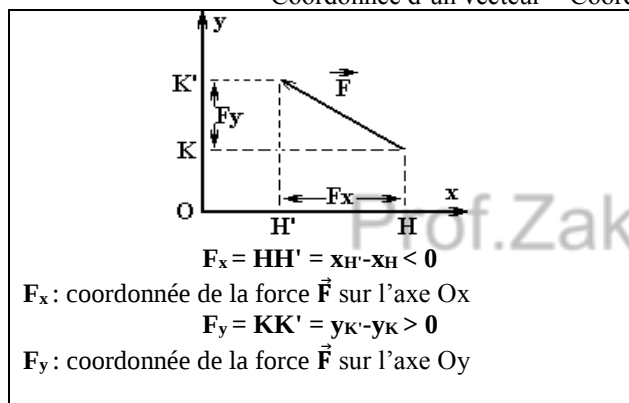
Coordonnées d'un point et d'un vecteur

1. Coordonnées d'un point :



2. Coordonnées d'un vecteur :

Coordonnée d'un vecteur = Coordonnée de l'extrémité – Coordonnée de l'origine



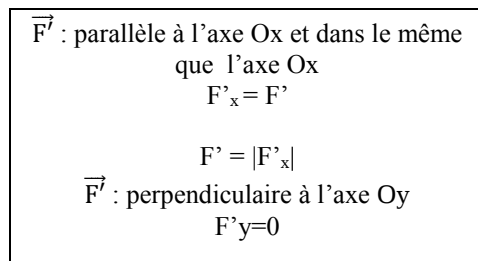
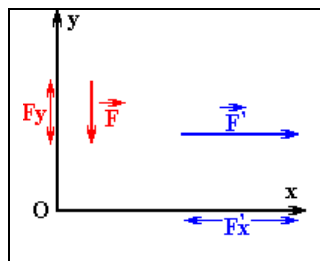
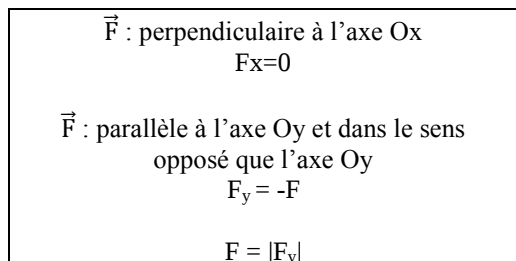
NB :

$$F = \|\vec{F}\| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} : \text{Intensité (module) de la force } \vec{F}$$

- En comparant le sens du vecteur et le sens d'orientation de l'axe on peut déterminer le **signe** de la coordonnée sur cet axe
 - S'ils ont le même sens alors la coordonnée est positive
 - S'ils ont des sens opposés alors la coordonnée est négative
- Tout changement d'orientation de l'axe affecte le signe de la coordonnée

❖ **Cas particulier :**

- Si le vecteur force $\vec{F}$ est parallèle à l'axe Ox alors $F_y = 0$ et $F = |F_x|$
- Si le vecteur force $\vec{F}$ est parallèle à l'axe Oy alors $F_x = 0$ et $F = |F_y|$

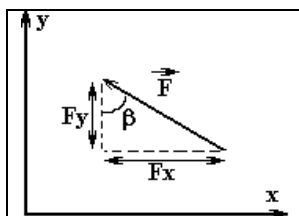


❖ **Rappel :**

$$\sin(\text{angle}) = \frac{\text{Opposé}}{\text{Hypoténuse}}$$

Opposé = Hypoténuse * sin(angle)

$$F_x = -F \cdot \sin(\beta)$$



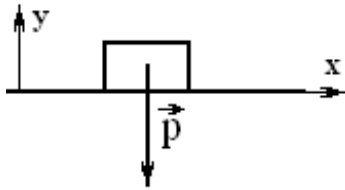
$$\cos(\text{angle}) = \frac{\text{Adjacent}}{\text{Hypoténuse}}$$

Adjacent = Hypoténuse * cos (angle)

$$F_y = F \cdot \cos(\beta)$$

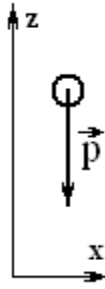
3. Coordonnées du poids $\vec{P}$ d'un corps :

Mouvement sur un plan horizontal



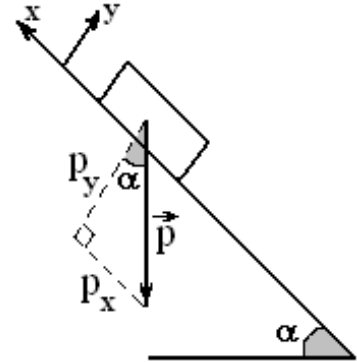
$\vec{P}$ est perpendiculaire à l'axe Ox
 $P_x = 0$
 $\vec{P}$ est parallèle à l'axe Oy
 $P_y = -P = -m.g$

Mouvement verticale



$\vec{P}$ est perpendiculaire à l'axe Ox
 $P_x = 0$
 $\vec{P}$ est parallèle à l'axe Oz
 $P_z = -P = -m.g$

Mouvement sur un plan incliné

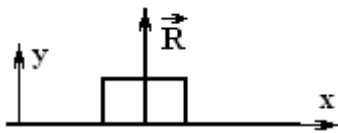


$$P_x = -P \cdot \sin(\alpha) = -m.g \cdot \sin(\alpha)$$

$$P_y = -P \cdot \cos(\alpha) = -m.g \cdot \cos(\alpha)$$

4. Coordonnées de la réaction $\vec{R}$ d'un plan :

Contact sans frottement (Frottement négligeable)



La force $\vec{R}$ est perpendiculaire à la surface de contact

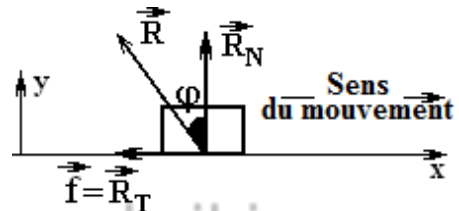
$\vec{R}$ est perpendiculaire à l'axe Ox

$$R_x = 0$$

$\vec{R}$ est parallèle à l'axe Oy et orienté dans le même sens

$$R_y = R$$

Contact avec frottement



La force $\vec{R}$ n'est pas perpendiculaire à la surface de contact et s'oppose toujours au mouvement

$$R_x = -R_T = -f = -R \cdot \sin(\varphi)$$

$$R_y = R_N = R \cdot \cos(\varphi)$$

THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE

1. Energie cinétique :

Tout corps de masse m en mouvement avec une vitesse V possède de l'énergie cinétique du fait de son mouvement

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot V^2 : \text{Energie cinétique (J)}$$

2. Théorème de l'Energie cinétique (T.E.C) :

$$\Delta E_{c \text{ A} \rightarrow \text{B}} = \sum W_{\text{A} \rightarrow \text{B}}(\vec{F})$$

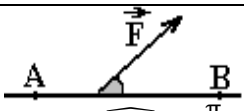
La **variation de l'énergie cinétique** d'un solide de masse m dans un référentiel **galiléen** entre deux points A et B est égale à la somme des travaux des forces extérieures qui s'appliquent sur le système lors de son déplacement de A à B.

3. Travail d'une force constante :

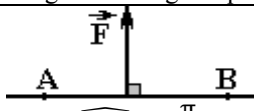
$$W_{\text{A} \rightarrow \text{B}}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \cdot AB \cdot \cos(\vec{F}, \vec{AB})$$

$(\vec{F}, \vec{AB})$: L'angle entre la direction de la force $\vec{F}$ et la direction du vecteur déplacement $\vec{AB}$

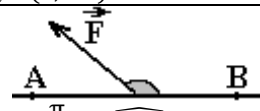
Le travail de la force $\vec{F}$ est une grandeur algébrique, dépend de l'angle $(\vec{F}, \vec{AB})$



$0 \leq (\vec{F}, \vec{AB}) < \frac{\pi}{2}$
 $\cos(\vec{F}, \vec{AB}) > 0$
 $W_{\text{A} \rightarrow \text{B}}(\vec{F}) = F \cdot AB \cdot \cos(\vec{F}, \vec{AB}) > 0$
 Le travail est moteur



$(\vec{F}, \vec{AB}) = \frac{\pi}{2}$
 $\cos(\vec{F}, \vec{AB}) = 0$
 $W_{\text{A} \rightarrow \text{B}}(\vec{F}) = F \cdot AB \cdot \cos(\vec{F}, \vec{AB}) = 0$
 Le travail ni moteur, ni résistant



$\frac{\pi}{2} < (\vec{F}, \vec{AB}) < \pi$
 $\cos(\vec{F}, \vec{AB}) < 0$
 $W_{\text{A} \rightarrow \text{B}}(\vec{F}) = F \cdot AB \cdot \cos(\vec{F}, \vec{AB}) < 0$
 Le travail est résistant

4. Travail du poids $\vec{P}$:

$\vec{P}$ est une force constante

$$W_{\text{A} \rightarrow \text{B}}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB} = P \cdot AB \cdot \cos(\vec{P}, \vec{AB})$$

$$W_{\text{A} \rightarrow \text{B}}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B) = m \cdot g \cdot h$$

Remarque :

Le travail du poids ne dépend pas du trajet parcouru entre A et B : on dit que le poids est une **force conservative**.

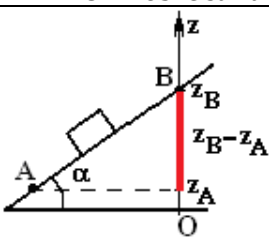
Etapes à suivre pour déterminer l'expression du travail du poids d'un corps

$$W_{G_1 \rightarrow G_2}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_1 - z_2)$$

1. Choisir ou déterminer l'axe Oz (Verticale et dirigé vers le haut)
2. Projections sur l'axe Oz : $G_1 \rightarrow Z_1$ et $G_2 \rightarrow Z_2$
3. Déterminer la distance positive $|Z_1 - Z_2|$ entre Z_1 et Z_2 sur l'axe Oz
4. Déterminer l'expression $(Z_1 - Z_2)$ en fonction des données de l'exercice
5. Ecrire l'expression littérale de travail du poids en fonction des données de l'exercice

Exemples :

❖ Un mobile sur un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontal



$$W_{\text{A} \rightarrow \text{B}}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B)$$

- L'axe Oz est choisi en face de l'angle α et passant par le point le plus éloigné (dans ce cas de figure c'est B)
- $Z_B - Z_A = AB \cdot \sin(\alpha)$ d'où $Z_A - Z_B = -AB \cdot \sin(\alpha)$
- $W_{\text{A} \rightarrow \text{B}}(\vec{P}) = -m \cdot g \cdot AB \cdot \sin(\alpha)$

❖ **Un mobile en mouvement sur un trajet circulaire**

- L'axe Oz est choisi confondu avec la droite verticale passant par le centre O du trajet circulaire

$W_{D \rightarrow B}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_D - z_B)$

- $z_B - z_D = r$
- $W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = -m \cdot g \cdot r$

$W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B)$

- $z_B - z_A = r \cdot \cos(\alpha)$
- $W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = -m \cdot g \cdot r \cdot \cos(\alpha)$

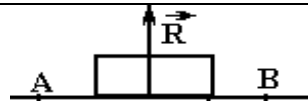
$W_{A \rightarrow D}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_A - z_D)$

- $z_A - z_D = r \cdot (1 - \cos(\theta))$
- $W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot r \cdot (1 - \cos(\theta))$

5. Forces de Frottements

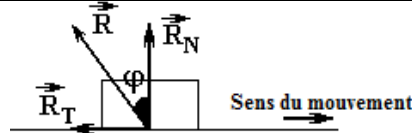
$\vec{R} \neq 0$: Force de frottement

Contact sans Frottement (négligeable) :



$\vec{R}$ est en perpendiculaire au déplacement $\overline{AB}$. et $W_{A \rightarrow B}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \overline{AB} = 0$

Contact avec Frottement :



$\vec{R}$ incliné sur le plan de contact ($\phi \neq 0$)
et de sens opposé au sens du mouvement

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

$\vec{R}_N$: La composante normale (perpendiculaire) au trajet

$\vec{R}_T = \vec{f}$: La composante tangentielle, s'oppose toujours au mouvement

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \overline{AB} = R \cdot AB \cdot \cos\left(\phi + \frac{\pi}{2}\right) = -R \cdot AB \cdot \sin(\phi) = -R \cdot AB < 0$$

$$k = \tan(\phi) = \frac{\sin(\phi)}{\cos(\phi)} = \left| \frac{R_T}{R_N} \right| : \text{Coefficient de frottement}$$

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \overline{AB} = R \cdot AB \cdot \cos(\vec{R}, \overline{AB}) : \text{Travail des forces de frottements}$$

Comment exploiter le théorème de l'énergie cinétique T.E.C :

- Faire le bilan des forces agissantes sur le mobile
- Représenter les forces, dont les caractéristiques connues, sur un schéma (tant que c'est possible)
- Ecrire l'expression du travail de chacune des forces en fonction des données de l'exercice
- Ecrire l'expression de ΔE_c la variation d'Energie cinétique en fonction des données de l'exercice (souvent soit en fonction de la vitesse ou de l'Energie cinétique)
- Appliquer le T.E.C entre deux instants $\Delta E_c_{A \rightarrow B} = \sum W_{A \rightarrow B}(\vec{F})$

Vecteur position, Vecteur vitesse et Vecteur accélération

1. Repérer un point M d'un mobile dans un repère d'espace

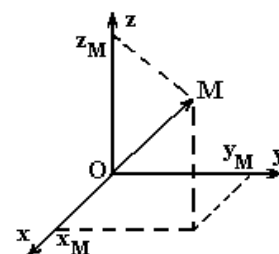
Le vecteur position $\vec{OM}$ permet de repérer le point M dans l'espace par rapport à un référentiel choisi pour l'étude.

$$\vec{OM} = x.\vec{i} + y.\vec{j} + z.\vec{k}$$

$$\vec{OM} = x.\vec{i} + y.\vec{j} + z.\vec{k} \text{ ou } \vec{OM} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

$$OM = ||\vec{OM}|| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} : \text{module du vecteur position}$$

Les fonctions $x(t)$, $y(t)$ et $z(t)$ sont les équations horaires du mouvement

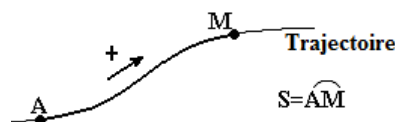


2. L'abscisse curviligne

Mesurable sur la trajectoire après avoir définis :

- Un sens positif le long du trajet
- Un point A origine des abscisses curvilignes $S(A)=0$

$$S = \widehat{AM} = f(t) : \text{Equation horaire}$$



3. Vecteur vitesse

Le vecteur vitesse $\vec{V}$ est défini comme la dérivée première du vecteur position par rapport au temps.

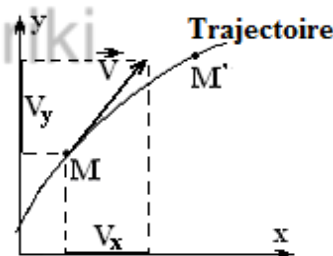
$$\vec{V} = \frac{d\vec{OM}}{dt}$$

Caractéristiques du vecteur vitesse en un point M :

- Direction : toujours tangente à la trajectoire au point M
- Sens : toujours dans le sens du mouvement
- Intensité (module ou valeur) : V et dont l'unité est m/s ou $m.s^{-1}$

$$\vec{V} = V_x.\vec{i} + V_y.\vec{j} + V_z.\vec{k} \text{ ou } \vec{V} \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix}$$

$$V = ||\vec{V}|| = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2} : \text{module du vecteur vitesse}$$



NB :

La relation entre vecteur est bien identique à la relation entre composantes sur les axes.

$$\vec{V} = \frac{d\vec{OM}}{dt} \quad \text{alors} \quad V_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}$$

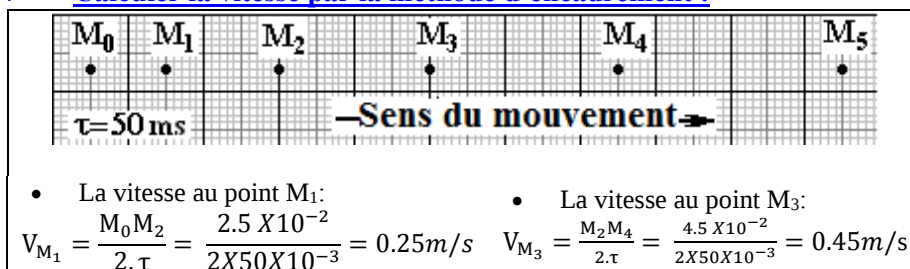
$$\text{et} \quad V_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y}$$

$$\text{et} \quad V_z = \frac{dz}{dt} = \dot{z}$$

**

Calculer la vitesse par la méthode d'encadrement :

$$V_{Mi} = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{2.\tau}$$



4. Vecteur accélération :

Le vecteur accélération $\vec{a}$ est défini comme la dérivée première de la vitesse $\vec{V}$ soit la dérivée seconde du vecteur position.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d^2\vec{OM}}{dt^2} : \text{Vecteur accélération et a s'exprime en } m.s^{-2}$$

4.1. Expression de l'accélération dans un repère cartésien (de Descartes) :

$$\vec{a} = a_x \cdot \vec{i} + a_y \cdot \vec{j} + a_z \cdot \vec{k} \text{ ou } \vec{a} \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix}$$

$$a = ||\vec{a}|| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} : \text{module du vecteur accélération}$$

NB :

La relation entre vecteur est bien identique à la relation entre composantes sur les axes.

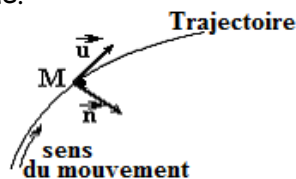
$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d^2\vec{OM}}{dt^2} \quad \text{alors} \quad a_x = \frac{dV_x}{dt} = \dot{V}_x = \frac{d^2x}{dt^2} = \ddot{x}$$

$$\text{et} \quad a_y = \frac{dV_y}{dt} = \dot{V}_y = \frac{d^2y}{dt^2} = \ddot{y}$$

$$\text{et} \quad a_z = \frac{dV_z}{dt} = \dot{V}_z = \frac{d^2z}{dt^2} = \ddot{z}$$

4.2. Expression de l'accélération dans le repère (base) de Frénet (Repère du point) :

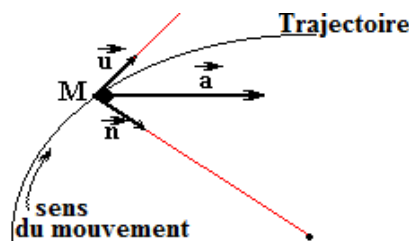
La base de Frénet $(M, \vec{u}, \vec{n})$ n'a pas des vecteurs fixes contrairement à la base du repère catésien $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, elle suit le mouvement donné par le système.



$(M, \vec{u}, \vec{n})$: repère de Frenet tel que :

- La position du mobile en M est l'origine du repère.
- $\vec{u}$: Vecteur unitaire tangent à la trajectoire au point M et dirigée toujours dans le sens du mouvement (de même sens que la vitesse $\vec{V}$).
- $\vec{n}$: Vecteur unitaire normal à la trajectoire au point M et dirigé vers le centre de courbure de la trajectoire.

4.3. Expression de l'accélération $\vec{a}$ dans le repère de Frenet (Repère du point) :



$$\vec{a} = a_T \cdot \vec{u} + a_n \cdot \vec{n} \quad \text{et} \quad a = ||\vec{a}|| = \sqrt{a_u^2 + a_n^2}$$

$$a_T = \frac{dV}{dt} : \text{accélération tangentielle}$$

$$a_n = \frac{V^2}{\varphi} : \text{accélération normale}$$

φ : rayon de courbure

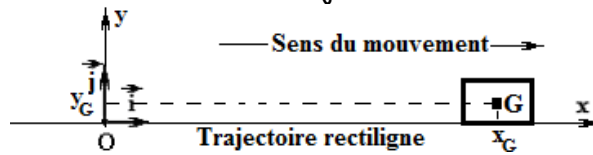
NB :

Dans le cas d'un mouvement circulaire le rayon de courbure φ est identique au Rayon R de la trajectoire circulaire

Mouvement Rectiligne (MR)

1. Définition :

Le mouvement rectiligne est tout mouvement dont la trajectoire est une droite ou une portion de droite



Vecteur position $\vec{OG}$:

$$\vec{OG} = x_G \cdot \vec{i} + y_G \cdot \vec{j} \text{ ou } \vec{OM} \begin{pmatrix} x_G \\ y_G = C^{te} \end{pmatrix}$$

Au cours de son mouvement rectiligne l'abscisse x_G du point G varie mais son ordonnée y_G est invariant (reste constante $y_G = C^{te}$)

Vecteur vitesse $\vec{V}_G$:

$$\vec{V}_G = V_x \cdot \vec{i} + V_y \cdot \vec{j} \text{ ou } \vec{V}_G \begin{pmatrix} V_x = \frac{dx_G}{dt} \\ V_y = \frac{dy_G}{dt} = 0 \end{pmatrix}$$

Le vecteur vitesse est toujours parallèle à l'axe Ox donc parallèle à la trajectoire

$$V = |\vec{V}| = \sqrt{V_x^2} = |V_x| : \text{module du vecteur vitesse}$$

Caractéristique du vecteur vitesse :

- Origine : le point G
- Direction : parallèle à la trajectoire rectiligne
- Sens :
 - Si $V_x > 0$ alors le vecteur vitesse est orienté dans le sens positif
 - Si $V_x < 0$ alors le vecteur vitesse est orienté dans le sens négatif
- Intensité (module ou valeur) : V_G

Vecteur accélération $\vec{a}_G$:

$$\vec{a}_G = a_x \cdot \vec{i} + a_y \cdot \vec{j} \text{ ou } \vec{a}_G \begin{pmatrix} a_x = \frac{dV_x}{dt} \\ a_y = \frac{dV_y}{dt} = 0 \end{pmatrix}$$

Le vecteur accélération est toujours parallèle à l'axe Ox donc parallèle à la trajectoire

$$a_G = |\vec{a}_G| = \sqrt{a_x^2} = |a_x| : \text{module du vecteur vitesse}$$

Caractéristique du vecteur accélération :

- Origine : le point G
- Direction : parallèle à la trajectoire rectiligne
- Sens :
 - Si $a_x > 0$ alors le vecteur accélération est orienté dans le sens positif
 - Si $a_x < 0$ alors le vecteur accélération est orienté dans le sens négatif
- Intensité (module ou valeur) : a_G

NB :

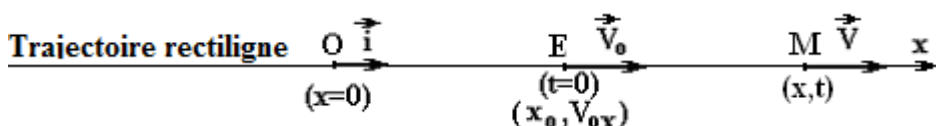
Dans un mouvement rectiligne, vaud mieux choisir l'axe (Ox par exemple) parallèle (ou bien confondu) à la trajectoire

Le vecteur vitesse est parallèle à l'axe Ox et $V_y = 0$

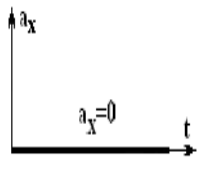
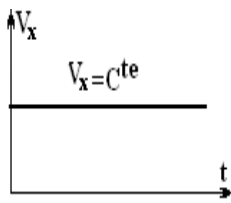
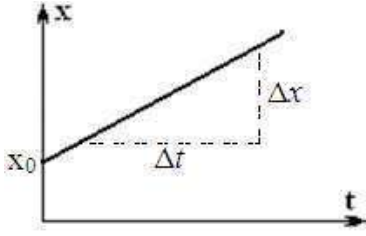
Le vecteur accélération est parallèle à l'axe Ox et $a_y = 0$

2. Mouvement rectiligne uniforme (MRU) :

Le mouvement du centre d'inerte est rectiligne uniforme si la trajectoire est rectiligne et si le vecteur vitesse est constant $\vec{V}_G = \vec{C^{te}}$

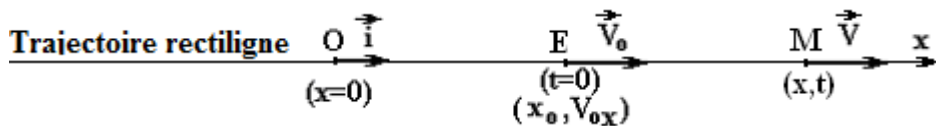


Mouvement rectiligne uniforme (MRU)

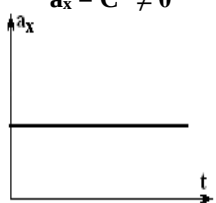
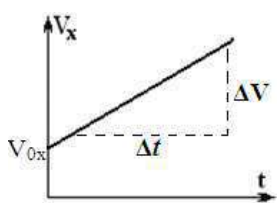
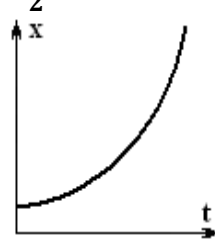
L'accélération est nulle $a_x = 0$ 	La vitesse est constante $V = C^{te}$ 	Equation horaire du mouvement $x(t) = V_x \cdot t + x_0$  $V_x = \frac{\Delta x}{\Delta t}$: la vitesse du mobile x_0 : L'abscisse à l'origine des temps ($t=0$)	Enregistrement La distance parcourus pendant le même intervalle de temps τ est une constante $M_i M_{i+1} = C^{te}$ La vitesse est une constante et se calcule juste une fois $V_{M_i} = \frac{M_{i-1} M_{i+1}}{2 \cdot \tau}$
--	---	---	---

3. Mouvement rectiligne uniformément varié (MRUV)

Le mouvement du centre d'inertie est rectiligne uniforme si la trajectoire est rectiligne et si le vecteur accélération est constant $\vec{a}_G = \vec{C}^{te}$



Mouvement rectiligne uniformément varié (MRUV)

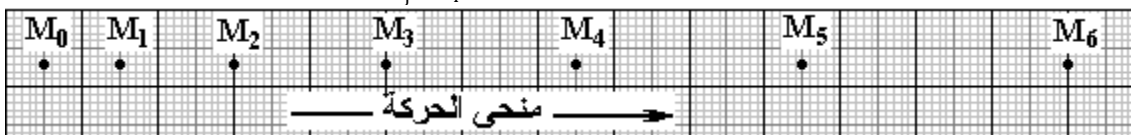
L'accélération est Constante non nulle $a_x = C^{te} \neq 0$ 	La vitesse est constante $V_x(t) = a_x \cdot t + V_{0x}$  $a_x = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ V_{0x} : la coordonnée du vecteur vitesse sur l'axe Ox à l'instant $t=0$	Equation horaire du mouvement $x(t) = \frac{1}{2} a_x \cdot t^2 + V_{0x} \cdot t + x_0$  V_{0x} : la coordonnée du vecteur vitesse sur l'axe Ox à l'instant $t=0$ x_0 : l'abscisse à l'instant $t=0$	Enregistrement La distance entre deux points successifs varie $M_i M_{i+1} \neq C^{te}$ La vitesse varie $V_{M_i} = \frac{M_{i-1} M_{i+1}}{2 \cdot \tau}$
--	---	---	--

**

Comment calculer l'accélération à partir d'un enregistrement

L'accélération se calcul entre deux points M_i et M_j et $\Delta t = t_j - t_i = n \cdot \tau$ avec n : un nombre multiple de τ entre les points M_i et M_j

$$a_x = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_j - V_i}{t_j - t_i} = \frac{V_j - V_i}{n \cdot \tau}$$



La vitesse au point M_1 :

$$V_1 = \frac{M_0 M_1}{2 \cdot \tau} = \frac{2.5 \cdot 10^{-2}}{2.50 \cdot 10^{-3}} = 0.25 \text{ m/s}$$

La vitesse au point M_2 :

$$V_2 = \frac{M_1 M_2}{2 \cdot \tau} = \frac{3.5 \cdot 10^{-2}}{2.50 \cdot 10^{-3}} = 0.35 \text{ m/s}$$

La vitesse au point M_3 :

$$V_3 = \frac{M_2 M_4}{2 \cdot \tau} = \frac{4.5 \cdot 10^{-2}}{2.50 \cdot 10^{-3}} = 0.45 \text{ m/s}$$

Calcul de l'accélération :

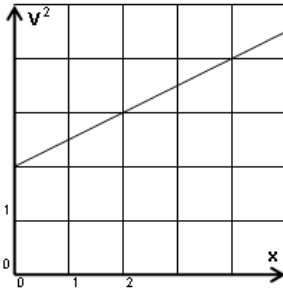
$$a_x = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_3 - V_1}{t_3 - t_1} = \frac{V_3 - V_1}{\tau} = \frac{0.45 - 0.25}{2.50 \cdot 10^{-3}} = 2 \text{ m/s}^2$$

$$a_x = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_3 - V_2}{t_3 - t_2} = \frac{V_3 - V_2}{\tau} = \frac{0.45 - 0.35}{50 \cdot 10^{-3}} = 2 \text{ m/s}^2$$

Comment exploiter la courbe $V^2=f(x)$ et déterminer l'accélération

La fonction $V^2=f(x)$ est une fonction affine et $V^2 = A \cdot x + B$

Rappel : $V = \frac{dx}{dt}$ et $a_G = \frac{dV}{dt}$ et $(f^n)' = n \cdot f^{n-1} \cdot f'$



Pour déterminer l'accélération a_G

Derivée la fonction $V^2 = A \cdot x + B$

$$\begin{aligned} 2 \cdot V \cdot \frac{dV}{dt} &= A \cdot \frac{dx}{dt} \\ 2 \cdot V \cdot a_G &= A \cdot V \\ 2 \cdot a_G &= A \\ a_G &= \frac{1}{2} \cdot A \end{aligned}$$

Expression de la vitesse $V = \sqrt{A \cdot x + B}$

$$\begin{aligned} a_G &= \frac{dV}{dt} = \frac{1}{2} \cdot \frac{A \cdot \frac{dx}{dt}}{\sqrt{A \cdot x + B}} = \frac{1}{2} \cdot A \\ a_G &= \frac{1}{2} \cdot A \end{aligned}$$

Déterminer la distance entre deux points A et B de l'axe Ox

$$\begin{aligned} x_A &= \frac{1}{2} \cdot a_x \cdot t_A^2 + V_{0x} \cdot t_A + x_0 \quad \text{et} \quad x_B = \frac{1}{2} \cdot a_x \cdot t_B^2 + V_{0x} \cdot t_B + x_0 \\ AB = x_B - x_A &= \left(\frac{1}{2} \cdot a_x \cdot t_B^2 + V_{0x} \cdot t_B + x_0 \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot a_x \cdot t_A^2 + V_{0x} \cdot t_A + x_0 \right) \\ &= \frac{1}{2} \cdot a_x \cdot (t_B^2 - t_A^2) + V_{0x} \cdot (t_B - t_A) \end{aligned}$$

On remarque que x_0 se simplifie

Montrer que $V_B^2 - V_A^2 = 2 \cdot a_x \cdot (x_B - x_A)$:

On a : $x(t) = \frac{1}{2} \cdot a_x \cdot t^2 + V_{0x} \cdot t + x_0$ et $V_x(t) = a_x \cdot t + V_{0x}$

On détermine l'expression du temps t dans l'expression de la vitesse $V_x(t)$ et on la remplace dans $x(t)$

$V_x(t) = a_x \cdot t + V_{0x}$ alors $t = \frac{V_x(t) - V_{0x}}{a_x}$

On remplace t dans $x(t)$ et $x(t) = \frac{1}{2} \cdot a_x \cdot \left(\frac{V_x(t) - V_{0x}}{a_x} \right)^2 + V_{0x} \cdot \frac{V_x(t) - V_{0x}}{a_x} + x_0$ et :

$$\begin{aligned} x(t) - x_0 &= \frac{1}{2} \cdot \frac{(V_x(t) - V_{0x})^2}{a_x} + V_{0x} \cdot \frac{V_x(t) - V_{0x}}{a_x} \\ &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{a_x} \cdot [(V_x(t) - V_{0x})^2 + 2 \cdot V_{0x} \cdot (V_x(t) - V_{0x})] \\ &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{a_x} \cdot [V_x(t)^2 - 2 \cdot V_x(t) \cdot V_{0x} + V_{0x}^2 + 2 \cdot V_{0x} \cdot V_x(t) - 2 \cdot V_{0x}^2] \\ &= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{a_x} \cdot [V_x(t)^2 - V_{0x}^2] \end{aligned}$$

d'où $V_x(t)^2 - V_{0x}^2 = 2 \cdot a_x \cdot (x(t) - x_0)$ ou $V_x^2 - V_{0x}^2 = 2 \cdot a_x \cdot (x - x_0)$

Pour le point A :

$$V_A^2 - V_{0x}^2 = 2 \cdot a_x \cdot (x_A - x_0)$$

Pour le point B :

$$V_B^2 - V_{0x}^2 = 2 \cdot a_x \cdot (x_B - x_0)$$

Et si on fait la différence entre expression on aboutit à :

$$[V_B^2 - V_{0x}^2] - [V_A^2 - V_{0x}^2] = [2 \cdot a_x \cdot (x_B - x_0)] - [2 \cdot a_x \cdot (x_A - x_0)]$$

$$\text{Alors} \quad V_B^2 - V_A^2 = 2 \cdot a_x \cdot (x_B - x_A)$$

Les lois de Newton

1. Forces intérieures et Forces extérieures

- Préciser le système à étudié
- Les **forces extérieures** dues à des interactions avec des objets qui n'appartiennent pas au système.
- Les **forces intérieures** dues à des interactions entre les constituants du système.

2. Référentiels galiléens

- Un référentiel galiléen est un référentiel dans lequel la première loi de Newton (Principe d'inertie) est vérifiée
- Soit R, un référentiel galiléen. Tout référentiel R' en translation rectiligne uniforme par rapport à R est considéré comme un référentiel galiléen
- **Référentiel de Copernic** : L'origine du référentiel de Copernic est au centre de masse du système solaire (composé du Soleil, et des objets célestes gravitant autour de lui). Ses axes pointent vers des étoiles lointaines fixes.
- **Référentiel héliocentrique** : L'origine du référentiel est au centre du soleil. Ses axes pointent vers des étoiles lointaines fixes.
- **Référentiel géocentrique** : Il est centré sur le centre de la terre. Ses trois axes pointant sur les mêmes étoiles fixes que le repère de Copernic.
- **Référentiel terrestre** : Il est en mouvement de rotation uniforme par rapport au référentiel géocentrique

3. La 1^{ère} loi de Newton (Principe d'inertie)

$$\sum \vec{F} = \vec{0} : \text{le système est isolé ou pseudo isolé}$$

On peut en déduire que $\vec{a}_G = \vec{0}$ et $\vec{v}_G = \vec{Cte}$ par conséquent :

- Le mobile est au repos (immobile) $v_G = 0$
- Le centre de gravité du mobile est en mouvement rectiligne uniforme $v_G = Cte \neq 0$

Énoncé : Dans un référentiel galiléen un système ponctuel isolé ou pseudo-isolé est soit immobile ou animé d'un mouvement rectiligne uniforme

NB :

Un **solide isolé** mécaniquement n'est soumis à aucune force. Un **solide pseudo-isolé** mécaniquement est soumis à des forces qui se compensent à chaque instant.

4. La 2^{ème} loi de Newton (Théorème de centre d'inertie TCI)

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G$$

Enoncé : dans un référentiel galiléen, la somme vectorielle des force extérieures exercées sur un système ponctuel est égale au produit de la masse du système par le vecteur accélération $\vec{a}_G$ de son centre de gravité

Lorsque $\sum \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}_G = \vec{0}$ alors $\vec{a}_G = \frac{d\vec{v}_G}{dt} = 0$: le vecteur $\vec{v}_G$ est constant. On retrouve le principe d'inertie.

Remarque :

L'accélération du centre d'inertie G d'un solide est toujours colinéaire à la somme des forces appliquées

5. La 3^{ème} loi de Newton (Principe d'action et de réaction ou principe des actions réciproques)

Enoncé : si un système A exerce une force $\vec{F}_{A/B}$ sur un système B alors le système B exerce aussi sur le système A une force $\vec{F}_{B/A}$ ayant même droite d'action, même valeur, même direction mais un sens opposé et donc : $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$

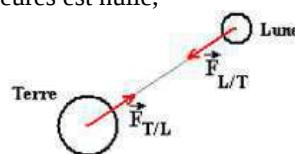
La 3^{ème} loi de Newton

- Est valable pour tous les états de mouvement ou de repos d'un mobile
- Est valable pour toutes les forces, qu'elles s'exercent à distance ou par contact.
- Permet d'écrire que, dans un système matériel, la somme des forces intérieures est nulle,

Exemple :

L'action mutuelle entre la lune et la terre

$$\vec{F}_{L/T} = -\vec{F}_{T/L}$$





Comment exploiter la 2^{ème} loi de Newton

En règle générale, la 2^{ème} loi de Newton sert à déterminer le mouvement d'un point matériel ou d'un système de points, connaissant les forces qui s'appliquent à ce point.

Pour résoudre un problème de dynamique en utilisant la 2^{ème} loi de Newton, la méthode est toujours la même :

1. Préciser le système à étudier
2. Faire le bilan de toutes les forces qui agissent sur le point matériel étudié (ou le centre d'inertie de l'objet étudié).
 - 2.1. Forces de contact
 - 2.2. Forces à distance
3. Faire un schéma précis et suffisamment grand pour pouvoir y représenter (tant que c'est possible) toutes les forces dont les caractéristiques bien connues.
Exemples : le poids $\vec{P}$ et $\vec{R}$ la réaction d'un plan quand les frottements sont négligeables
4. Choisir un référentiel galiléen. Il faut toujours préciser le référentiel d'étude, c'est fondamental

NB :

Attention pour les mouvements rectilignes et le repère de Frenet pour les mouvements curvilignes

5. Ecrire la relation vectorielle de la 2^{ème} loi de Newton $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G$
6. Projeter chacune de ces forces sur les axes du référentiel (Se rappeler de la définition de la projection d'un vecteur sur un axe d'un référentiel)

NB : La relation entre vecteur est bien identique à la relation entre composantes sur les axes

- 6.1. Sur l'axe Ox : $\sum F_x = m \cdot a_x$
- 6.2. Sur l'axe Oy : $\sum F_y = m \cdot a_y$
7. Répondre !!!

Remarque :

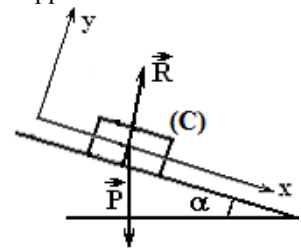
La projection peut se faire sur un axe ou l'autre ou les deux à la fois, ça dépend de la nature de la question (pas de priorité pour le choix de l'axe Ox)

Applications :

❖ Exemple 1 :

Le mouvement d'un mobile de masse m , et **sans frottement**, sur un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontal

- Système :** Le corps (C)
Bilan des forces :
- $\vec{R}$: La réaction du plan incliné
 - $\vec{P}$: Le poids du corps (C)



En appliquant la 2^{ème} loi de Newton $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G$

$$\text{D'où : } \vec{R} + \vec{P} = m \cdot \vec{a}_G$$

Projetons sur les axes

Sur Ox :

$$(1) \quad R_x + P_x = m \cdot a_x$$

$R_x = 0$: $\vec{R}$ est perpendiculaire à l'axe Ox
 $P_x = P \cdot \sin(\alpha) = m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$

On remplace dans l'équation (1)

$$m \cdot g \cdot \sin(\alpha) = m \cdot a_x$$

$$a_x = g \cdot \sin(\alpha)$$

Sur Oy :

$$(2) \quad R_y + P_y = m \cdot a_y$$

$R_y = R$: $\vec{R}$ est parallèle à l'axe Oy
 $P_y = -P \cdot \cos(\alpha) = -m \cdot g \cdot \cos(\alpha)$
 $a_y = 0$: Le mouvement est rectiligne sur Ox

On remplace dans l'équation (2)

$$R - m \cdot g \cdot \cos(\alpha) = 0$$

$$R = m \cdot g \cdot \cos(\alpha)$$

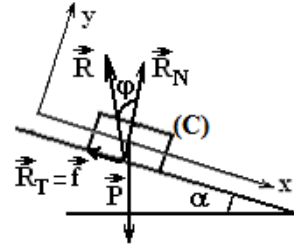
❖ Exemple 2 :

Le mouvement d'un mobile de masse m , et **avec frottement**, sur un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontal

Système : Le corps (C)

Bilan des forces :

- $\vec{R}$: La réaction du plan incliné
- $\vec{P}$: Le poids du corps (C)



En appliquant la 2^{ème} loi de Newton $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G$

$$\text{d'où : } \vec{R} + \vec{P} = m \cdot \vec{a}_G$$

Projetons sur les axes :

Sur Ox :

$$(1) \quad R_x + P_x = m \cdot a_x$$

$R_x = -f = -R_T = -R \cdot \sin(\varphi)$: $\vec{R}$ est incliné sur l'axe Ox
 $P_x = P \cdot \sin(\alpha) = m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$

On remplace dans l'équation (1)

$$m \cdot g \cdot \sin(\alpha) - f = m \cdot a_x$$

$$m \cdot g \cdot \sin(\alpha) - R \cdot \sin(\varphi) = m \cdot a_x$$

$$a_x = g \cdot \sin(\alpha) - \frac{f}{m}$$

$$a_x = g \cdot \sin(\alpha) - \frac{R}{m} \cdot \sin(\varphi)$$

Sur Oy :

$$(2) \quad R_y + P_y = m \cdot a_y$$

$R_y = R_N = R \cdot \cos(\varphi)$: $\vec{R}$ est incliné sur l'axe Oy

$P_y = -P \cdot \cos(\alpha) = -m \cdot g \cdot \cos(\alpha)$

$a_y = 0$: Le mouvement est rectiligne sur Ox

On remplace dans l'équation (2)

$$R_y - m \cdot g \cdot \cos(\alpha) = 0$$

$$R_y = m \cdot g \cdot \cos(\alpha)$$

$$R \cdot \cos(\varphi) = m \cdot g \cdot \cos(\alpha)$$

$$R = m \cdot g \cdot \frac{\cos(\alpha)}{\cos(\varphi)}$$

Conclusion :

Sur ox on a : $a_x = g \cdot \sin(\alpha) - \frac{R}{m} \cdot \sin(\varphi)$ et sur l'axe Oy : $R = m \cdot g \cdot \frac{\cos(\alpha)}{\cos(\varphi)}$ et $\frac{R}{m} = g \cdot \frac{\cos(\alpha)}{\cos(\varphi)}$

$$a_x = g \cdot \sin(\alpha) - \frac{R}{m} \cdot \sin(\varphi) = g \cdot \sin(\alpha) - g \cdot \frac{\cos(\alpha)}{\cos(\varphi)} \cdot \sin(\varphi)$$

$$a_x = g \cdot \cos(\alpha) \left(\frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)} - \frac{\sin(\varphi)}{\cos(\varphi)} \right) = g \cdot \cos(\alpha) (\tan(\alpha) - \tan(\varphi))$$

Comment déterminer l'accélération $\vec{a}_G$

La 2^{ème} loi de Newton

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G$$

Phrase

La vitesse varie de 2m/s pendant 400ms
 $\Delta t = 400\text{ms}$ et $\Delta V = 2\text{m/s}$

$$a_x = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{2}{400 \cdot 10^{-3}} = 5\text{m/s}^2$$

Enregistrement

L'accélération se calcule entre M_i et M_j

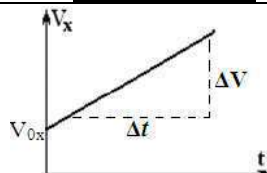
$$\Delta t = t_j - t_i = n \cdot \tau$$

n : un nombre multiple de τ entre M_i et M_j

$$a_x = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V_j - V_i}{t_j - t_i} = \frac{V_j - V_i}{n \cdot \tau}$$

$$a_x = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Graphiquement



$$a_x = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Attention à la lecture sur les deux axes

Equation horaire

$$x(t) = \frac{1}{2} \cdot a_x \cdot t^2 + V_{0x} \cdot t + x_0$$

$$V_x(t) = a_x \cdot t + V_{0x}$$

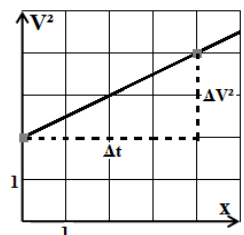
Expression $V^2 = A \cdot x + B$

$$2 \cdot V \cdot \frac{dV}{dt} = A \cdot \frac{dx}{dt}$$

$$2 \cdot V \cdot a_G = A \cdot V$$

$$2 \cdot a_G = A$$

$$a_G = \frac{1}{2} \cdot A \text{ et } A = \frac{\Delta V^2}{\Delta x}$$



- Le projectile est soumis à l'unique action de son poids $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$
- Les deux vecteurs $\vec{P}$ et $\vec{g}$ ont le même sens et la même direction (les deux vecteurs sont colinéaires)
- La 2^{ème} loi de Newton $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G$ d'où $\vec{P} = m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a}_G$ donc $\vec{a}_G = \vec{g}$
- Les deux vecteurs $\vec{a}_G$ et $\vec{g}$ ont les mêmes caractéristiques

1. Caractéristique du vecteur accélération $\vec{a}_G$

- Origine :** Le point G
Direction : - La droite verticale
 - La même direction que $\vec{g}$ (même direction que le poids $\vec{P}$)
Sens : - Vers le bas
 - Le même sens que $\vec{g}$ (même sens que le poids $\vec{P}$)
Intensité : $a_G = g$

2. Chute libre verticale :

Le vecteur vitesse $\vec{V}_G$ et le vecteur accélération $\vec{a}_G$ sont parallèles

2.1. Coordonnées de $\vec{a}_G$ vecteur accélération :

$$a_y = -g = C^te$$

A l'instant $t = 0$

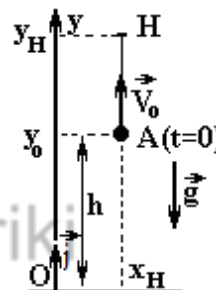
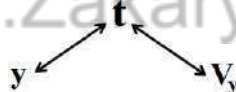
$$y_0 = h \quad \text{et} \quad V_{0y} = V_0$$

2.2. Nature du mouvement sur l'axe Oy

$a_y = -g = C^te$: Le mouvement est rectiligne uniformément varié sur l'axe Oy

$$y = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + V_0 \cdot t + y_0$$

$$V_y = -g \cdot t + V_0$$



2.3. Nature du mouvement

Le mouvement du mobile est rectiligne uniformément varié

2.4. La flèche :

La flèche est l'altitude H la plus élevée atteinte par le projectile

- Au point H la composante de la vitesse est nulle $V_{Hy} = 0$

$V_y = -g \cdot t_H + V_0 = 0$ d'où $t_H = \frac{V_0}{g}$: l'instant d'arrivée au point H et on remplace dans $y(t)$

$$y_H = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot \left(\frac{V_0}{g}\right)^2 + V_0 \cdot \frac{V_0}{g} + y_0 = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_0^2}{g} + y_0$$

y_H : Ordonnée du point H

$$\text{d'où } AH = y_H - y_0 = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_0^2}{g}$$

**** Exploiter les équations horaires avec une ou plusieurs informations**

Au point A	• $y(A) = h$ • L'instant de passage par le point A est $t_A = 2 \cdot t_H = \frac{2 \cdot V_0}{g}$ • La vitesse de passage par le point A est V_0
-------------------	---

Au point O	• $y(O) = 0$
-------------------	--------------

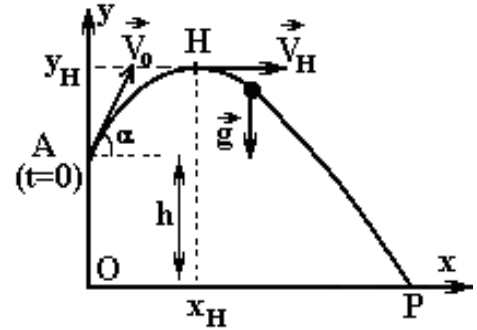
3. Chute libre parabolique :

Le vecteur vitesse $\vec{V}_G$ et le vecteur accélération $\vec{a}_G$ ne sont pas parallèles

3.1. Coordonnées de $\vec{a}_G$ vecteur accélération :

$$\vec{a}_G = \vec{g} \text{ et } \vec{a}_G \begin{pmatrix} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{pmatrix}$$

A l'instant $t=0$ on a $\vec{V}_H \begin{pmatrix} V_{0x} = V_0 \cdot \cos\alpha \\ V_{0y} = V_0 \cdot \sin\alpha \end{pmatrix}$ et $\begin{pmatrix} x_A = 0 \\ y_A = y_0 = h \end{pmatrix}$



3.2. Nature du mouvement sur les deux axes

$a_x=0$: Le mouvement est rectiligne uniforme sur l'axe Ox

$$x = V_0 \cdot \cos\alpha \cdot t + x_0$$

$a_y = -g = C^{te}$: Le mouvement est rectiligne uniformément varié sur l'axe Oy

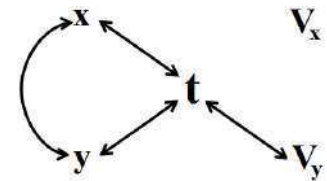
$$y = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + V_0 \cdot \sin\alpha \cdot t + y_0$$

$$V_y = -g \cdot t + V_0 \cdot \sin\alpha$$

3.3. Equation de la trajectoire

$$y = -\frac{1}{2} \cdot \frac{g}{V_0^2 \cdot \cos^2\alpha} \cdot x^2 + x \cdot \tan\alpha + y_0$$

Conclusion : Le mouvement est plan et la trajectoire est parabolique



$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

3.4. La flèche :

La flèche est l'altitude de la plus élevée atteinte par le projectile

$$\vec{V}_H \begin{pmatrix} V_{Hx} = V_{0x} \\ V_{Hy} = 0 \end{pmatrix} \text{ Ou } \left(\frac{dy}{dx} \right)_H = 0$$

- Au point H la composante de la vitesse est nulle $V_{Hy}=0$

- On exploite aussi les vitesses au point A et H (par le T.E.C)

$$V_A = V_0 \text{ et } V_H = V_0 \cdot \cos\alpha$$

- Au point H

$$V_y = -g \cdot t + V_0 \cdot \sin\alpha = 0 \text{ d'ou } t_H = \frac{V_0 \cdot \sin(\alpha)}{g}$$

- Les coordonnées de la flèche (H)

$$x_H = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_0^2 \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)}{g} = \frac{V_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{2g} \text{ et } y_H = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_0^2 \cdot \sin^2(\alpha)}{g} + y_0$$

3.5. La portée :

La portée est la distance maximale parcourue par le projectile et est caractérisée par le point d'impact P où $y_B=0$

Les coordonnées du point P : $P \begin{pmatrix} x_p = OP \\ y_p = 0 \end{pmatrix}$

- Les coordonnées de $\vec{V}_P$ vecteur vitesse au point P

$$\vec{V}_P \begin{pmatrix} V_{px} = V_{0x} = V_0 \cdot \cos\alpha \\ V_{py} = -g \cdot t_p + V_0 \cdot \sin\alpha \end{pmatrix} \text{ et } V_p = \sqrt{(V_0 \cdot \cos\alpha)^2 + (-g \cdot t_p + V_0 \cdot \sin\alpha)^2}$$

- L'angle θ que fait la vitesse $\vec{V}_P$ avec la verticale

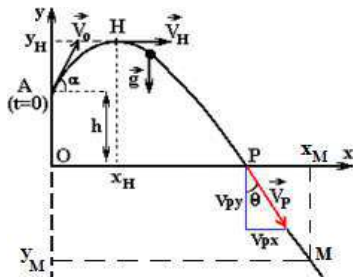
$$\tan\theta = \frac{V_{px}}{V_{py}} \text{ ou } V_{0x}=V_{px} \text{ alors } V_p \cdot \sin\theta = V_0 \cdot \cos\alpha$$

Les coordonnées du point P

$$y_p=0 \text{ et } x_p = \frac{V_0^2 \sin(2\alpha)}{g} = 2 \cdot x_H$$

La portée est maximale si $\alpha = \frac{\pi}{4}$

**** Exploiter les équations horaires et l'équation de la trajectoire avec une ou plusieurs informations**



H : Flèche

La flèche est l'altitude de H la plus élevée atteinte par le projectile

$$\vec{V}_H \left(\begin{matrix} V_{Hx} = V_{0x} \\ V_{Hy} = 0 \end{matrix} \right) \text{ Ou } \left(\frac{dy}{dx} \right)_H = 0$$

- Au point H la composante de la vitesse est nulle $V_{Hy}=0$
- On exploite aussi les vitesses au point A et H (par le T.E.C)

$$V_A=V_0 \text{ et } V_H=V_0.\cos\alpha$$

Exploiter les coordonnées d'un point spécifique

Le point M est caractérisé par ses coordonnées

$$M \left(\begin{matrix} x_M = \dots \\ y_M = \dots \end{matrix} \right)$$

Du texte ou d'un graphe on peut exploiter soit

- L'abscisse x_M
- L'ordonnée y_M
- Ou bien les deux à la fois
- L'instant t_M d'arrivée au point M

P : portée

- La portée est la distance maximale parcourue par le projectile et est caractérisée par le point d'impact P où $y_P = 0$

$$P \left(\begin{matrix} x_P = OP \\ y_P = 0 \end{matrix} \right)$$

- Les coordonnées du vecteur vitesse au point P

$$\vec{V}_P \left(\begin{matrix} V_{Px} = V_{0x} = V_0.\cos\alpha \\ V_{Py} = a_y.t + V_0.\sin\alpha \end{matrix} \right)$$

$$V_P = \sqrt{V_{Px}^2 + V_{Py}^2} = \sqrt{(V_0.\cos\alpha)^2 + (a_y.t + V_0.\sin\alpha)^2}$$

- L'angle θ que fait la vitesse $\vec{V}_P$ avec la verticale

$$\tan\theta = \frac{V_{Px}}{V_{Py}}$$

$$\text{ou } V_{0x}=V_{Px} \text{ alors } V_{Py}.\sin\theta = V_0.\cos\alpha$$

La 2^{ème} loi de Newton

$$\sum \vec{F} = m.\vec{a}_G$$

Les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}_G$

$$\vec{a}_G \left(\begin{matrix} a_x = \dots \\ a_y = \dots \end{matrix} \right)$$

La nature du mouvement sur les axes

$a_y = C^{te} \neq 0$
Le Mouvement est rectiligne uniformément varié sur l'axe Oy

$a_x = 0$
Le Mouvement est rectiligne uniforme sur l'axe Ox

Les équations horaires sur les axes

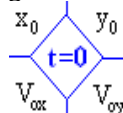
$$y(t) = \frac{1}{2}.a_y.t^2 + V_{0y}.t + y_0$$

$$\begin{matrix} V_x = C^{te} = V_{0x} \\ x(t) = V_x.t + x_0 \end{matrix}$$

Préciser le point origine des dates et déterminer

$$V_{0y} = \dots$$

$$y_0 = \dots$$



$$V_x = V_{0x} = \dots$$

$$x_0 = \dots$$

En déduire l'expression littérale des équations horaires

Equation de la trajectoire

De l'équation $x = V_x.t + x_0$, On trouve t et $\frac{x-x_0}{V_x}$ à remplacer dans y(t)

$$y = -\frac{1}{2}.a_y.\left(\frac{x-x_0}{V_x}\right)^2 + V_0.\left(\frac{x-x_0}{V_x}\right) + y_0$$

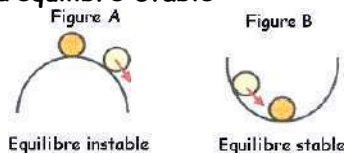
La nature du mouvement

Le mouvement est plan et la trajectoire est parabolique

OSCILLATEURS MECANIKES

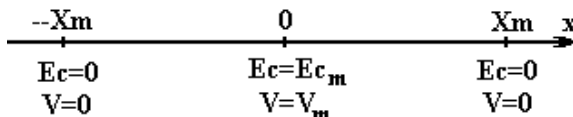
Définition

Oscillateur mécanique : Tout mobile qui effectue un mouvement de va et viens autour de sa position d'équilibre stable



Nous déplaçons légèrement la bille de sa position d'équilibre,

- **La figure A :** elle se met à rouler et ne reviendra pas à sa position de départ. L'équilibre est instable.
- **La figure B :** elle revient dans sa position de départ. L'équilibre est dit stable.

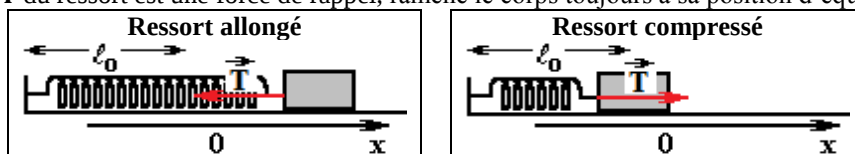


Un pendule élastique, ou **système solide-ressort**, est constitué d'un solide, de masse m , fixé à un ressort, de longueur initiale ℓ_0 et de raideur K , dont l'autre extrémité est attachée à un point fixe.

ℓ_0 Longueur initiale ℓ_0 (m)	K Raideur du ressort (N/m)	$\Delta\ell = \ell - \ell_0$ Allongement du ressort (m)	$T = K \cdot \Delta\ell$ Tension du ressort (N)
--	---------------------------------	--	--

Sens de la tension du ressort $\vec{T}$

La tension $\vec{T}$ du ressort est une force de rappel, ramène le corps toujours à sa position d'équilibre stable

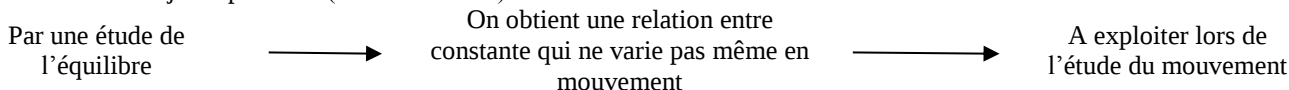


Expression de $\Delta\ell$

Ressort horizontal	Ressort vertical ou incliné			
Ressort horizontal initialement non allongé et fixé directement au mobile ou au moyen d'un fil inextensible et de masse négligeable $\Delta\ell = x$	On admet que le mouvement du solide est dans le sens positif et on conclut			
	$\Delta\ell = \ell - \ell_0$ Si le ressort s'allonge alors $\Delta\ell = \Delta\ell_0 + x$	$\Delta\ell = \ell - \ell_0$ Si le ressort se comprime alors $\Delta\ell = \Delta\ell_0 - x$	$\Delta\ell = \ell_0 - \ell$ Si le ressort s'allonge alors $\Delta\ell = \Delta\ell_0 - x$	$\Delta\ell = \ell_0 - \ell$ Si le ressort se comprime alors $\Delta\ell = \Delta\ell_0 + x$

NB :

L'axe d'étude est toujours parallèle (voire confondu) avec l'axe du ressort



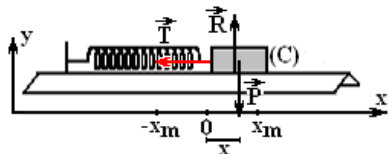
Expression du travail de la tension du ressort $\vec{T}$

$$W_{1 \rightarrow 2}(\vec{T}) = \frac{1}{2} \cdot K \cdot (\Delta\ell_1^2 - \Delta\ell_2^2) : \text{Travail de la tension du ressort } \vec{T}$$

$\vec{T}$ est une force conservative

Équation différentielle

Un solide, de masse m sur un banc à coussin d'air horizontal, fixé à un ressort à spires non jointives, de longueur initiale ℓ_0 et de raideur K ,



Système : Solide (C)

Bilan des forces :

- $\vec{T}$: Tension du ressort
- $\vec{R}$: Réaction du plan horizontal
- $\vec{P}$: Poids du corps (C)

En appliquant la 2^{ème} loi de Newton : $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G$

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

$$\vec{T} \begin{pmatrix} T_x = -T \\ T_y = 0 \end{pmatrix} \text{ et } \vec{P} \begin{pmatrix} P_x = 0 \\ P_y = -P = -m \cdot g \end{pmatrix} \text{ et } \vec{R} \begin{pmatrix} R_x = 0 \\ R_y = R \end{pmatrix} \text{ et } \vec{a}_G \begin{pmatrix} a_x = \ddot{x} \\ a_y = 0 \end{pmatrix}$$

Sur l'axe Ox : $T_x + R_x + P_x = m \cdot a_x$

$$-T = m \cdot \ddot{x} \text{ et } -K \cdot \Delta \ell = m \cdot \ddot{x} \text{ et } -K \cdot x = m \cdot \ddot{x} \text{ d'où } -\frac{K}{m} \cdot x = \ddot{x}$$

donc $\ddot{x} + \frac{K}{m} \cdot x = 0$: Equation différentielle de mouvement du centre d'inertie G

L'équation différentielle est de la forme $\ddot{x} + \omega_0^2 \cdot x = 0$ avec $\omega_0^2 = \frac{K}{m}$ ou bien $\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{m}}$ (en rad/s)

Équation horaire ou la solution de l'équation différentielle :

$x = x(t) = X_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$ ou bien $x = x(t) = X_m \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi)$ $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$	avec	$x(t)$: l'abscisse (élongation) du point G et varie entre X_m et $-X_m$ X_m : Amplitude ou élongation maximale ω_0 : pulsation (rad/s) T_0 : la période (s) $\omega_0 \cdot t + \varphi$: Phase à l'instant t φ : Phase à l'origine des temps $t=0$
---	------	---

Déterminer les constantes X_m , T_0 et φ :

$$x = x(t) = X_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) : \text{l'équation horaire}$$

$$V_x = \dot{x}(t) = -X_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) : \text{l'expression de la composante du vecteur vitesse}$$

NB :

$$x^2 = X_m^2 \cdot \cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) \text{ et } \frac{x^2}{X_m^2} = \cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$$

$$V^2 = \left(X_m \cdot \frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot \sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) \text{ et } \frac{V^2}{\left(X_m \cdot \frac{2\pi}{T_0}\right)^2} = \sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$$

$$\text{Alors } \frac{x^2}{X_m^2} + \frac{V^2}{\left(X_m \cdot \frac{2\pi}{T_0}\right)^2} = 1 \text{ donc } x^2 + \frac{V^2}{\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2} = X_m^2$$

Et

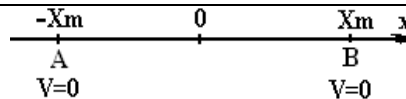
$$x^2 + \left(\frac{T_0}{2\pi}\right)^2 V^2 = X_m^2 \text{ et } x^2 = X_m^2 - \left(\frac{T_0}{2\pi}\right)^2 V^2 \text{ Ou } \frac{V^2}{\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2} = X_m^2 - x^2 \text{ et } V^2 = \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot (X_m^2 - x^2)$$

Prof Zakaryae chriki

**

Comment déterminer X_m

1. Phrase



- On écarte le corps de 2cm de sa position d'équilibre et on le libère sans vitesse initiale

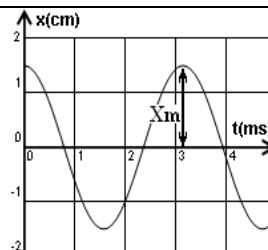
$$X_m = 2\text{cm}$$

- Le corps oscille entre deux points A et B distante de AB=4cm

$$X_m = 2\text{cm d'où } AB = 2 \cdot X_m = 4\text{cm}$$

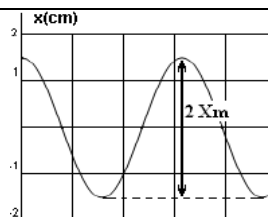
2. Graphiquement

2.1. Par rapport à l'axe temps



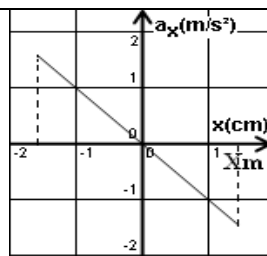
$$X_m = 1.5\text{cm}$$

2.2. Par rapport aux extremums



$$X_m = 1.5\text{cm}$$

2.3. De la courbe $a_x=f(x)$



$X_m=1.5\text{cm}$

3. Tableau

Sans aucune indication soit dans un texte ou dans un graphe

t	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
x	2	0	-2	0	2	0

La plus élevée en valeur absolue est X_m

$X_m=2\text{cm}$

Comment déterminer la pulsation ω_0

1. La fréquence N_0

$$\omega_0 = 2\pi.N_0$$

2. La période propre T_0

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$$

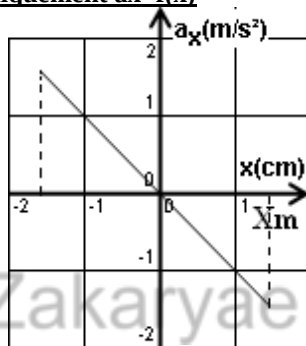
3. De l'équation différentielle

$$\ddot{x} + \omega_0^2 \cdot x = 0$$

et $\omega_0^2 = -\frac{\ddot{x}}{x} = -\frac{a_x}{x}$

$$\text{Donc } \omega_0 = \sqrt{-\frac{a_x}{x}}$$

3.1. Graphiquement $a_x=f(x)$



Graphiquement : on choisit un point
Soit $x=-1\text{cm}$ et $a_x=1\text{m/s}^2$

$$\omega_0 = \sqrt{-\frac{a_x}{x}} = \sqrt{-\frac{1}{-1 \cdot 10^{-2}}}$$

$$\omega_0 = 10\text{rad/s}$$

3.2. D'un tableau

x(cm)	-1.5	-1.0	-0.5	0.5	1.0	1.5
$a_x(\text{m/s}^2)$	1.5	1.0	0.5	-0.5	-1.0	-1.5
$\omega_0^2 = -\frac{a_x}{x}$	100 (rad/s) ²					

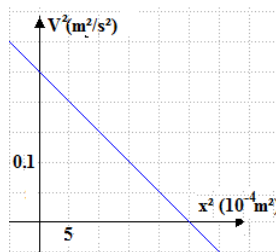
Du tableau on désigne un point

Soit $x=-1.5\text{ cm}$ et $a_x=1.5\text{m/s}^2$

$$\omega_0 = \sqrt{-\frac{a_x}{x}} = \sqrt{-\frac{1.5}{-1.5 \cdot 10^{-2}}}$$

$$\omega_0 = 10\text{rad/s}$$

4. Graphiquement $V^2=f(x^2)$



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

$$V^2 = \frac{1}{\omega_0^2} \cdot (X_m^2 - x^2)$$

Dans ce cas : $X_m^2=25 \cdot 10^{-4}\text{m}^2$

$X_m=5 \cdot 10^{-2}\text{ m}$

$$\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 = \frac{\Delta V^2}{\Delta x^2} = \frac{0.25 - 0}{(25 - 0) \cdot 10^{-4}} = 100$$

Comment déterminer la période propre T_0

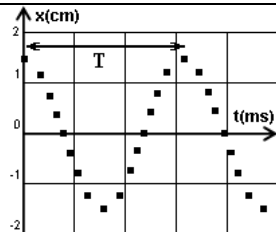
1. La fréquence N_0

$$T_0 = \frac{1}{N_0}$$

2. La pulsation ω_0

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$$

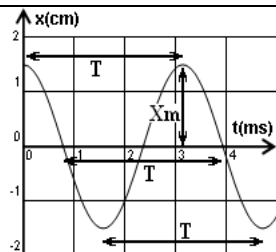
3. Enregistrement



τ : la durée entre l'enregistrement de deux points successifs

$$T = 16 \cdot \tau$$

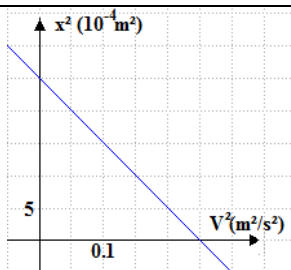
4. Graphiquement $x=f(t)$



Attention à la lecture et à l'échelle

$$T_0 = 3.2 \text{ ms}$$

5. Graphiquement $V^2=f(V^2)$



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

Dans ce cas : $X_m^2 = 25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$X_m = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

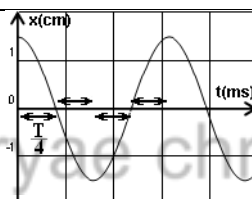
$$\left(\frac{2\pi}{T_0} \right)^2 = \frac{\Delta V^2}{\Delta x^2} = \frac{0.25 - 0}{(25 - 0) \cdot 10^{-4}} = 100$$

$$T_0 = 0.628 \text{ s}$$

6. Tableau

x (cm)	1.5	0	-1.5
t (ms)	0	0.8	1.6

$$T = 3.2 \text{ ms}$$



$\frac{T_0}{4}$: durée du trajet entre $\pm X_m$ et 0 et réciproquement

$\frac{T_0}{2}$: durée du trajet entre $+X_m$ et $-X_m$ et réciproquement

7. Phrase

Δt : la durée nécessaire pour réaliser n oscillations

$$\Delta t = n \cdot T_0$$

L'oscillateur effectue 10 oscillations pendant 2s

$$T_0 = \frac{\Delta t}{n} = \frac{2}{10} = 0.2 \text{ s}$$

**

Comment déterminer la phase à l'origine φ

$$x = x(t) = X_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) : \text{l'équation horaire}$$

$$V_x = \dot{x}(t) = -X_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) : \text{l'expression de la composante du vecteur vitesse}$$

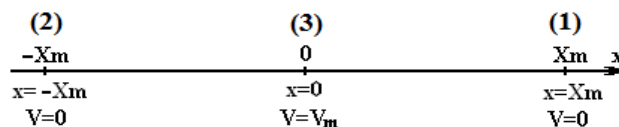
$$V_x \text{ et } \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) \text{ sont opposées (ont des signes différents)}$$

$$\begin{aligned} x_0 = x(0) &= X_m \cdot \cos(\varphi) \text{ d'où } \cos(\varphi) = \frac{x(0)}{X_m} \\ \text{à l'instant } t=0 \\ V_{0x} = V(0) &= \dot{x}(0) = -X_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} \cdot \sin(\varphi) \end{aligned}$$

V_x à l'instant $t=0$ et $\sin(\varphi)$ sont opposées (ont des signes différents)

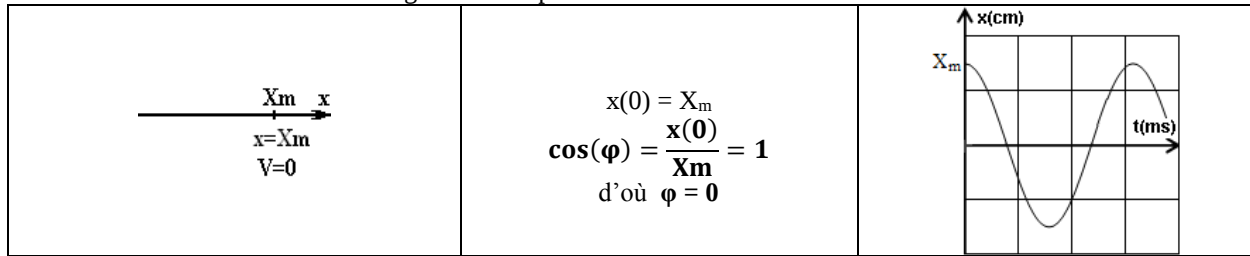
On en conclut que V_x à l'instant $t=0$ et φ sont opposées aussi

En comparant le sens de mouvement avec le sens positif de l'axe, on détermine le signe de V_x la composante de la vitesse et on en déduit le signe de la phase φ



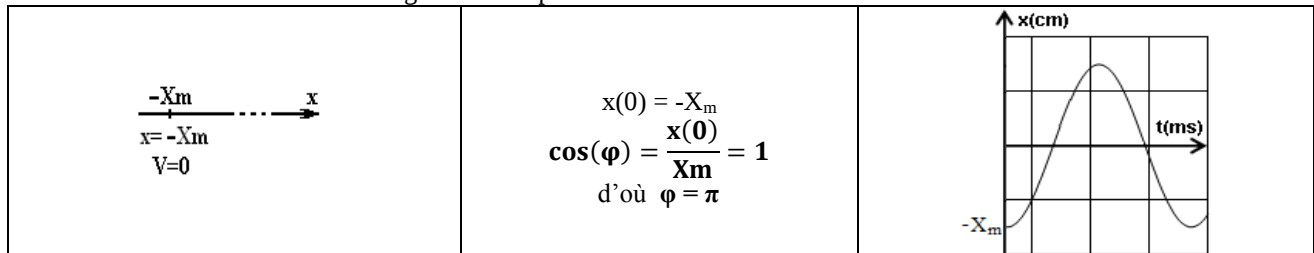
1^{er} cas :

- (1) On écarte le corps, dans le sens positif, de X_m de sa position d'équilibre et on le libère sans vitesse initiale à un instant considéré comme origine des temps



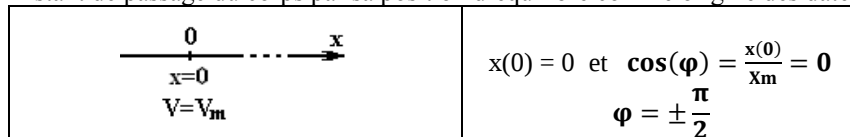
2^{em} cas :

- (2) On écarte le corps, dans le sens négatif, de X_m de sa position d'équilibre et on le libère sans vitesse initiale à un instant considéré comme origine des temps

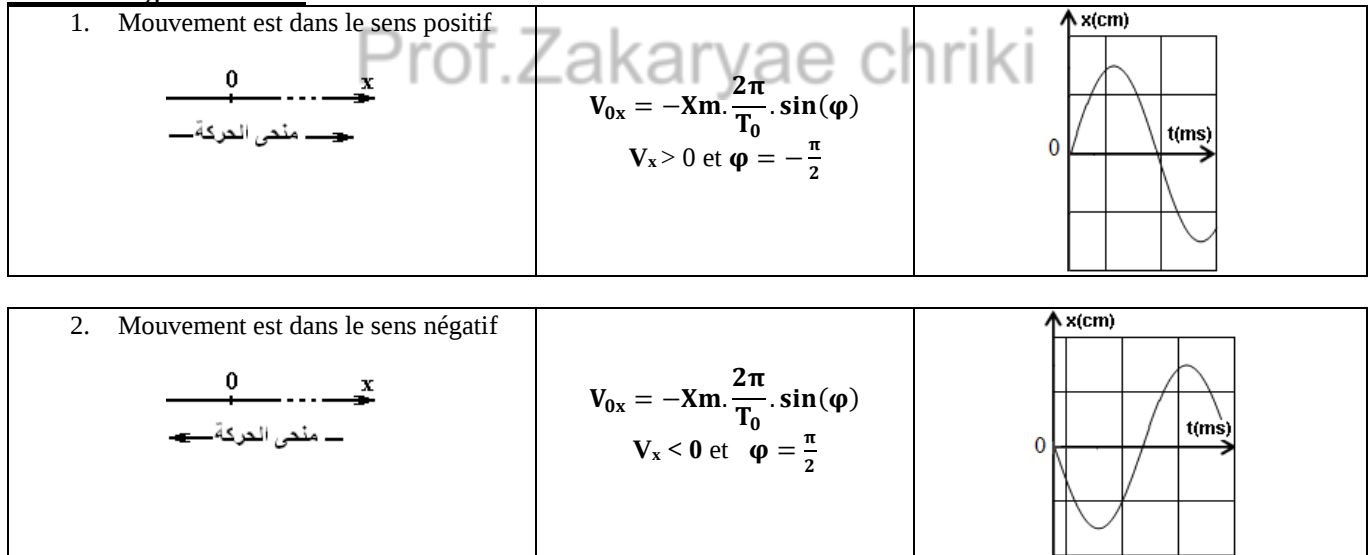


3^{em} cas :

- (3) On considère l'instant de passage du corps par sa position d'équilibre comme origine des dates



On en distingue deux cas :



NB :

- Ecarter un oscillateur dans un sens et le lâcher sans vitesse initiale alors son premier mouvement serait dans le sens inverse
- Le premier passage d'un oscillateur par sa position d'équilibre est équivalent au 3^{eme} et au 5^{eme} passage (tous les nombres impaires)
- Le deuxième passage d'un oscillateur par sa position d'équilibre est équivalent au 4^{eme} et au 6^{eme} passage (tous les nombres paires)
- Il est fortement conseillé d'exploiter l'expression $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$ à chaque fois que le temps est donné en fonction de la période T_0

t	$\frac{T_0}{4}$	$\frac{T_0}{2}$	$3 \frac{T_0}{4}$	T_0
$\omega_0 \cdot t = \frac{2\pi}{T_0} \cdot t$	$\frac{2\pi}{T_0} \cdot \frac{T_0}{4} = \frac{\pi}{2}$	$\frac{2\pi}{T_0} \cdot \frac{T_0}{2} = \pi$	$\frac{2\pi}{T_0} \cdot 3 \cdot \frac{T_0}{4} = 3 \cdot \frac{\pi}{2}$	$\frac{2\pi}{T_0} \cdot T_0 = 2 \cdot \pi$

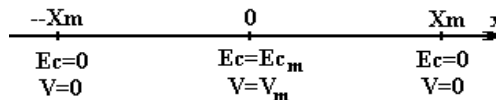
ETUDE ENERGETIQUE

Energie du système est la somme des énergies de ses composantes

❖ Energie cinétique E_c :

$$x = X_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) \quad \text{et} \quad V_x = -X_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) \quad \text{et} \quad \omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

$$\begin{aligned} E_c &= \frac{1}{2} m \cdot V^2 \\ E_c = \frac{1}{2} m \cdot V^2 &= \frac{1}{2} m \cdot \left(-X_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)\right)^2 \\ &= \frac{1}{2} m \cdot X_m^2 \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot \sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) \\ &= \frac{1}{2} m \cdot X_m^2 \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot (1 - \cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)) \quad ; \sin^2(a) = 1 - \cos^2(a) \\ &= \frac{1}{2} m \cdot X_m^2 \cdot \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot (1 - \cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)) \quad ; \omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{K}{m}} \\ &= \frac{1}{2} K \cdot X_m^2 \cdot (1 - \cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)) \\ &= \frac{1}{2} K \cdot X_m^2 - \frac{1}{2} K \cdot X_m^2 \cdot \cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) \quad ; x = X_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) \\ &= \frac{1}{2} K \cdot X_m^2 - \frac{1}{2} K \cdot x^2 \\ &= \frac{1}{2} K \cdot (X_m^2 - x^2) \end{aligned}$$



- Si $x = X_m$ ou $x = -X_m$ alors l'énergie cinétique est nulle donc la vitesse est nulle et l'oscillateur s'arrête et change le sens de son mouvement
- Si $x = 0$ alors l'oscillateur passe par sa position d'équilibre et son énergie cinétique est maximale et sa vitesse l'est aussi

❖ Energie potentielle E_p :

L'énergie potentielle (de position), définie à une constante arbitraire près, ne dépend que de la position du corps dans l'espace.

❖ Energie potentielle élastique E_{pe}

$$E_{pe} = \frac{1}{2} \cdot K \cdot \Delta \ell^2 + C$$

La constante C est déterminé à partir d'un cas référentiel de l'énergie potentielle $E_{pe}=0$

Si le pendule élastique est horizontal alors $\Delta \ell = x$ alors

$$E_{pe} = \frac{1}{2} \cdot K \cdot x^2 + C$$

On considère le plan vertical passant par la position d'équilibre comme repère de l'énergie potentielle élastique $x=0$ et $E_{pe}=0$ d'où $C=0$ alors

$$E_{pe} = \frac{1}{2} \cdot K \cdot x^2$$

❖ Energie potentielle de pesanteur E_{pp}

$$E_{pp} = m \cdot g \cdot Z + C$$

La constante C est déterminé à partir d'un cas référentiel de l'énergie potentielle $E_{pp}=0$

On considère le plan vertical passant par la position d'équilibre comme repère de l'énergie potentielle élastique $z=0$ et $E_{pp}=0$ d'où $C=0$ alors

$$E_{pp} = m \cdot g \cdot Z$$

NB :

Pour un pendule élastique horizontal $E_{pp}=0$

$$\text{Conclusion : } E_p = \frac{1}{2} \cdot K \cdot x^2$$

$$\text{On a } x = X_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) \text{ alors } E_p = \frac{1}{2} K \cdot X_m^2 \cdot \cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$$

❖ Expression de la variation de l'énergie potentielle ΔE_p

ΔE_{pe} : Variation de l'énergie potentielle élastique

$$\Delta E_{pe} = \frac{1}{2} \cdot K \cdot (\Delta \ell_2^2 - \Delta \ell_1^2) = -W_{1 \rightarrow 2}(\vec{T})$$

ΔE_{pp} : Variation de l'Energie potentielle de pesanteur

$$\Delta E_{pp} = m \cdot g \cdot (Z_2 - Z_1) = -W_{1 \rightarrow 2}(\vec{P})$$

❖ Energie mécanique E_m :

L'énergie mécanique est la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle, $E_m = E_c + E_p$

$$E_m = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 + \frac{1}{2} \cdot K \cdot x^2 + C$$

Pour les conditions décrites avant on peut écrire

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

❖ Théorème de l'Energie mécanique

$$\Delta E_m = \sum W_{1 \rightarrow 2}(\vec{F}_{NC})$$

La variation de l'énergie mécanique du système est égale à la somme de tous les travaux de toutes les forces extérieures non conservatives s'exerçant sur le système entre deux points (1) et (2)

NB :

Forces conservatives toutes les forces dont le travail ne dépend que de la position initiale et de la position finale

$\vec{T}$: Tension d'un ressort

$$W_{1 \rightarrow 2}(\vec{T}) = \frac{1}{2} \cdot K \cdot (\Delta \ell_1^2 - \Delta \ell_2^2)$$

$\vec{P}$: Poids d'un corps

$$W_{1 \rightarrow 2}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (Z_1 - Z_2)$$

❖ Conservation de l'énergie mécanique

$$\Delta E_m = \sum W_{1 \rightarrow 2}(\vec{F}_{NC})$$

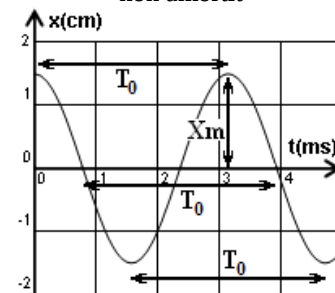
Dans le cas d'un pendule élastique horizontal

$$\Delta E_m = \sum W_{1 \rightarrow 2}(\vec{F}_{NC}) = W_{1 \rightarrow 2}(\vec{R}) = 0$$

$$\Delta E_m = 0$$

Donc $E_m = C^{te}$

$x = X_m \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \phi)$
ou $x = X_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi\right)$
La courbe $x=f(t)$ est sinusoïdale non amortie



Oscillateur libre et harmonique

Equation différentielle

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

Ou

$$\ddot{x} + \omega_0^2 \cdot x = 0$$

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

$$E_m = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 + \frac{1}{2} \cdot K \cdot x^2 + C$$

$$\frac{dE_m}{dt} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(2 \cdot V \cdot \frac{dV}{dt}\right) + \frac{1}{2} \cdot K \cdot \left(2 \cdot x \cdot \frac{dx}{dt}\right)$$

$$= m \cdot \left(V \cdot \frac{dV}{dt}\right) + K \cdot \left(x \cdot \frac{dx}{dt}\right)$$

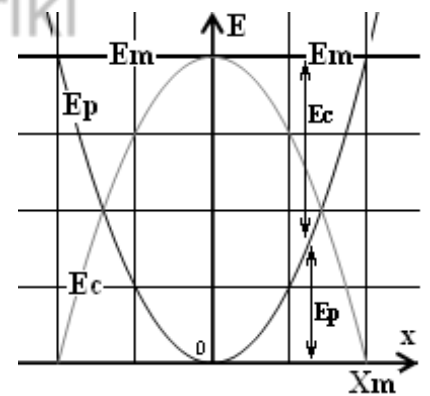
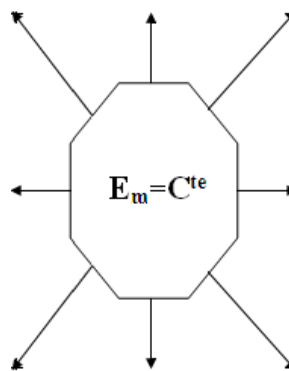
$$= m \cdot \left(\frac{dx}{dt} \cdot \frac{d^2x}{dt^2}\right) + K \cdot \left(x \cdot \frac{dx}{dt}\right)$$

$$= m \cdot \left(\frac{dx}{dt} \cdot \frac{d^2x}{dt^2}\right) + K \cdot \left(x \cdot \frac{dx}{dt}\right)$$

$$= m \cdot \frac{dx}{dt} \cdot \left(\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{K}{m} \cdot x\right)$$

$$= m \cdot V \cdot \left(\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{K}{m} \cdot x\right) = 0$$

D'où $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{K}{m} \cdot x = 0$ ou $\ddot{x} + \frac{K}{m} \cdot x = 0$



- Au point $x = X_m$ on a $E_m = E_{p_{max}}$
- Au passage par la position d'équilibre $x = 0$ on a $E_m = E_{c_{max}}$

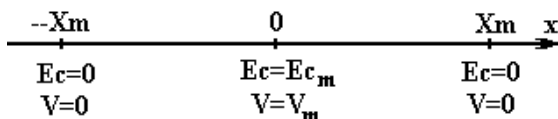
à exploiter à $x=0$ ou $V=V_m$

$$E_m = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_m^2$$

Se calcul souvent à $x = X_m$ ou

$$V=0$$

$$E_m = \frac{1}{2} \cdot K \cdot X_m^2$$



$$E_p = E_m - E_c$$

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_m^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (V_m^2 - V^2)$$

$$E_c = E_m - E_p$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot K \cdot X_m^2 - \frac{1}{2} \cdot K \cdot x^2$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot K \cdot (X_m^2 - x^2)$$

$$E_m = E_c + E_p = C^{te}$$

L'énergie cinétique se transforme en énergie potentielle et réciproquement

$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 + \frac{1}{2} \cdot K \cdot x^2$$

$$x = X_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi\right)$$

$$V_x = -X_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi\right)$$

$$E_m = \frac{1}{2} \cdot K \cdot X_m^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_m^2$$

❖ Expression des énergies

$$x = X_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) \quad \text{et} \quad v_x = -X_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) \quad \text{et} \quad \omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} m \cdot \left(-X_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)\right)^2 = \frac{1}{2} m \cdot \left(X_m \cdot \frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot \sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) = \frac{1}{2} K \cdot X_m^2 \cdot \sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$$

$$E_p = \frac{1}{2} K \cdot x^2 = \frac{1}{2} K \cdot X_m^2 \cdot \cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$$

$$E_m = \frac{1}{2} \cdot K \cdot X_m^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_m^2$$

❖ La période des énergies

Energie potentielle élastique

$$E_p = \frac{1}{2} K \cdot x^2 = \frac{1}{2} K \cdot X_m^2 \cdot \cos^2\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right) \quad ; \quad 2 \cdot \cos^2 x = 1 + \cos(2x)$$

$$E_p = \frac{1}{4} K \cdot X_m^2 \cdot \left(1 + \cos\left(\frac{4\pi}{T_0} \cdot t\right)\right)$$

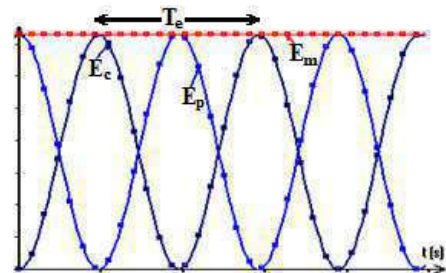
$$E_p = \frac{1}{4} K \cdot X_m^2 \cdot \left(1 + \cos\left(\frac{2\pi}{T_e} \cdot t\right)\right)$$

Energie cinétique

$$E_c = \frac{1}{2} K \cdot X_m^2 \cdot \sin^2\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right) \quad ; \quad 2 \cdot \sin^2 x = 1 - \cos(2x)$$

$$E_c = \frac{1}{4} K \cdot X_m^2 \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{4\pi}{T_0} \cdot t\right)\right)$$

$$E_c = \frac{1}{4} K \cdot X_m^2 \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{2\pi}{T_e} \cdot t\right)\right)$$

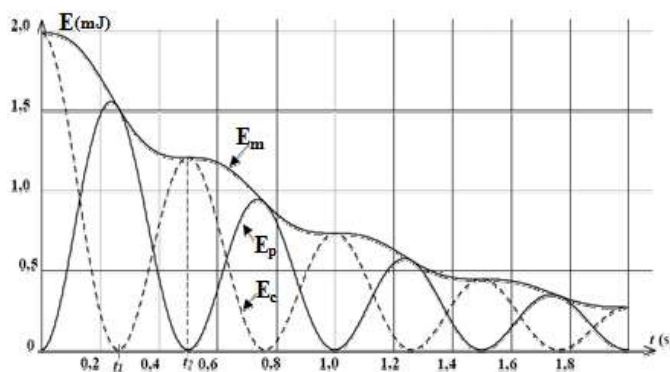


NB :

$T_0 = 2 \cdot T_e$: La période des oscillations T_0 est le double de la période des énergies T_e

NB :

S'il existe frottement alors l'amplitude des oscillations diminue par dissipation (perte) de l'énergie mécanique au cours du temps



Ec : Energie cinétique

Rotation

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

Translation

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

NB :

$$v = r \cdot \dot{\theta} \quad \text{donc}$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot J_{\Delta} \cdot \left(\frac{v}{r}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{J_{\Delta}}{r^2} \cdot v^2$$

Ep : Energie potentielle

Energie potentielle de Torsion

$$E_{pt} = \frac{1}{2} C \cdot \theta^2 + C'$$

Energie potentielle élastique

$$E_{pe} = \frac{1}{2} K \cdot \Delta \ell^2 + C$$

Energie potentielle de pesanteur

$$E_{pp} = m \cdot g \cdot Z + C$$

Les grandeurs physiques liées à la quantité de matière

La mole est l'unité de la quantité de matière (symbole : mol). **1 mol** correspond à $6,02 \times 10^{23}$ particules (nombre d'Avogadro N_A)

Les grandeurs physiques liées à la quantité de matière	Les relations	Les unités
Le nombre N d'atome, de molécules ou d'ions contenus dans l'échantillon est proportionnel à la quantité de matière n correspondante. D'où la relation :	$n = \frac{N}{N_A}$	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ $n; (mol)$
La masse m d'un échantillon d'une espèce chimique X et sa quantité de matière n sont reliées par la relation :	$n = \frac{m}{M}$	$m: (g)$ $M: (g \cdot mol^{-1})$
La masse volumique ρ d'un corps est égale au quotient de sa masse m par son volume V .	$\rho = \frac{m}{V}$	$m: (g \text{ ou } Kg)$ $V: (cm^3, L, m^3)$
la relation entre n , ρ et V .	$n = \frac{\rho \cdot V}{M}$	$M: (g \cdot mol^{-1})$ $V: (cm^3, L, m^3)$ $n; (mol)$
La densité d d'un corps par rapport à l'eau est égale au quotient de la masse m de ce corps par la masse m_0 d'un même volume V d'eau :	$d = \frac{m}{m_0}$	$m: (g \text{ ou } Kg)$
La densité d d'un gaz par rapport à l'air, est égale au quotient de la masse m d'un volume V de gaz par la masse m_{air} du même volume V d'air,	$d = \frac{M}{29}$	$M: (g \cdot mol^{-1})$
La concentration molaire C d'un soluté moléculaire X dissous dans une solution homogène est égale au quotient de la quantité n par le volume V de la solution.	$C = \frac{n}{V}$	$n; (mol)$ $C: (mol \cdot L^{-1})$ $V: (L)$
À température constante, pour une quantité de matière donnée de gaz, le produit de la pression P par le volume V de ce gaz ne varie pas :	$P \cdot V = cte$	$V: (m^3)$ $P: (Pa)$
L'expérience montre que les quatre variables d'état (P, V, n, T) sont liées par une équation s'appelle l'équation d'état des gaz parfait	$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$	$T: (K)$ $R: (SI)$
la relation de la dilution :	$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$	$C: (mol \cdot L^{-1})$ $V: (L)$
D'après la définition du volume molaire V_m , la quantité de matière n d'une espèce chimique est liée à son volume V par la relation :	$n = \frac{V}{V_m}$	$V: (L)$ $V_m: (L \cdot mol^{-1})$

Tableau d'avancement

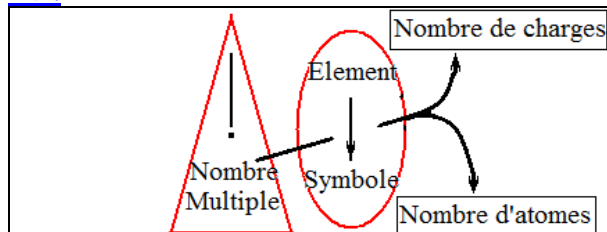
Equation de réaction		$a A + b B \rightleftharpoons c C + d D$				
Etat de système	Avancement	La quantité de matière en (mol)				
Etat Initial	0	$n_i(A)$	$n_i(B)$		0	0
Etat Intermédiaire	x	$n_i(A) - a \cdot x$	$n_i(B) - b \cdot x$		$c \cdot x$	$d \cdot x$
Etat Final	x_{max}	$n_i(A) - a \cdot x_{max}$	$n_i(B) - b \cdot x_{max}$		$c \cdot x_{max}$	$d \cdot x_{max}$

I. Réaction d'oxydo réduction

1. Définitions d'oxydo réduction :

- **Oxydation** : réaction au cours de laquelle un élément perd des électrons
- **Reduction** : réaction au cours de laquelle un élément gagne des électrons
- **Oxydant** : espèce chimique capable de capter un ou plusieurs électrons.
- **Reducteur** : espèce chimique capable de céder un ou plusieurs électrons.
- **Couple d'oxydoréduction (Ox/Red)** : couple constitué par un oxydant et le reducteur correspondant

NB :



Exemples :

	$S_2O_8^{2-}$	$3 S_2O_8^{2-}$	H_2SO_4	$4 HSO_4^-$
H	0	0	2	4
S	2	6	1	4
O	8	24	4	16
Charge	-2	-6	0	-4

Le nombre multiple est un nombre multiple à la fois du nombre de charge et du nombre d'atomes

2. Demi équation redox

Comment équilibrer les demis équations redox

1.	Déterminer le couple Ox/Red et préciser lequel est le réactif, soit $Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$
2.	Équilibrer les atomes autres que l'oxygène O et l'hydrogène H $Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+}$
3.	Équilibrer les atomes d'oxygène O en ajoutant des molécules d'eau H_2O . $Cr_2O_7^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7 H_2O$
4.	Équilibrer les atomes d'hydrogène H en ajoutant des proton H^+ . $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 7 H_2O$
5.	Équilibrer les charges électriques en ajoutant des électrons $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \rightarrow 2Cr^{3+} + 7 H_2O$

NB :

On n'équilibre que s'il existe un défaut d'un côté ou de l'autre.

Exemples : On suppose que l'oxydant des couples est l'espèce réagissante

1.	MnO_4^-/Mn^{2+}
2.	$MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$
3.	$MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$
4.	$MnO_4^- + 8H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$
5.	$MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

1.	NO_3^-/NO
2.	$NO_3^- \rightarrow NO$
3.	$NO_3^- \rightarrow NO + 2H_2O$
4.	$NO_3^- + 4H^+ \rightarrow NO + 2H_2O$
5.	$NO_3^- + 4H^+ + 3e \rightarrow NO + 2H_2O$

1.	$S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$
2.	$S_2O_8^{2-} \rightarrow 2SO_4^{2-}$
3.	$S_2O_8^{2-} \rightarrow 2SO_4^{2-}$
4.	$S_2O_8^{2-} \rightarrow 2SO_4^{2-}$
5.	$S_2O_8^{2-} + 2e \rightarrow 2SO_4^{2-}$

3. Réaction d'oxydo réduction

Une réaction d'oxydo-réduction est une transformation chimique mettant en jeu un transfert d'électrons du réducteur d'un couple vers l'oxydant d'un deuxième couple.

Ox₁/Red₁ et Ox₂/Red₂

Equation de l'oxydation : $Ox_1 + n_1 e \rightarrow Red_1$ (x n_2)

Equation de réduction : $Red_2 \rightarrow Ox_2 + n_2 e$ (x n_1)

On multiplie les coefficients des équations par un nombre adéquat de façon à supprimer les électrons échangés entre les deux couples

Equation d'oxydo réduction : $n_2 Ox_1 + n_1 Red_2 \rightarrow n_2 Red_1 + n_1 Ox_2$

Exemple :

Al^{3+}/Al^- et Cu^{2+}/Cu

$Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$ (x3)

$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e$ (x2)

 $3Cu^{2+} + 2Al \rightarrow 3Cu + 2Al^{3+}$

MnO_4^-/Mn^{2+} et Fe^{3+}/Fe^{2+} :

$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O$ (x1)

$Fe^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + e$ (x5)

 $5Fe^{2+}(aq) + MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) \rightarrow 5Fe^{3+}(aq) + Mn^{2+}(aq) + 4H_2O$

n QUANTITE DE MATIERE ou NOMBRE DE MOLE (mol)

$$n(X) = \frac{N(X)}{N_A}$$

N(X) : Nombre d'entité élémentaire (atome, molécule ion ...)
N_A : Nombre d'Avogadro (mol⁻¹).

1. Solide ou Liquide :

$$n(X) = \frac{m(X)}{M(X)}$$

m(X) : masse du corps (X) (g).
M(X) : Masse molaire (g.mol⁻¹)

- Masse volumique :

$$\varphi(X) = \frac{m(X)}{V(X)}$$

m(X) : masse du corps (X)
V(X) : Volume du corps (X)

- Densité

$$d(X) = \frac{m}{m_0} = \frac{\varphi(X) \cdot V(X)}{\varphi_0 \cdot V(X)} = \frac{\varphi(X)}{\varphi_0}$$

φ(X) : Masse volumique (X)
φ₀=1g.cm⁻³ :masse volumique d'eau
d(X) Densité et sans unité

- Conclusion

$$n(X) = \frac{m(X)}{M(X)} = \frac{\varphi(X) \cdot V(X)}{M(X)} = \frac{d(X) \cdot \varphi_0 \cdot V(X)}{M(X)}$$

2. Gaz :

$$n(G) = \frac{V(G)}{V_m}$$

V (G) : Volume du gaz G (ℓ).
V_M : Volume molaire (ℓ.mol⁻¹)

- Gaz parfait

Le gaz parfait est un modèle simplifié des gaz. Dans ce modèle on suppose que toutes les interactions entre les molécules sont négligeables (modèle à basse pression).

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

p :Pression du gaz(Pa)
V :Volume du gaz(m³)
n :Quantité de matière(mol)
R :Constante des gaz parfaits **R=8.32 J.°K⁻¹.mol⁻¹**
T :Température absolue(°K) **T(°K) = t(°C) + 273.15**

- Densité d'un gaz

$$d(G) = \frac{M(G)}{29}$$

M(G) : Masse molaire du gaz (g.mol⁻¹)

Attention

$$p(G) \cdot V(G) = n \cdot R \cdot T$$

- Quelle est la variable : La pression p ou le Volume V ou la température absolue T
- p₀ : la pression atmosphérique intervient-elle dans l'expression de la pression totale p

$$p = p_G = \frac{n \cdot R \cdot T}{V_G}$$

Ou

$$p = p_G + p_0 = \frac{n \cdot R \cdot T}{V_G} + p_0$$

- **p=Σp_i** la pression totale d'un mélange gazeux est égale à la somme des pressions partielles des gaz constituant le mélange
- L'appareil de mesure de pression donne la pression totale
- R :Constante des gaz parfaits **R=8.32 Pa.m³.°K⁻¹.mol⁻¹ = R=8.32 J.°K⁻¹.mol⁻¹ Ou R=0.082 atm.ℓ.°K⁻¹.mol⁻¹**

3. Solution :

La solution est le produit d'un mélange entre soluté (Solide ou Liquide ou Gaz) et solvant (liquide) :



La solution est dite aqueuse si le solvant est l'eau :



Concentration molaire C :

$[X] = C = \frac{n(X)}{V_S}$	C : Concentration molaire ($\text{mol} \cdot \ell^{-1}$) n(X) : Quantité de matière de X V_S : Volume en ℓ
------------------------------	--

Concentration massique C_m :

$C_m = \frac{m(X)}{V_S}$	M(X) : masse du corps (X) (g). C_m : Concentration massique de X en $\text{g} \cdot \ell^{-1}$ V_S : Volume en ℓ
--------------------------	--

La relation entre C concentration molaire et C_m concentration massique $C = \frac{C_m}{M}$ avec M : la masse molaire

Manipulation sur solution :

• Prélèvement d'une solution :

Prélever d'une solution c'est prendre une partie (fraction) d'une solution

$$C = C^{\text{te}}$$

Le volume V de la prise varie ainsi que la quantité de matière contenu dans le volume V mais la concentration reste constante

• Diluer une solution :

La **dilution** est le fait de diminuer la concentration une solution en ajoutant de l'eau

Solution initiale de volume V _i et de concentration C _i (V _i , C _i) $n_i = C_i \cdot V_i$	→	Solution finale de volume V _f et de concentration C _f (V _f , C _f) $n_f = C_f \cdot V_f$
--	---	--

$$V_f = V_i + V_e$$

V_e : Volume d'eau ajoutée

Au cours de la dilution la quantité de matière ne varie pas et $n_i = n_f$ donc :

$$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f : \text{Relation de la dilution}$$

Au cours d'une dilution la quantité de matière de soluté ne varie pas

• Mélanger deux solutions :

Solution (S ₁) de volume V ₁ et de concentration C ₁ (C ₁ , V ₁) $n_1 = C_1 \cdot V_1$: la quantité de matière	Solution (S ₂) de volume V ₂ et de concentration C ₂ (C ₂ , V ₂) $n_2 = C_2 \cdot V_2$: la quantité de matière
--	--

$$V_T = V_1 + V_2 : \text{Le volume totale du mélange}$$

Et la concentration initiale (en absence de toute réaction possible) dans le mélange est :

$C'_1 = \frac{C_1 V_1}{V_1 + V_2}$	$C'_2 = \frac{C_2 V_2}{V_1 + V_2}$
------------------------------------	------------------------------------

4. Conductibilité

Une solution électrolytique est une solution conductrice de courant électrique et est composée d'ion positifs et d'ions négatifs

La conductibilité d'une solution électrolytique est la somme des conductibilités ioniques des ions en solution

$$\sigma = \sum \sigma_i = \sum \lambda_i \cdot [X_i] \quad \text{avec} \quad [X_i] : \text{Concentration molaire ionique de } X_i \text{ en } \text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\lambda_i : \text{la conductibilité molaire ionique de } X_i \text{ en } \text{S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\sigma_i : \text{la conductibilité de l'ion } X_i \text{ en } \text{S} \cdot \text{m}^{-1}$$

La conductibilité est proportionnelle à la surface entre les deux électrodes et inversement

proportionnelle à la distance L qui les sépare

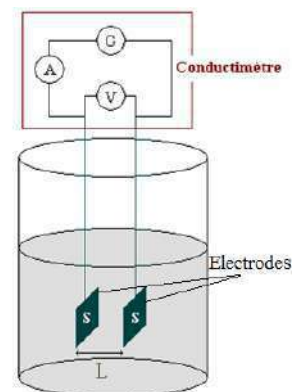
$$G = k \cdot \sigma = \sigma \cdot \frac{S}{L} \quad \text{avec} \quad G : \text{La conductance en S}$$

$$\sigma : \text{La conductibilité en } \text{S} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$L : \text{La distance séparant les électrodes (m)}$$

$$S : \text{la surface des plaques (m}^2\text{)}$$

$$k = \frac{S}{L} : \text{La constante de la cellule conductimétrique en (m)}$$



La cellule conductimétrique

NB :

- Les unités $1 \text{ mol} / \ell = 10^3 \text{ mol} / \text{m}^3$ ou $1 \text{ mol} / \text{m}^3 = 10^{-3} \text{ mol} / \ell$
- Lorsque on mélange deux solutions de volume V₁ et V₂, La concentration des ions inactifs est $\frac{C_1 V_1}{V_1 + V_2}$

TABLEAU D'AVANCEMENT

Équation de réaction $aA + bB \rightarrow cC + dD$	- A et B sont les réactifs : ils sont consommés au cours de la réaction. - C et D sont les produits : ils sont créés au cours de la réaction. - a, b, c et d sont les coefficients stœchiométriques.
---	--

Equation chimique		$aA + bB \rightarrow cC + dD$			
Etat du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
initial	0	$n_i(A)$	$n_i(B)$	0	0
En cours	x	$n_i(A) - a.x$	$n_i(B) - b.x$	c.x	d.x
final	x_f	$n_i(A) - a.x_f$	$n_i(B) - b.x_f$	c.x _f	d.x _f

x : avancement de la réaction (mol)

L'avancement x d'une réaction est une quantité de matière :

- Qui varie de $x=0$ mol à l'état initial et est une valeur toujours positive.
- Croît au cours de la réaction pour atteindre une valeur final x_f à l'état final (voire une valeur maximale x_{max} si la réaction est totale).
- Permet de déterminer la quantité de matière des espèces chimiques en solution

a A	b B	
$n_i(A)$	$n_i(B)$	: Quantité de matière initiale
a.x	b.x	: Quantité de matière réagissant (Intervenante (Perdue) en réaction)
$n(A) = n_i(A) - a.x$	$n(B) = n_i(B) - b.x$	: Quantité de matière restante

c C	d D	
0	0	: Quantité de matière initiale
c.x	d.x	: Quantité de matière produite (Formée au cours de la réaction)
$n(C) = c.x$	$n(D) = d.x$	: Quantité de matière produite

On a du tableau d'avancement et à tout moment $n(C)=c.x$ et $n(D)=d.x$ donc $x = \frac{n(C)}{c} = \frac{n(D)}{d}$

Composition du mélange en fin de réaction :

- $n(A) = n_i(A) - a.x$: Quantité de matière restante de l'espèce chimique A
- $n(B) = n_i(B) - b.x$: Quantité de matière restante de l'espèce chimique B
- $n(C) = c.x$: Quantité de matière produite de l'espèce chimique C
- $n(D) = d.x$: Quantité de matière produite de l'espèce chimique D

NB :

- Les quantités de matière à l'état initial ne dépendent pas des coefficients stœchiométriques mais les quantités de matière à l'état intermédiaire et l'état final dépendent des coefficients stœchiométriques.
- Le système est à l'état final quand la réaction n'évolue plus et $x=x_f$ avec x_f : l'avancement final
- Le système est à l'état maximale quand la réaction est totale et au moins un des réactifs est limitant (disparaît totalement) et $x=x_m$ avec x_m l'avancement maximale
- Un réactif est limitant s'il disparaît totalement et sa quantité de matière à l'état final est nulle

$$n(A) = n_i(A) - a.x = 0 \text{ et } n(B) = n_i(B) - b.x = 0$$

- Un réactif est en excès s'il est présent à l'état final (consommé en partie)

Mélange stœchiométrique

Un mélange est **stœchiométrique** (ou proportionnel) si les quantités de matière initiales des réactifs sont proportionnelles aux coefficients **stœchiométriques**

A est limitant $n(A) = n_i(A) - a.x_m = 0$ d'où $x_m = \frac{n_i(A)}{a}$	B est limitant $n(B) = n_i(B) - b.x_m = 0$ d'où $x_m = \frac{n_i(B)}{b}$
et $x_m = \frac{n_i(A)}{a} = \frac{n_i(B)}{b}$ donc $x_m = \frac{n_i(A)}{a} = \frac{n_i(B)}{b} = \frac{n(C)}{c} = \frac{n(D)}{d}$	
- Si $\frac{n_i(A)}{a} < \frac{n_i(B)}{b}$ alors A est limitant alors $x_m = \frac{n_i(A)}{a} = \frac{n(C)}{c} = \frac{n(D)}{d}$ - Si $\frac{n_i(A)}{a} > \frac{n_i(B)}{b}$ alors B est limitant alors $x_m = \frac{n_i(B)}{b} = \frac{n(C)}{c} = \frac{n(D)}{d}$	

DOSAGE OU TITRAGE

Définition :

Doser (ou titrer) une espèce chimique (molécule ou ion) en solution, c'est déterminer sa concentration molaire dans la solution considérée au moyen d'une solution de concentration connue.

Le réactif A est le réactif titré est l'espèce dont on veut déterminer la concentration, il est contenu dans la solution à doser. La solution chimique B est une solution titrante contenant un réactif titrant choisi en fonction de l'espèce à doser.

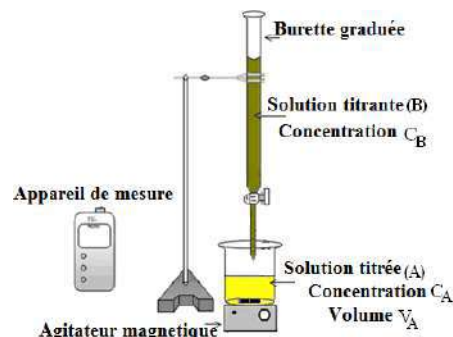
Le matériel nécessaire au dosage est :

- Une burette graduée
- Un bécher
- Un dispositif d'agitation magnétique
- Appareil de mesure (pH-mètre ou Conductimètre ...)

Condition du dosage

Faut que la réaction du dosage soit :

- **Totale** : Un des deux réactifs mis en présence doit disparaître complètement (limitant)
- **Rapide** : la transformation est instantanée
- **Sélective** : le réactif A ne peut réagir que avec le réactif B.



Equivalence :

A l'équivalence, les deux réactifs sont totalement consommés, l'avancement prend la valeur maximale x_m , le mélange est stœchiométrique et il y a donc changement de réactif limitant.

Repérage de l'équivalence :

On peut effectuer ce repérage soit par :

- Dosage colorimétrique : Un changement de couleur du milieu réactionnel (fréquent en oxydoréduction ou avec un indicateur coloré).
- Dosage par conductimétrie : basée sur l'évolution de la conductibilité σ ou la conductance G d'une solution ionique
- Dosage pH métrique : basée sur l'évolution du pH du milieu réactionnel

Déroulement d'un dosage direct :

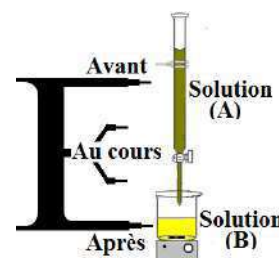
On verse à l'aide de la burette la solution titrante dans la solution à titrer. Il se produit alors la réaction de dosage qui met en jeu le réactif titré et le réactif titrant. Celle-ci peut être soit acido-basique, soit d'oxydoréduction.

NB :

Au cours du dosage, les réactifs réagissent dans les proportions stœchiométriques.

- Avant l'équivalence, le réactif titrant (A) est le réactif limitant (à chaque fois que l'on en verse, il disparaît).
- A l'équivalence, les réactifs sont intégralement consommés, les deux réactifs sont limitants
- Après l'équivalence, le réactif titrant est introduit en excès, il n'y a plus de réactif titré donc plus de réaction, alors le réactif titré est limitant

A l'équivalence il y a donc changement de réactif limitant.



Déterminer une concentration C_A :

Tableau d'avancement :

Equation chimique		$a A + b B \rightarrow c C + d D$				
Etat du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)				
initial	0	$n_i(A)$	$n_i(B)$	/	0	0
En cours	x	$n_i(A)-a.x$	$n_i(B)-b.x$	/	c.x	d.x
final	x_f	$n_i(A)-a.x_f$	$n_i(B)-b.x_f$	/	c.x _f	d.x _f

A l'équivalence :

Les réactifs A et B disparaissent totalement et le mélange est stœchiométrique et

$$\frac{n_i(A)}{a} = \frac{n_i(B)}{b} : \text{relation à l'équivalence, alors } \frac{C_A \cdot V_A}{a} = \frac{C_B \cdot V_{B_{eq}}}{b}$$

avec $V_{B_{eq}}$: volume de la solution B versé à l'équivalence

$$\text{d'où } C_A = \frac{a}{b} \cdot \frac{C_B \cdot V_{B_{eq}}}{V_A}$$

Si $a=b=1$ (le cas du tirage acido basique) alors $C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{B_{eq}}$

FACTEURS CINÉTIQUES

La cinétique chimique est l'étude de l'évolution des systèmes chimiques au cours du temps.

Transformation rapide :

Une transformation est rapide si elle se fait en une durée trop courte pour que son évolution puisse être suivie "à l'œil nu" ou avec les appareils de mesure courants (impossible de distinguer des états intermédiaires entre l'état initial et l'état final du système)

Transformation lente :

C'est une transformation dont l'évolution peut être suivie "à l'œil nu" ou avec les appareils de mesure courants pendant quelques secondes (ou plus longtemps).

Facteurs cinétiques :

Les facteurs cinétiques sont les grandeurs qui vont modifier la vitesse d'évolution d'un système chimique (qui vont influencer sur la durée d'une transformation chimique)

L'influence des facteurs cinétiques

- **Température :**

La vitesse de réaction augmente avec la température

Eau froide, glace ou refroidissement → Stopper la transformation

- **Concentration initiale des réactifs :**

La vitesse de réaction augmente si l'on fait croître la concentration initiale des réactifs

Dilution : Ajouter de l'eau, le volume augmente → Stopper la transformation

- **Catalyseur :**

Un catalyseur : espèce chimique capable de modifier la vitesse d'une réaction sans changer l'état d'équilibre du système (il n'apparaît pas dans l'équation de la réaction).

Le catalyseur : **Modifie :**

* la vitesse de réaction.

* les différentes étapes réactionnelles permettant de passer des réactifs aux produits.

Ne modifie pas :

* la constante d'équilibre du système

* le sens d'évolution de la réaction chimique

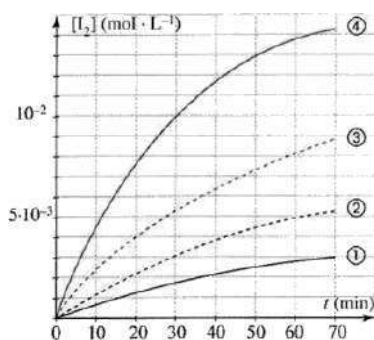
Type de catalyse :

- Catalyse homogène Lorsque le réactif et le catalyseur font partie de la même phase (solide liquide eau gazeuse).
- Catalyse hétérogène Lorsque le catalyseur et le réactif sont dans des phases différentes.
- Autocatalyse lorsque la transformation produit une espèce qui catalyse la transformation
- Catalyse enzymatique lorsque le catalyseur est une enzyme.

** Comparer les vitesses de réaction

- Pendant la même durée la quantité formée par l'expérience (4) est la plus importante.
- Pour la même quantité formée : l'expérience (4) met peu de temps relativement aux autres expériences
- Conclusion : la vitesse de réaction de la transformation (4) est la plus importante

$$V_4 > V_3 > V_2 > V_1$$



Expérience N°	(a)	(b)	(c)	(d)
Température	20	20	35 *	35 *
Quelques gouttes d'un catalyseur	Non	Non	Non	Oui *
$[I^-]_0 (\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1})$	20	40 *	20	40 *
$[S_2O_8^{2-}]_0 (\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1})$	10	20 *	10	20 *

$$V_{(d)} > V_{(b)} > V_{(c)} > V_{(a)}$$

NB :

En comparant, pour le même facteur cinétique, les cases et en notant chaque case dominante par un point et en sommant le nombre de points on conclut la réaction la plus rapide

1. Définition :

La vitesse volumique $v(t)$ d'une réaction se déroulant dans un volume constant V est la valeur de la dérivée temporelle de l'avancement x de la

$$\text{réaction, divisée par le volume } V : v(t) = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$$

dx l'accroissement de l'avancement x en mol

dt l'accroissement du temps t soit en seconde, en minute ou en heure

V le volume du mélange réactionnel en litre ou m^3

L'unité de la vitesse volumique dans le SI est : $\text{mol}/m^3/s$

On peut aussi exprimer la vitesse volumique de la réaction en fonction de la concentration effective.

2. Détermination graphique de la vitesse :

Détermination graphique :

La vitesse est le coefficient directeur de la droite tangente à la courbe $x=f(t)$ à un instant donné t_i .

$$V = \frac{1}{V_S} \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} V : \text{Vitesse de réaction (mol.l}^{-1}\text{.s}^{-1}) \\ x : \text{avancement de réaction (mol)} \\ V_S : \text{Volume de la solution (l)} \end{array}$$

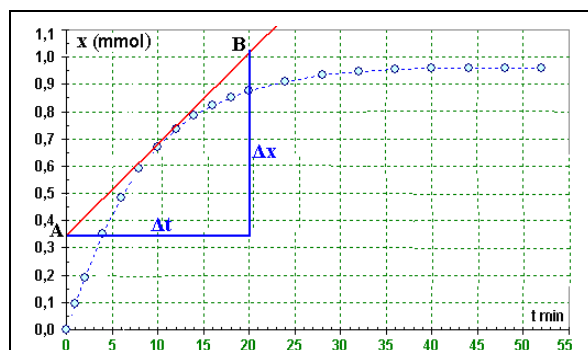
On choisit deux points A et B de la tangente $A(x_A, t_A)$ et $B(x_B, t_B)$

$$\text{et la vitesse } V = \frac{1}{V_S} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1}{V_S} \cdot \frac{x_B - x_A}{t_B - t_A}$$

La vitesse de réaction maximale au début de la transformation, diminue avec le temps et tend vers zéro en fin de réaction.

Explication :

La diminution de la vitesse est due à la diminution de la concentration des réactifs au cours de la transformation.



Le volume de la solution est $V_S = 200 \text{ ml}$
 $\Delta x = 0.675 \text{ mmol}$ et $\Delta t = 20 \text{ min}$

$$V = \frac{1}{V_S} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1}{200 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{0.675 \cdot 10^{-3}}{20} = 1.68 \cdot 10^{-3} \text{ mol.l}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

3. Autres expressions de la vitesse de réaction

	Réactif		Produit
	aA	→	bB
t=0	n_1		0
t	$n_1 - a \cdot x$		b \cdot x
t_f	$n_1 - a \cdot x_f$		b \cdot x_f

On peut déterminer du tableau d'avancement la quantité de matière à l'instant t

t	$n(A) = n_1 - a \cdot x$	$n(B) = b \cdot x$
---	--------------------------	--------------------

En exploitant les expressions des quantités de matière on obtient l'expression d'une grandeur et par suite l'expression de la vitesse de réaction en fonction de cette grandeur

Exemples :

En fonction de la concentration :

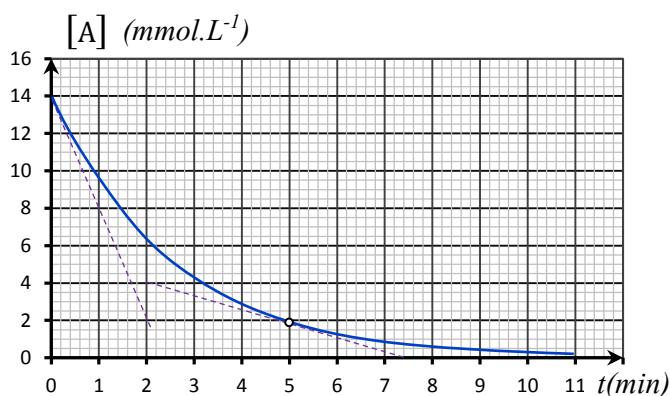
Cas d'un réactif :

	Réactif A
	aA
t=0	n_1
t	$n_1 - a \cdot x$

$$\text{On a } n(A) = n_1 - a \cdot x \text{ alors } [A] = \frac{n(A)}{V_S} = \frac{n_1 - a \cdot x}{V_S}$$

$$\text{d'où } x = \frac{n_1 - [A] \cdot V_S}{a}$$

$$\text{et la vitesse : } V = \frac{1}{V_S} \frac{dx}{dt} = -\frac{1}{a} \cdot \frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{a} \cdot \frac{\Delta[A]}{\Delta t}$$

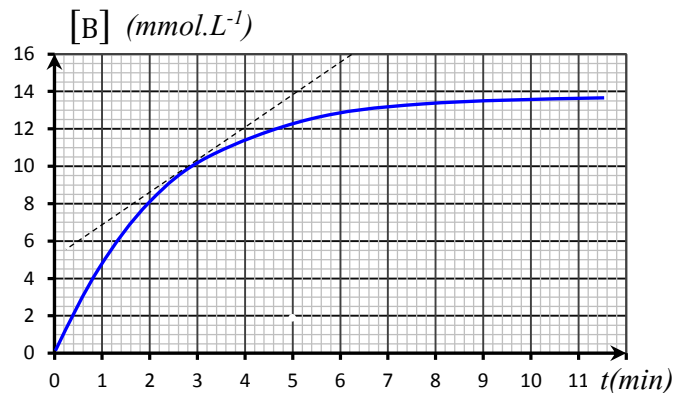


Cas d'un produit :

	Produit B
	bB
t=0	0
t	b.x

On a $n(B)=b.x$ alors $[B] = \frac{n(B)}{V_S} = \frac{b.x}{V_S}$

d'où $x = \frac{[B].V_S}{b}$ et la vitesse : $V = \frac{1}{V_S} \frac{dx}{dt} = \frac{1}{b} \cdot \frac{d[B]}{dt} = \frac{1}{b} \cdot \frac{\Delta[B]}{\Delta t}$



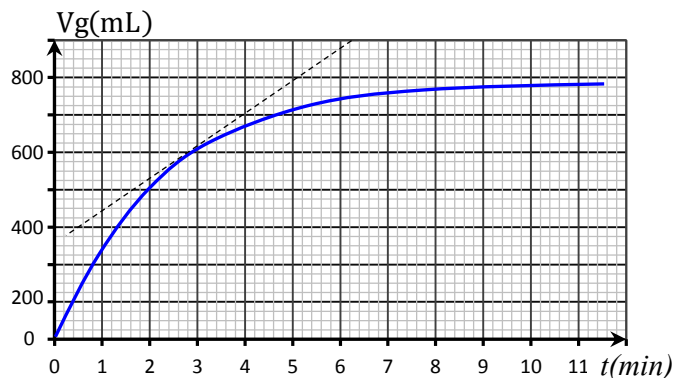
En fonction de volume du gaz formé :

$$n(G) = \frac{V(G)}{V_m}$$

si le produit B est un gaz alors $n(B)=b.x$

donc $b.x = \frac{V(G)}{V_m}$ d'où $x = \frac{1}{b} \cdot \frac{V(G)}{V_m}$

et la vitesse : $V = \frac{1}{V_S} \frac{dx}{dt} = \frac{1}{b.V_m.V_S} \cdot \frac{dV(G)}{dt} = \frac{1}{b.V_m.V_S} \cdot \frac{\Delta V(G)}{\Delta t}$



Cas des gaz parfait

$$p.V=n.R.T$$

si le produit B est un gaz alors $n(B)=b.x$

❖ En fonction du volume v :

$$v = \frac{n.R.T}{p} = \frac{b.x.R.T}{p}$$

d'où $x = \frac{p.v}{b.R.T}$

et la vitesse : $V = \frac{1}{V_S} \frac{dx}{dt} = \frac{p}{b.R.T.V_S} \cdot \frac{dv}{dt} = \frac{p}{b.R.T.V_S} \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$

❖ En fonction de la pression p :

$$p = \frac{n.R.T}{v} = \frac{b.x.R.T}{v}$$

d'où $x = \frac{p.v}{b.R.T}$

et la vitesse : $V = \frac{1}{V_S} \frac{dx}{dt} = \frac{p}{b.R.T.V_S} \cdot \frac{dp}{dt} = \frac{p}{b.R.T.V_S} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta t}$

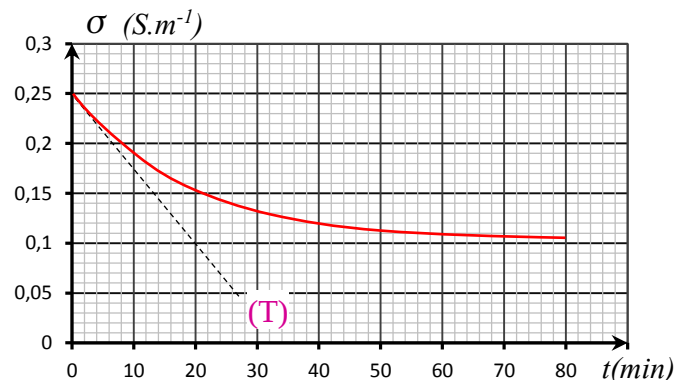
En fonction pH ou la conductibilité σ ou la conductance G :

$$[H_3O^+] = 10^{-pH}$$

$$\sigma = \sum \lambda_{ion} [ion]$$

$$G = k.\sigma$$

et la vitesse : $V = \frac{d}{dt} \left(\frac{x}{V_S} \right)$



4. Temps de demi réaction $t_{1/2}$

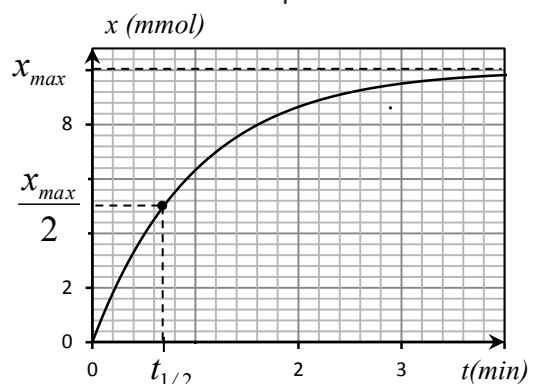
Le **temps de demi-réaction** (par rapport à un réactif donné A) est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale.

$$\text{Si } t=t_{1/2} \text{ alors } x = \frac{x_f}{2}$$

Si la transformation est totale alors $x_f=x_m$: l'avancement maximale

NB : Le **temps de demi-réaction** $t_{1/2}$:

- Peut évaluer la durée de l'expérience
- N'est déterminé graphiquement que sur l'axe des temps



1. Autoprotolyse de l'eau :

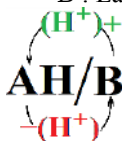


2. Définition de Bronsted :

- Un **acide de Bronsted** est une espèce qui, au cours d'une réaction chimique, **donne** un proton
- Une **base de Bronsted** est une espèce qui, au cours d'une réaction chimique, **accepte** un proton

3. Couples acide base :

AH/B : couple acide base avec AH : L'acide conjugué de la base B
B : La base conjuguée de l'acide AH



Exemples de couple acide base

$\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$	$\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{O}/\text{OH}^-$	HCN/CN^-	$\text{HCOOH}/\text{HCOO}^-$	$\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$
-----------------------------	---	----------------------------------	--------------------------	------------------------------	--

Expression du pH

$$\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+]) \text{ et } [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

Produit ionique de l'eau

$$K_e = [\text{H}_3\text{O}^+].[\text{OH}^-]$$

K_e : dépend uniquement de la température

On définit aussi $\text{p}K_e$: $\text{p}K_e = -\log(K_e)$ et $K_e = 10^{-\text{p}K_e}$

Constante d'acidité K_A :

$$K_A = \frac{[\text{B}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{AH}]}$$

$K_A = K_A(\text{AH/B})$: constante d'acidité spécifique au couple AH/B

- Dépend uniquement de la température
 - Augmente avec la force de l'acide
 - On définit aussi $\text{p}K_A = -\log K_A$ et $K_A = 10^{-\text{p}K_A}$
- K_A est d'autant plus élevée que $\text{p}K_A$ est faible

Taux d'avancement final τ

$$\tau = \frac{x_f}{x_m} \text{ avec } \begin{cases} 0 \leq \tau \leq 1 \\ \tau \text{ s'exprime souvent en pourcentage} \end{cases}$$

4. Etude qualitative d'une solution d'acide AH avec l'eau :

- Couples acide base intervenant dans la transformation** : AH/B et $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$
- Equation de la réaction** : $\text{AH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{B} + \text{H}_3\text{O}^+$
- Tableau d'avancement** :

Equation de la réaction		AH + H ₂ O		$\rightleftharpoons$	B + H ₃ O ⁺	
Etat du système		Quantité de matière en mol				
Etat initial	0	C.V	En Excès		0	0
Etat intermédiaire	x	C.V -x			x	x
Etat final	x _f	C.V – x _f			x _f	x _f

- Lecture du Tableau d'avancement** :

$$x_m = \text{C.V} : \text{Avancement maximal}$$

$$[\text{AH}] = \frac{\text{C.V} - x_f}{V} = \text{C} - [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{B}] = [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{x_f}{V}$$

$$x_f = [\text{H}_3\text{O}^+].V : \text{Avancement final}$$

- **Expression de τ : taux d'avancement final :**

$$\tau = \frac{x_f}{x_m} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+].V}{C.V} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C}$$

Une réaction est limitée (non totale) si :

- $\tau < 1$
- $x_f < x_m$
- $[\text{H}_3\text{O}^+] < C$

- **Force de l'acide**

L'acide A_1H est plus fort que l'acide A_2H si pour des concentrations identiques son taux d'avancement est plus élevé que celui de l'acide A_2H ($\tau_1 > \tau_2$)

- **Expression de K_A la constante d'acidité du couple AH/B**

$$K_A = \frac{[\text{B}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{AH}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{C - [\text{H}_3\text{O}^+]}$$

NB : Force de l'acide

Un acide est d'autant plus fort que son K_A est élevé et son $\text{p}K_A$ est faible

- **Autres expressions de K_A :**

$$K_A = \frac{[\text{B}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{AH}]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{C - [\text{H}_3\text{O}^+]}$$

On peut remplacer C ou $[\text{H}_3\text{O}^+]$ et obtenir autres expressions de K_A :

$$1. \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = C \cdot \tau \quad ; \quad K_A = \frac{(C \cdot \tau)^2}{C - C \cdot \tau} = C \cdot \frac{\tau^2}{1 - \tau}$$

$$2. \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \quad ; \quad K_A = \frac{(10^{-\text{pH}})^2}{C - 10^{-\text{pH}}} = \frac{10^{-2 \cdot \text{pH}}}{C - 10^{-\text{pH}}}$$

$$3. \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{x_f}{V} \quad ; \quad K_A = \frac{\left(\frac{x_f}{V}\right)^2}{C - \frac{x_f}{V}} = \frac{(x_f)^2}{V^2(C - \frac{x_f}{V})} = \frac{(x_f)^2}{V(C \cdot V - x_f)}$$

$$4. \quad C = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{\tau} \quad ; \quad K_A = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{\tau} - [\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{\frac{1}{\tau} - 1} = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot \frac{\tau}{1 - \tau}$$

5. Etude qualitative d'une solution basique B avec l'eau :

- **Couples acide basse intervenant dans la transformation :** AH/B et $\text{H}_2\text{O/OH}^-$
- **Equation de la réaction :** $\text{B} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{AH} + \text{OH}^-$
- **Tableau d'avancement :**

Equation de la réaction		$\text{B} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{AH} + \text{OH}^-$	
Etat du système		Quantité de matière en mol	
Etat initial	0	$C \cdot V$	0
Etat intermédiaire	x	$C \cdot V - x$	x
Etat final	x_f	$C \cdot V - x_f$	x_f

- **Lecture du Tableau d'avancement :**

$$x_m = C \cdot V : \text{Avancement maximal}$$

$$[\text{B}] = \frac{C \cdot V - x_f}{V} = C - [\text{OH}^-]$$

$$[\text{AH}] = [\text{OH}^-] = \frac{x_f}{V}$$

$$x_f = [\text{H}_3\text{O}^+].V : \text{Avancement final}$$

- **Expression de τ : taux d'avancement final :**

$$\tau = \frac{x_f}{x_m} = \frac{[\text{OH}^-].V}{C.V} = \frac{[\text{OH}^-]}{C}$$

Une réaction est limitée (non totale) si :

- $\tau < 1$
- $x_f < x_m$
- $[\text{OH}^-] < C$ ou $[\text{H}_3\text{O}^+] < K_e \cdot C$ ou $\text{pH} > \text{p}K_e - \log C$

- **Force de la base**

La base B_1 est plus forte que la base B_2 si pour des concentrations identiques son taux d'avancement est plus élevé que celui de la base B_2 ($\tau_1 > \tau_2$)

- **Expression de K_A la constante d'acidité du couple AH/B**

$$K_A = \frac{[B][H_3O^+]}{[AH]} = \frac{(C - [OH^-]) \cdot [H_3O^+]}{[OH^-]}$$

NB : Force de la base

Une base est d'autant plus forte que son pK_A est élevé et son K_A est faible

- **Autres expressions de K_A :**

$$K_A = \frac{[B][H_3O^+]}{[AH]} = \frac{(C - [OH^-]) \cdot [H_3O^+]}{[OH^-]}$$

Sachant que $K_e = [H_3O^+][OH^-]$ on remplace alors :

- $[H_3O^+] = \frac{K_e}{[OH^-]}$ on obtient $K_A = \frac{(C - [OH^-]) \cdot [H_3O^+]}{[OH^-]} = \frac{(C - [OH^-]) \cdot K_e}{[OH^-]^2}$ (1)

- $[OH^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]}$ on obtient $K_A = \frac{(C - [OH^-]) \cdot [H_3O^+]}{[OH^-]} = \frac{(C - \frac{K_e}{[H_3O^+]}) \cdot [H_3O^+]}{\frac{K_e}{[H_3O^+]}} = \frac{(C - \frac{K_e}{[H_3O^+]}) \cdot [H_3O^+]^2}{K_e}$ (2)

On peut remplacer C ou $[OH^-]$ ou $[H_3O^+]$ et obtenir autres expressions de K_A :

1. $[OH^-] = C \cdot \tau$ dans (1) ; $K_A = \frac{C - C \cdot \tau}{(C \cdot \tau)^2} \cdot K_e = \frac{K_e}{C} \cdot \frac{1 - \tau}{\tau^2}$

2. $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ dans (2) ; $K_A = \frac{(C - \frac{K_e}{10^{-pH}}) \cdot (10^{-pH})^2}{K_e} = \frac{C - K_e \cdot 10^{-pH}}{K_e \cdot 10^{2pH}}$

3. $[OH^-] = \frac{x_f}{V}$ dans (1) ; $K_A = \frac{C - \frac{x_f}{V}}{(\frac{x_f}{V})^2} \cdot K_e = \frac{V^2(C - \frac{x_f}{V})}{(x_f)^2} \cdot K_e = K_e \cdot V \cdot \frac{C \cdot V - x_f}{(x_f)^2}$

4. $C = \frac{[OH^-]}{\tau}$ dans (1) ; $K_A = \frac{\frac{[OH^-]}{\tau} - [OH^-]}{[OH^-]^2} \cdot K_e = \frac{\frac{1}{\tau} - 1}{[OH^-]} \cdot K_e = \frac{1 - \tau}{\tau} \cdot \frac{K_e}{[OH^-]} = \frac{1 - \tau}{\tau} \cdot [H_3O^+]$

6. Réaction Acidobasique :

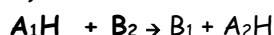
Réaction dans laquelle l'acide d'un couple réagit avec la base d'un autre couple, et au cours de laquelle il y a échange de protons :



L'acide A_1H cède un proton : $A_1H \rightarrow B_1 + H^+$

La base B_2 capte ce proton : $B_2 + H^+ \rightarrow A_2H$

Et l'équation acide basique (ou équation bilan) :



7. La constante d'acidité et la dominance de l'acide AH ou de la base B

On a : $K_A = \frac{[B][H_3O^+]}{[AH]}$ on en déduit : $\frac{[B]}{[AH]} = \frac{K_A}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-pK_A}}{10^{-pH}} = 10^{pH-pK_A}$

ou $pH = pK_A + \frac{[B]}{[AH]}$

Comparer pH et pK_A :

$$\frac{[B]}{[AH]} = 10^{pH-pK_A}$$

- $pH > pK_A$: $\frac{[B]}{[AH]} > 1$ et $[B] > [AH]$ donc la base B est la prédominante
- $pH < pK_A$: $\frac{[B]}{[AH]} < 1$ et $[B] < [AH]$ donc l'acide AH est le prédominant
- $pH = pK_A$: $\frac{[B]}{[AH]} = 1$ et $[B] = [AH]$ donc aucun prédominant ni l'acide ni la base

Diagramme de prédominance :

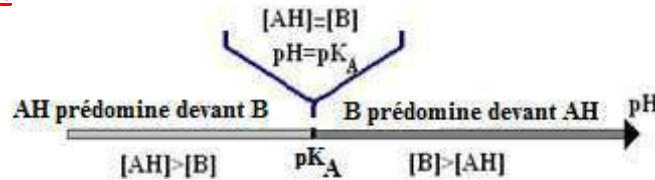
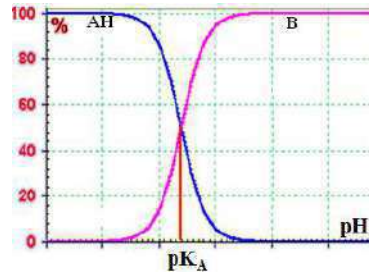


Diagramme de distribution (répartition) :

Le diagramme représente le pourcentage de l'acide AH en solution et celui de sa base conjuguée



Le pourcentage de l'acide AH :

$$\%AH = \frac{[AH]}{[AH] + [B]} = \frac{1}{1 + \frac{[B]}{[AH]}} = \frac{1}{1 + 10^{pH - pK_A}}$$

Le pourcentage de la base B :

$$\%B = \frac{[B]}{[AH] + [B]} = \frac{1}{\frac{[AH]}{[B]} + 1} = \frac{1}{10^{pK_A - pH} + 1}$$

NB :

Graphiquement on peut déterminer le pourcentage de l'acide et celui de la base et le pH correspondant ainsi que pKa

8. La constante d'équilibre relative à une réaction acidobasique :

Pour le couple : A_1H/B_1	$K_{A_1}(A_1H/B_1) = \frac{[B_1][H_3O^+]}{[AH_1]}$
-----------------------------	--

Pour le couple : A_2H/B_2	$K_{A_2}(A_2H/B_2) = \frac{[B_2][H_3O^+]}{[AH_2]}$
-----------------------------	--

- La réaction entre l'acide AH et l'eau : $AH + H_2O \rightleftharpoons B + H_3O^+$

$$K = K_A(AH/B) = \frac{[B][H_3O^+]}{[AH]}$$

- La réaction entre la base B et l'eau : $B + H_2O \rightleftharpoons AH + OH^-$

$$K = \frac{[AH][OH^-]}{[B]} = \frac{[AH][OH^-] \cdot [H_3O^+]}{[B] \cdot [H_3O^+]} = \frac{K_e}{K_A}$$

Avec $K_e = [H_3O^+][OH^-]$

- La réaction entre l'acide A_1H du couple A_1H/B_1 et la base B_2 du couple A_2H/B_2 :



$$K = \frac{[B_1] \cdot [AH_2]}{[AH_1] \cdot [B_2]} = \frac{[B_1] \cdot [AH_2] \cdot [H_3O^+]}{[AH_1] \cdot [B_2] \cdot [H_3O^+]} = \frac{K_{A1}}{K_{A2}} = 10^{pK_{A2} - pK_{A1}}$$

K : la constante d'équilibre relative au sens direct

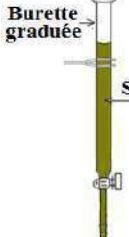
NB :

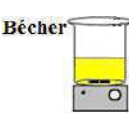
Le taux d'avancement final d'une réaction à température donnée dépend de la constante d'équilibre (plus cette constante est grande, plus le taux d'avancement est grand), mais dépend aussi des conditions initiales.

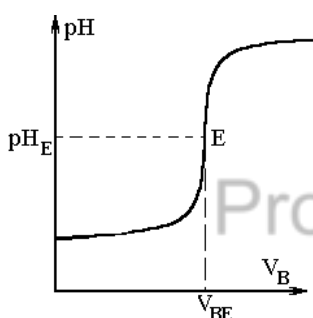
DOSAGE (TITRAGE) ACIDOBASIQUE

- Le but du dosage : Doser (ou titrer) une solution acide, c'est déterminer sa concentration molaire dans la solution considérée au moyen d'une solution basique de concentration connue et réciproquement.
- Doser la solution du bécher (solution titrée) par la solution de la burette graduée (solution titrante).
- Condition du dosage : la transformation doit être totale, rapide et sélective

1. Dosage d'une solution d'acide chlorhydrique par une solution basique d'hydroxyde de sodium

	<u>Dans la burette :</u> Solution d'hydroxyde de sodium NaOH (Na⁺+OH⁻)	<u>Equation de dissolution :</u> NaOH $\longrightarrow$ Na⁺ + OH⁻ L'ion Na⁺ est inactif H₂O/OH⁻
---	--	---

	<u>Dans le bécher :</u> Solution d'acide chlorhydrique HCl (Solution de chlorure d'hydrogène) (H₃O⁺+Cl⁻)	<u>Equation de dissolution :</u> HCl + H₂O $\longrightarrow$ H₃O⁺ + Cl⁻ L'ion Cl⁻ est inactif H₃O⁺/H₂O
---	---	---



Equation du dosage : H₃O⁺ + OH⁻ $\longrightarrow$ 2 H₂O

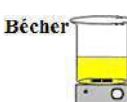
Espèces majoritaires à l'équivalence : H₂O

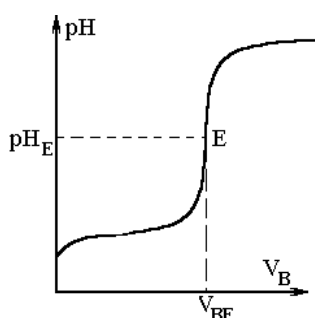
Milieu à l'équivalence : Milieu neutre : pH_E = 7

Relation à l'équivalence : C_AV_A = C_BV_{BE}

2. Dosage d'une solution acide (AH) par une solution basique d'hydroxyde de sodium :

	<u>Dans la burette :</u> Solution d'hydroxyde de sodium NaOH (Na⁺+OH⁻)	<u>Equation de dissolution :</u> NaOH $\longrightarrow$ Na⁺ + OH⁻ L'ion Na⁺ est inactif H₂O/OH⁻
---	--	---

	<u>Dans le bécher :</u> Solution d'acide AH <u>AH/B</u>	<u>Equation de dissolution :</u> <u>AH</u> + H₂O $\rightleftharpoons$ H₃O⁺ + B
---	---	--



Equation du dosage :

$$\text{AH} + \text{OH}^- \xrightarrow{\text{AH/B}} \text{B} + \text{H}_2\text{O}$$

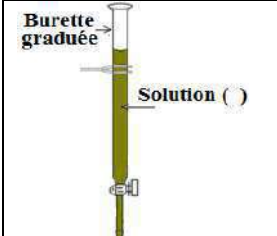
$$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^- \xrightarrow{\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-} \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$$

Espèces majoritaires à l'équivalence : B et H₂O

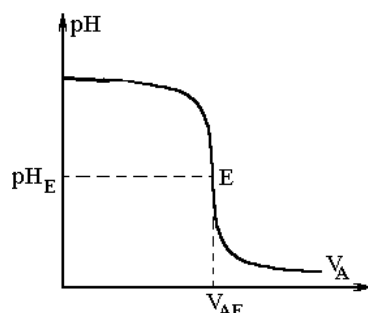
Milieu à l'équivalence : Milieu basique : pH_E > 7

Relation à l'équivalence : C_AV_A = C_BV_{BE}

3. Dosage d'une solution basique d'hydroxyde de sodium par une solution d'acide chlorhydrique

	Dans la burette : Solution d'acide chlorhydrique HCl (Solution de chlorure d'hydrogène) ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$)	Equation de dissolution : $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ L'ion Cl^- est inactif $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$
---	---	--

	Dans le bécher : Solution d'hydroxyde de sodium NaOH ($\text{Na}^+ + \text{OH}^-$)	Equation de dissolution : $\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ L'ion Na^+ est inactif $\text{H}_2\text{O}/\text{OH}^-$
---	---	--



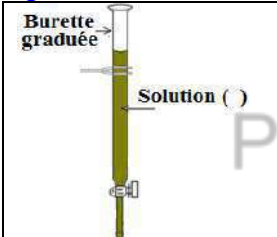
Equation du dosage : $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \longrightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

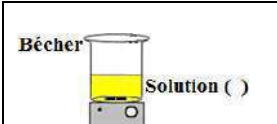
Espèces majoritaires à l'équivalence : H_2O

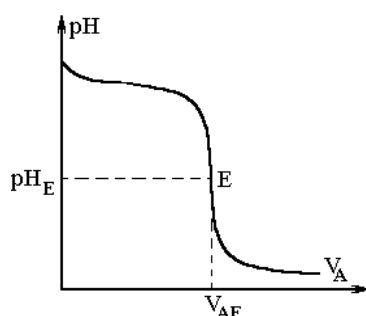
Milieu à l'équivalence : Milieu neutre : $\text{pH}_E = 7$

Relation à l'équivalence : $C_A V_{AE} = C_B V_B$

4. Dosage d'une solution basique (B) par une solution d'acide chlorhydrique

	Dans la burette : Solution d'acide chlorhydrique HCl (Solution de chlorure d'hydrogène) ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$)	Equation de dissolution : $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ L'ion Cl^- est inactif $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$
--	---	--

	Dans le bécher : Solution d'une base B AH/B	Equation de dissolution : $\text{B} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{OH}^- + \text{AH}$
---	--	---



Equation du dosage :

$$\text{B} + \text{H}_3\text{O}^+ \longrightarrow \text{AH} + \text{H}_2\text{O}$$

$\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$

$$\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+ \longrightarrow \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$$

Espèces majoritaires à l'équivalence : AH et H_2O

Milieu à l'équivalence : Milieu acide : $\text{pH}_E < 7$

Relation à l'équivalence : $C_A V_{AE} = C_B V_B$

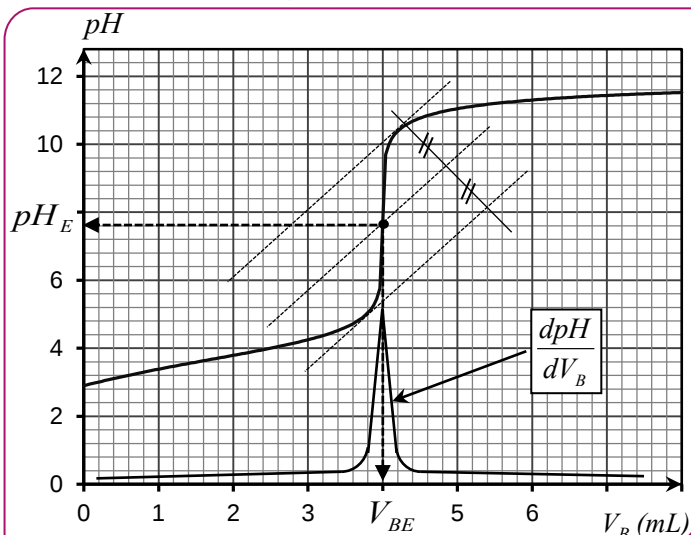
NB :

Les ions Na^+ et Cl^- sont ions inactifs, ne réagissent pas mais subit une dilution et leurs concentrations en solution diminuent :

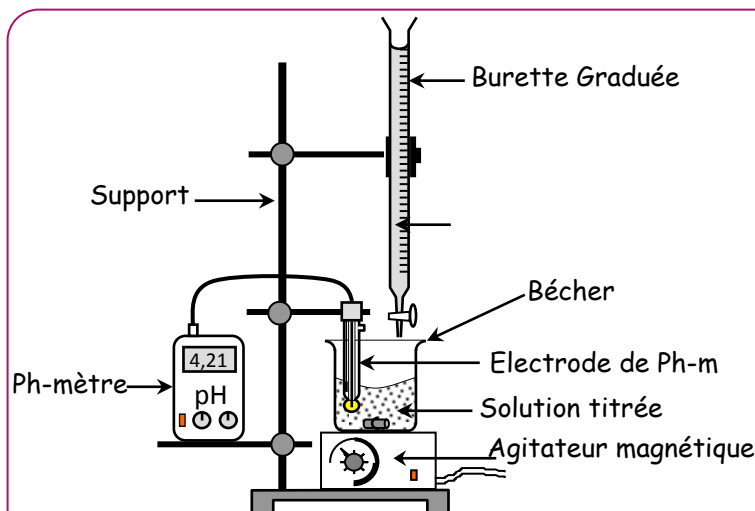
$$[\text{Na}^+] = \frac{C_B \cdot V_B}{V_A + V_B} \quad \text{et} \quad [\text{Cl}^-] = \frac{C_A \cdot V_A}{V_A + V_B}$$

Etude du graphe $pH=f(V_B)$:

Etude du graphe $pH=f(V_B)$:



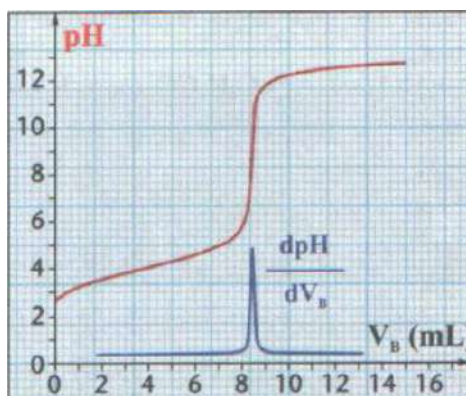
Protocole expérimental :



Graphiquement on peut déduire :

- pH_A de la solution du bécher ($V_B=0$: aucun ajout de la solution basique) :
 - La nature de la solution initiale du bécher (pH_A)
 - La dissolution de la solution du bécher est limitée ou totale.
 - Le type de dosage (le cas est dosage d'un acide par une base vu la courbe $pH=f(V_B)$ est croissante)
- A tout instant le pH et le volume V_B correspondant et aussi la composition du mélange :
 - Déterminer la concentration des ions hydronium $[H_3O^+]=10^{-pH}$ et en déduire la concentration des ions hydroxyde $[OH^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]}$, ($K_e=[H_3O^+].[OH^-]$)
 - Déterminer les concentrations des ions $[Na^+] = \frac{C_B \cdot V_B}{V_A + V_B}$ et $[Cl^-] = \frac{C_A \cdot V_A}{V_A + V_B}$
- Les coordonnées du point d'équivalence $E(V_{BE}, pH_E)$:
 - V_{BE} et exploiter la relation de l'équivalence : $C_A V_A = C_B V_{BE}$
 - pH_E : déterminer la nature du mélange à l'équivalence (basique ou acide ou neutre)
 - L'indicateur coloré adéquat (pH_E encadré par la zone de virage de l'indicateur coloré)

Comment déterminer les coordonnées du point d'équivalence sur la courbe d'un dosage par suivi pH-métrique ?



- **Méthode des tangentes parallèles :**
 - Consiste à tracer deux tangentes T_1 et T_3 parallèles de part et d'autre du saut de pH, puis de tracer une troisième droite T_2 équidistante et parallèle aux deux premières : $d(T_1, T_2) = d(T_2, T_3)$
 - Le **point d'équivalence E** est le point d'intersection de la droite (T_2) avec la courbe $pH = f(V_B)$.
- Une seconde méthode de détermination des coordonnées du point d'équivalence à partir de la courbe $\frac{dpH}{dV_B} = f(V_B)$ la dérivée première du pH en fonction de V_B , le **volume à l'équivalence** est le volume pour lequel la dérivée est maximale (remarquable par un pic sur la courbe).
- **Les indicateurs colorés :**
Un indicateur coloré est un composé qui existe en solution aqueuse sous la forme d'un couple acide base (HIn/In^-) dont la forme acide HIn , a une couleur (teinte) différente de celle de la forme basique (In^-).

La zone intermédiaire entre les teintes acide et basique d'un indicateur coloré est nommée **zone de virage**.

Le taux d'avancement finale de la reaction de dosage (PC+SM)

Dosage d'une solution basique B par la solution d'acide chlorhydrique HCl

Equation de la réaction		B	+ H ₃ O ⁺	→	AH	+ H ₂ O
Etat du système		Quantité de matière en mol				
Etat initial	0	C _B .V _B	C _A .V _A		0	0
Etat intermédiaire	x	C _B .V _B -x	C _A .V _A -x		x	x
Etat final	x _f	C _B .V _B -x _f	C _A .V _A -x _f		x _f	x _f

Déterminer x_f :

Du tableau d'avancement on a $n(\text{H}_3\text{O}^+) = C_A.V_A - x_f$ d'où $[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{n(\text{H}_3\text{O}^+)}{V_A + V_B} = \frac{C_A.V_A - x_f}{V_A + V_B}$
 et $C_A.V_A - x_f = (V_A + V_B).[H_3O^+]$ donc $x_f = C_A.V_A - (V_A + V_B).[H_3O^+]$ et $x_f = C_A.V_A - (V_A + V_B).10^{-pH}$

Déterminer x_m :

On détermine le réactif limitant et en déduire x_m en comparant :

1. $C_A.V_A$ et $C_B.V_B$
La plus faible définit x_m
2. Le volume V_A versé et le volume V_{AE} versé à l'équivalence

$$B + H_3O^+ \longrightarrow AH + H_2O$$
 - V_A < V_{AE} : avant l'équivalence et H₃O⁺ est le limitant donc x_{max} = C_A.V_A
 - V_A > V_{AE} : après l'équivalence et B est le limitant donc x_{max} = C_B.V_B
 - V_A = V_{AE} : à l'équivalence B et H₃O⁺ sont tous deux limitant donc x_{max} = C_A.V_{AE} = C_B.V_B

Déduire τ : dans le cas ou V_A < V_{AE}

On a x_f = C_A.V_A - (V_A + V_B).10^{-pH} et x_{max} = C_A.V_A donc :

$$\tau = \frac{x_f}{x_m} = \frac{C_A.V_A - (V_A + V_B).10^{-pH}}{C_A.V_A} = 1 - \frac{(V_A + V_B).10^{-pH}}{C_A.V_A}$$

Dosage d'une solution acide AH par une solution d'hydroxyde NaOH :

Equation de la réaction		AH	+ OH ⁻	→	B	+ H ₂ O
Etat du système		Quantité de matière en mol				
Etat initial	0	C _A .V _A	C _B .V _B		0	0
Etat intermédiaire	x	C _A .V _A -x	C _B .V _B -x		x	x
Etat final	x _f	C _A .V _A -x _f	C _B .V _B -x _f		x _f	x _f

Déterminer x_f :

Du tableau d'avancement on a $n(\text{OH}^-) = C_B.V_B - x_f$ d'où $[\text{OH}^-] = \frac{n(\text{OH}^-)}{V_A + V_B} = \frac{C_B.V_B - x_f}{V_A + V_B}$ et $C_B.V_B - x_f = (V_A + V_B).[OH^-]$
 $x_f = C_B.V_B - (V_A + V_B).[OH^-]$ et $x_f = C_B.V_B - (V_A + V_B).10^{pH-pK_e}$
 or $K_e = [H_3O^+].[OH^-]$ alors

$$x_f = C_B.V_B - (V_A + V_B). \frac{K_e}{[H_3O^+]} = C_B.V_B - (V_A + V_B). \frac{K_e}{10^{-pH}} = C_B.V_B - (V_A + V_B). \frac{10^{-pK_e}}{10^{-pH}} = C_B.V_B - (V_A + V_B). 10^{pH-pK_e}$$

Déterminer x_m :

On détermine le réactif limitant et en déduire x_m en comparant :

1. $C_A.V_A$ et $C_B.V_B$
La plus faible définit x_m
2. Le volume V_B versé et le volume V_{BE} versé à l'équivalence

$$AH + OH^- \longrightarrow B + H_2O$$
 - V_B < V_{BE} : avant l'équivalence et OH⁻ est le limitant donc x_{max} = C_B.V_B
 - V_B > V_{BE} : après l'équivalence et AH est le limitant donc x_{max} = C_A.V_A
 - V_B = V_{BE} : à l'équivalence AH et OH⁻ sont tous deux limitant donc x_{max} = C_A.V_A = C_B.V_{BE}

Déduire τ : dans le cas ou V_B < V_{BE}

On a x_f = C_B.V_B - (V_A + V_B).10^{pH-pK_e} et x_{max} = C_B.V_B donc :

$$\tau = \frac{x_f}{x_m} = \frac{C_B.V_B - (V_A + V_B).10^{pH-pK_e}}{C_B.V_B} = 1 - \frac{(V_A + V_B).10^{pH-pK_e}}{C_B.V_B}$$

INDICATEURS COLORES

Définition :

Un indicateur coloré acido basique est un composé qui existe en solution aqueuse sous la forme d'un couple acide base noté HIn/In^- dont la forme acide HIn , a une couleur (teinte) différente de celle de la forme basique (In^-).

Ionisation de l'indicateur coloré :



HIn : forme acide de l'indicateur coloré

In^- : la forme basique de l'indicateur coloré

$K_A = K_A(\text{HIn}/\text{In}^-) = \frac{[\text{In}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HIn}]}$: la constante d'acidité de l'indicateur coloré

et on peut en déduire $\text{pH} = \text{p}K_A + \log \frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]}$

On en distingue trois cas :

$[\text{HIn}] \gg [\text{In}^-]$
La forme acide HIn est dominante
 $\frac{[\text{HIn}]}{[\text{In}^-]} \geq 10$
 $\text{pH} = \text{p}K_A + \log \frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} < \text{p}K_A - 1$

$[\text{HIn}] = [\text{In}^-]$
Aucune forme n'est dominante
 $\frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} = 10$
La teinte obtenue est la teinte sensible
 $\text{pH} = \text{p}K_A$ et $[\text{H}_3\text{O}^+] = K_A$

$[\text{HIn}] \ll [\text{In}^-]$
La forme basique In^- est dominante
 $\frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} \geq 10$
 $\text{pH} = \text{p}K_A + \log \frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}]} > \text{p}K_A + 1$

De quoi dépend la teinte d'un indicateur :

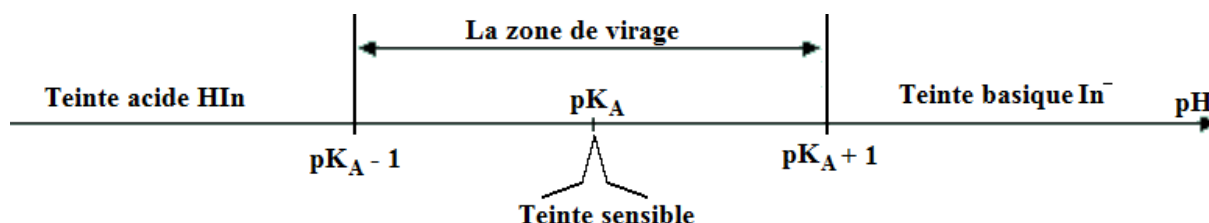
La teinte d'un indicateur dépend des proportions de la forme acide HIn et de la forme basique In^-

Comment peut-on modifier sa teinte :

On peut modifier sa teinte en faisant varier le pH de la solution dans laquelle il est dissous (variation des % de HIn et In^-)

Zone de virage d'un indicateur :

La zone de virage est le domaine de valeur de pH pour lequel ni HIn ni In^- ne domine nettement



NB :

La zone de virage d'un indicateur coloré :

- N'est pas centré sur la valeur de $\text{p}K_A$
- Sa largeur n'est pas égale à deux unités de pH
- Exemples d'indicateurs colorés :

Indicateur	$\text{p}K_A$	Zone de virage	Couleur (acide, base)
Hélianthine	3.40	(3.9 - 4.5)	(Rouge, Jaune Orangé)
Bleu de bromothymol (B.B.T)	4.10	(3.0 - 4.6)	(Jaune, Bleu violet)
Rouge de phénol	6.25	(6.4 - 8.0)	(Jaune, Rouge)
Phénolphthaléine	9.20	(8.0 - 9.6)	(Incolore, Violet)

1. Rappel sur le quotient d'une réaction

Le quotient de réaction Q_r pour une réaction chimique d'équation : $aA(aq) + bB(aq) \rightleftharpoons cC(aq) + dD(aq)$

s'écrit dans un état donné du système : $Q_r = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$ L'expression de Q_r ne fait intervenir que les concentrations des espèces

chimiques dissoutes, exprimées en mol/l et Q_r est sans unité .

N.B

A une température donnée, le quotient de réaction à l'équilibre $Q_{r,eq}$ est une constante quel que soit l'état initial considéré : $K = Q_{r,eq}$

- La constante d'équilibre dépend uniquement de la température.
- Le taux d'avancement final d'une réaction à température donnée dépend de la constante d'équilibre (plus cette constante est grande, plus le taux d'avancement est grand), mais dépend aussi des conditions initiales.

2. Le critère d'évolution d'un système:

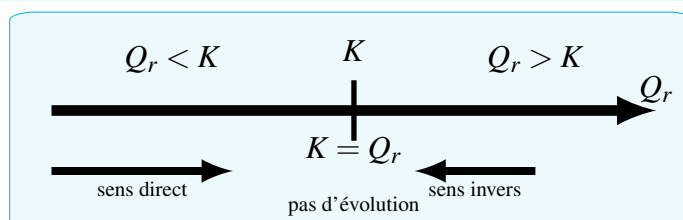
Un système chimique va évoluer de façon que Q_r tend vers la valeur de la constante d'équilibre K

On en distingue trois cas

$K = Q_r$ Le système est en équilibre et n'évolue dans aucun sens : la composition du système ne varie plus.

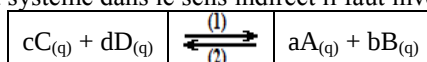
$K > Q_r$ L'évolution spontanée se produit dans le **sens direct (1)** (sens de consommation des réactifs) $K \rightarrow Q_r$

$K < Q_r$ L'évolution spontanée se produit dans le **sens indirect (2)** (sens de consommation des Produits) $K \leftarrow Q_r$



N.B

Dans la cas ou $K < Q_r$ et évolution du système dans le sens indirect il faut inverser l'écriture de l'équation



Lorsque l'on modifie la quantité de matière de l'une des espèces chimiques présente dans un système chimique à l'équilibre, l'évolution s'oppose à cette modification :

- Si une espèce chimique est apportée, l'évolution se fait dans le sens de sa consommation.
- Si une espèce chimique est éliminée, l'évolution se fait dans le sens de sa production.

3. Application

On introduit dans un bécher :

- * $V_1 = 10,0ml$ d'une solution d'acide acétique de concentration $C = 0,010mol/l$
- * $V_2 = 10,0ml$ d'une solution d'acétate de sodium fraîchement préparée de même concentration C ;
- * $V_3 = 20,0ml$ d'une solution d'ammoniac NH_3 de concentration $C' = 0,025mol/l$;
- * $V_4 = 10,0ml$ d'une solution de chlorure d'ammonium $NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$ de même concentration C' .

1. Écrire l'équation de la réaction qui peut se produire en considérant l'acide acétique comme un réactif .
2. On donne la constante d'acidité des deux couples $K_a(CH_3COOH/CH_3COO^-) = 10^{-4,8}$ et $K_a(NH_4^+/NH_3) = 10^{-9,2}$. Déterminer la constante d'équilibre K associée à cette réaction .
3. Déterminer la valeur de la quotient de réaction dans l'état initial $Q_{r,i}$ du système .
4. Dans quel sens le système va-t-il évolué ?

1. Réaction spontanée : toute réaction chimique qui peut se dérouler sans apport d'énergie du milieu extérieur est appelée réaction spontanée.

2. Une pile électrochimique :

Une pile électrochimique est un générateur qui transforme de l'énergie chimique en énergie électrique.

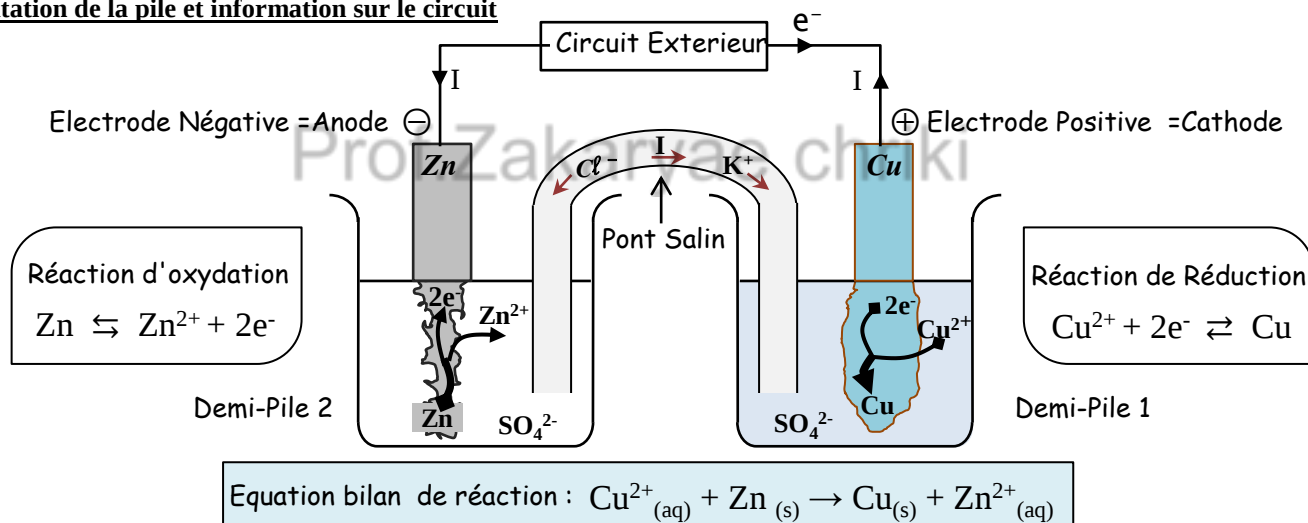
Une pile est constituée par deux demi-piles reliées par un **pont salin**.

- Une demi-pile est l'ensemble constitué d'un métal plongeant dans une solution contenant son cation conjugué. Les deux métaux sont appelés électrodes et constituent les pôles de la pile. Elles font donc référence chacune à **un couple oxydo-réducteur** $Mn^{+}(aq)/M(s)$.
- Un pont salin : il permet d'assurer la fermeture du circuit électrique, le déplacement de porteurs de charges et la neutralité de chaque électrolyte. Il n'intervient en rien dans l'équation de la réaction qui fournit l'énergie.

2. Exemple "pile Daniell ":

- La pile est constituée de deux compartiments dont l'un contient une solution de sulfate de zinc ($Zn^{2+}+SO_4^{2-}$) dans laquelle est immergée une plaque de zinc métallique (Anode). L'autre compartiment de la pile contient une solution de sulfate de cuivre ($Cu^{2+}+SO_4^{2-}$) dans laquelle baigne une plaque métallique de cuivre (Cathode).
- Les deux solutions sont reliées par un **pont salin** (solution de **chlorure de potassium** KCl ou de **nitrate de potassium** KNO_3 qui sert à équilibrer les charges).
- La pile Daniell est constituée de deux demi piles constituée par les deux couples $Cu^{2+}(aq)/Cu(s)$ et $Zn^{2+}(aq)/Zn(s)$
- L'aiguille de l'ampèremètre (ou du voltmètre) dévie : le courant électrique passe alors de la plaque de cuivre Cu vers la plaque de zinc Zn

Représentation de la pile et information sur le circuit



- Le sens du courant électrique est de l'électrode Cuivre vers l'électrode zinc
- Les électrons circulent, dans le circuit électrique extérieur, de l'électrode zinc vers l'électrode Cuivre
- Les ions, dans les électrolytes, assurent le transport du courant
- La solution de sulfate de zinc s'enrichit en ions zinc Zn^{2+} , alors pour compenser cet excès de charge positive, des ions négatifs du pont salin passent dans cette solution.
- La solution de sulfate de cuivre II s'appauvrit en ions cuivre Cu^{2+} , pour compenser ce défaut de charge positive, des ions positifs du pont salin passent dans cette solution.

Cette double migration des ions du pont salin assure le passage du courant entre les deux demi-piles.

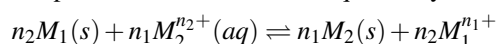
Transformation

- Des électrons sont cédés par l'électrode de Zinc : $Zn(s) \rightleftharpoons Zn^{2+}(aq) + 2e^{-}$
- Des électrons sont captés par la solution ionique d'ions cuivre II : $Cu^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightleftharpoons Cu(s)$
- L'équation bilan est alors : $Cu^{2+}(aq) + Zn(s) \rightleftharpoons Cu(s) + Zn^{2+}(aq)$

Représentation conventionnelle de la pile $(-) Zn/Zn^{2+} \parallel Cu^{2+}/Cu (+)$

NB :

Au cours de fonctionnement d'une pile, il se produit une réaction chimique d'oxydoréduction d'équation chimique :



On schématise une pile conventionnellement par : $\ominus M_1/M_1^{n_1+} // M_2^{n_2+}/M_2 \oplus$ On l'appelle **le schéma conventionnel**

3. Quantité d'électricité fournie :

Au cours d'une durée de fonctionnement d'une pile Δt , Le circuit extérieur du pile est traversé par un courant électrique continue I .

On appelle Q , la quantité d'électricité qui traverse le circuit pendant cette durée, est donnée par la relation suivante : $Q = N \times |e|$

Avec N est le nombre des électrons qui traverse le circuit pendant cette durée et e la charge élémentaire $|e| = 1,6 \times 10^{-19} C$

$1F = 1N_A \cdot e = 96500 C \cdot mol^{-1} = 9.65 \cdot 10^4 C \cdot mol^{-1}$; Quantité de matière d'une mole d'électron

$$n(e) = \frac{N}{N_A} = \frac{Q}{N_A \cdot e} = \frac{Q}{F} = \frac{I \Delta t}{F} : \text{la quantité de matière des électrons échangés}$$

avec :	$n(e)$: la quantité de matière d'électrons échangés en moles (mol) $Q = I \cdot \Delta t = N \cdot e = n(e) \cdot F$: la quantité d'électricité en Coulomb (C) I : l'intensité du courant en ampère (A) Δt : le temps de transfert des électrons en seconde (s) N : Le nombre d'électrons traversant une portion de circuit pendant Δt
--------	--

NB :

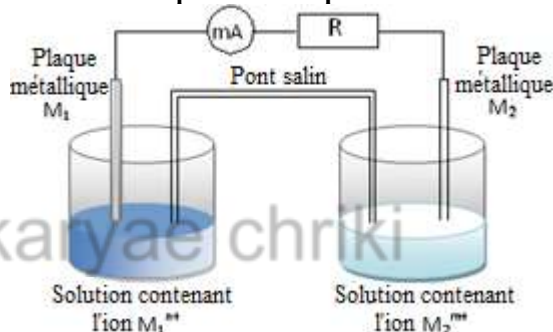
Lorsque la **pile** :

- **Débite**, le système chimique est **hors équilibre** $Q_r \neq K$,
- **Est usée** correspond à l'état d'équilibre $Q_r = K$, il ne se produit plus de réaction aux électrodes. L'intensité du courant est alors nulle.

Comment déterminer la polarité d'une pile

- **Anode** : est l'électrode qui est le siège de l'**oxydation** et constitue le **pôle négatif (-)** de la pile.
- **Cathode** : est l'électrode qui est le siège de la **réduction** et constitue le **pôle positif (+)** de la pile

Représentation d'une pile et le compléter



On a besoin d'une **information** pour :

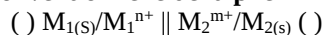
Information du circuit

- Sens du courant électrique
- Pole positif du pole négatif
- Sens de déplacement du courant
- Sens de déplacement des porteurs de charges
 - Les électrons dans le circuit extérieur
 - Les ions positifs et négatifs dans les solutions et le pont salin

Transformation chimique

- Le réactif ou produit : M_1^{n+}/M_1 et M_2^{m+}/M_2
- Ecrire les demis équations redox
- En déduire l'équation bilan

Représentation conventionnelle de la pile



INFORMATION

L'information peut être relative :

Au Circuit

- Sens du courant
- Sens des électrons
- Pole positif ou pole négatif (COM)
- Sens de déplacement des ions

A un Réactif

- Réagit
- Diminue
- S'oxyde
- Se réduit
- Disparition
- Dégradation

A un Produit

- Se produit ou Production
- Dépôt de
- Apparaît ou Apparition
- Augmentation
- Dégagement

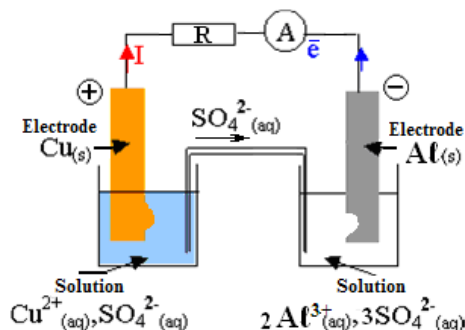
A la Prédiction de l'évolution

- Comparer K et Q_r
- $K > Q_r$: Evolution dans le sens direct
- $K < Q_r$: Evolution dans le sens indirect

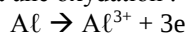
Exemple de pile

Soit la pile : $(-) \text{Al}/\text{Al}^{3+} \parallel \text{Cu}^{2+}/\text{Cu} (+)$

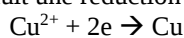
Représentation de la pile et équations :



À l'anode se produit une oxydation :



À la cathode se produit une réduction :



L'équation bilan :

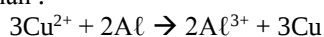


Tableau d'avancement :

$3\text{Cu}^{2+} + 2\text{Al} \rightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{Cu}$					6e^-	
t=0	n_1	n_2		n_3	n_4	0
t	$n_1-3.x$	$n_2-2.x$		$n_3+2.x$	$n_4+3.x$	$6.x$
t _f	$n_1-3.x_f$	$n_2-2.x_f$		$n_3+2.x_f$	$n_4+3.x_f$	$6.x_f$

$\Delta n(\text{Cu}^{2+}) = (n_1 - 3.x_f) - n_1$: La variation de la quantité de matière des ions Cuivre Cu^{2+}
 $= -3.x_f$: La quantité de matière des ions Cu^{2+} a diminué de $3.x$

De la même manière on peut déterminer Δn la variation de la quantité de matières des autres espèces chimiques

Δn : La variation de la quantité de matière

	3Cu^{2+}	2Al	$\rightarrow$	2Al^{3+}	3Cu	6e^-
Δn	$-3.x_f$	$-2.x_f$		$2.x_f$	$2.x_f$	$6.x_f$
	Quantité de matière a diminuer de :			Quantité de matière a augmenter de :		
	$3.x_f$ Pour les ions Cu^{2+} $\Delta C.V = 3.x_f$	$2.x_f$ Pour la plaque d'aluminium $\frac{\Delta m}{M} = 2.x_f$		$2.x_f$ Pour les ions Al^{3+} $\Delta C'.V' = 3.x_f$	$2.x_f$ Pour la plaque de cuivre $\frac{\Delta m'}{M'} = 3.x_f$	$n(e) = 6.x_f$ $n(e) = \frac{I.\Delta t}{F}$

Les alcanes sont des molécules organiques uniquement composées d'atomes de carbone et d'hydrogène tous liés ensemble uniquement par des liaisons simples et dont la formule brute est C_nH_{2n+2} avec n un nombre naturel

1. Les alcanes linéaires ou les n-alcanes :

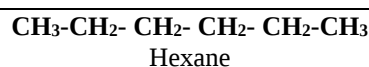
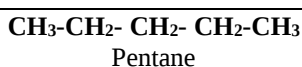
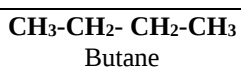
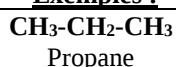
Définition :

Les chaînes carbonées sont linéaires si chaque atome de carbone n'est lié au maximum qu'à deux autres atomes de carbones au sein de la chaîne .

Nomenclature :

Le nom de l'alcane est formé du suffixe » ane » précédé d'un terme grecque qui correspond au nombre de carbone dans la chaîne

Exemples :



2. Les alcanes ramifiés :

Définition :

Les chaînes carbonées ramifiées sont des chaînes ou au moins l'un des atomes carbonés de la chaîne est lié au moins à trois autres atomes de carbones

Nomenclature :

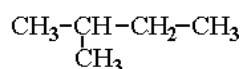
Pour nommer cette molécule il faut procéder de la façon suivante :

1. Ecrire la formule semi développée de la molécule (ou l'écriture topologique)
2. Identifier la chaîne principale (la chaîne carbonée la plus longue), on lui attribue le nom de l'alcane
3. Identifier les groupes alkyles (groupes ramifiés) liés à cette chaîne
4. Numéroté les atomes de carbone, à partir de l'extrémité qui permet d'obtenir **la somme**, des numéros associés aux groupes alkyles, **la plus petite possible**.
5. Le nom de la molécule est constitué du nom de l'alcane principale, précédé des noms des radicaux et chaque radical est précédé par son numéro

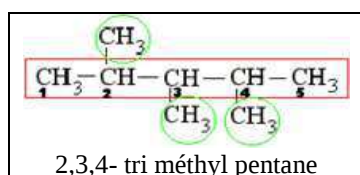
NB :

Si plusieurs groupes identiques figurent dans la molécule, on ajoute les préfixes "di" pour 2 et "tri" pour 3 et "tetra" pour 4

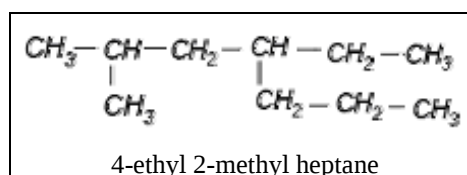
Exemples : i-Alkyle Alcane



2-méthyl butane



2,3,4- tri méthyl pentane



4-ethyl 2-méthyl heptane

Les dix premiers alcanes linéaires

Nombre de carbone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alcane (C_nH_{2n+2})	méthane	éthane	propane	butane	pentane	hexane	heptane	octane	nonane	décane
Radical (C_nH_{2n+1})	méthyl	éthyl	propyl	butyl						

3. Les alcanes cycliques :

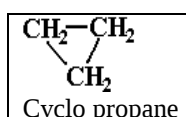
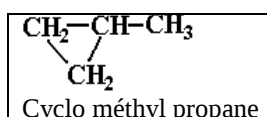
Définition :

Les chaînes carbonées cycliques qui ne comportent pas d'extrémités et qui forment une boucle

Nomenclature :

Les règles sont les même que pour les alcanes linéaires ou ramifiés mais l'on ajoute le préfixe cyclo devant le nom de la chaîne principale.

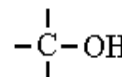
Exemples :



NOMENCLATURE DES COMPOSES ORGANIQUES

ALCOOL :

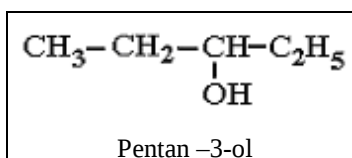
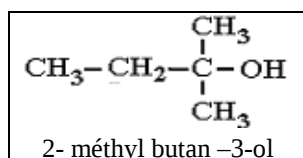
On appelle alcool un composé organique dans lequel le groupe hydroxyle **-OH** est lié à un atome de carbone saturé.



Nomenclature :

- On détermine le nom de l'alcane à condition :
 - La chaîne principale est la chaîne la plus longue qui porte le groupe -OH.
 - La numérotation de la chaîne est choisie de façon que le groupe -OH ait le numéro le plus petit possible.
- Le nom de l'alcool est formé en ajoutant le suffixe ol au nom de l'alcane (**alcan -i-ol**)

Exemples :



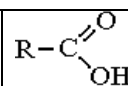
Classes d'alcool :

Selon que l'atome de carbone portant le groupe caractéristique -OH est lié à 1, 2, 3 atomes de carbone, l'alcool est qualifié de primaire, secondaire, tertiaire

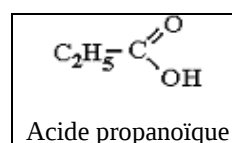
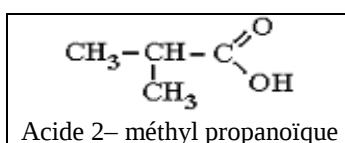
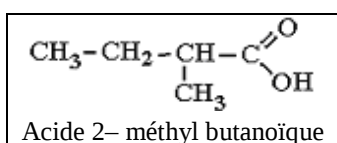
Classe de l'alcool	Alcool primaire	Alcool secondaire	Alcool tertiaire
Formule générale	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{R}' \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{R}'' \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{R}' \end{array}$
Exemples			
	Butanol ou butan -1 ol	butan -2- ol	2 -methyl propan -2- ol

ACIDE CARBOXYLIQUE :

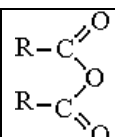
- Repérer la chaîne carbonée la plus grande contenant le carbone fonctionnel de l'acide.
- Numéroter les carbones en commençant par le carbone fonctionnel de l'acide.
- Le nom de l'acide est le nom de l'alcane précédé par le mot acide et finira par la terminaison -oïque



Acide alcanoïque

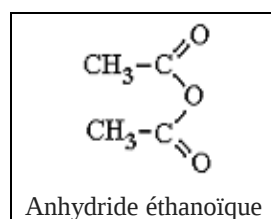
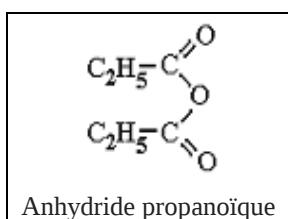
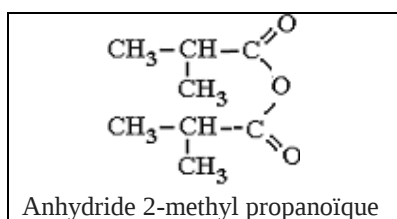


ANYDRIDE D'ACIDE :



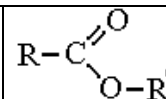
On nomme le composé, de la même manière que l'acide carboxylique juste on remplace le mot **acide** par le mot **anhydride** (anhydride **alcanoïque**)

Exemples :

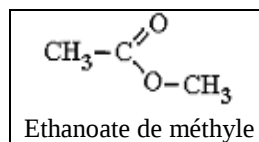
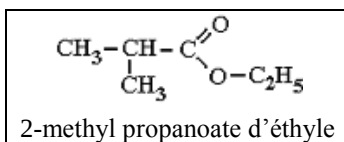
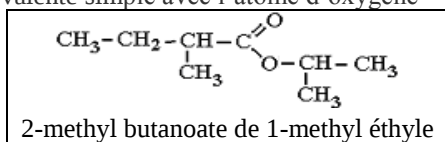


ESTER :

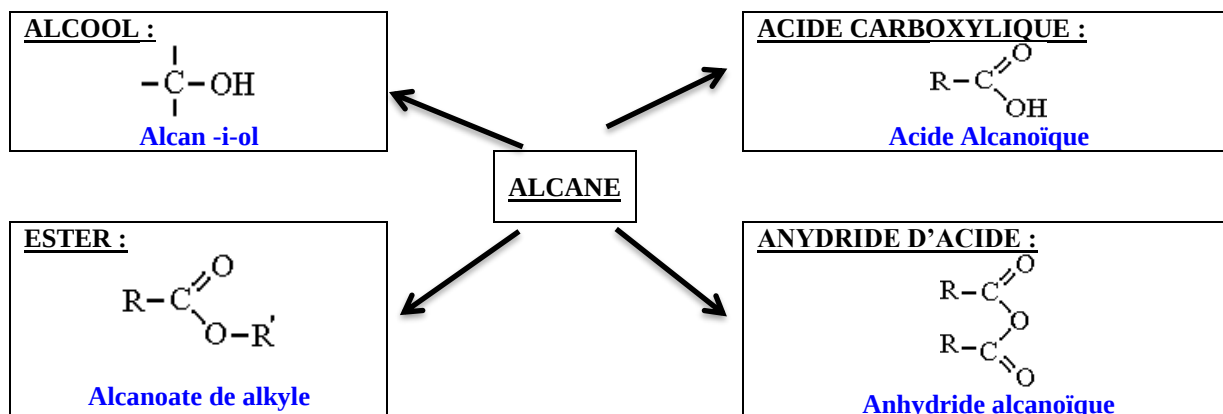
La nomenclature des esters est composée de deux termes, le premier terminant en -oate désignant la chaîne carbonée issue de l'acide et le deuxième terminant par -yle désignant la chaîne carbonée de l'alcool.



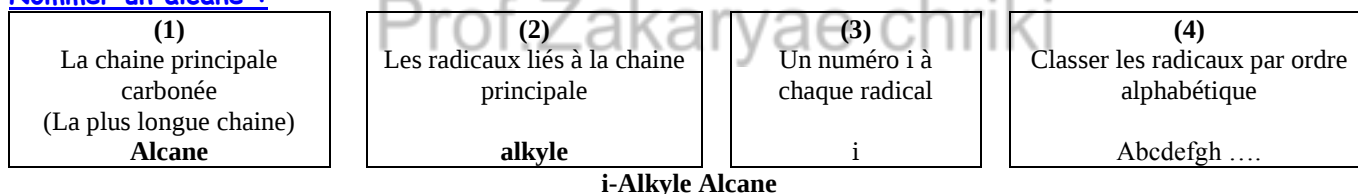
1. Déterminer la longueur de la chaîne provenant de l'acide et rajouter le suffixe OATE : → Alcanoate
2. Ajouter un "de" après le nom en -oate
3. Déterminer la longueur de chaîne provenant de l'alcool puis terminer par le suffixe -yle (avec le "e" car en fin de nom.)
4. Ce qui donne Alcanoate de alkyle
5. Dans le cas des ramifications la chaîne carbonée est numéroté à partir de l'atome de carbone lié avec une liaison covalente simple avec l'atome d'oxygène



NB :



Nommer un alcane :



Les dix alcanes linéaires

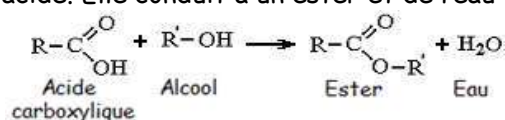
n	Formule moléculaire C _n H _{2n+2}	Nom
1	CH ₄	Méthane
2	C ₂ H ₆	Ethane
3	C ₃ H ₈	Propane
4	C ₄ H ₁₀	Butane
5	C ₅ H ₁₂	Pentane
6	C ₆ H ₁₄	Hexane
7	C ₇ H ₁₆	Heptane
8	C ₈ H ₁₈	Octane
9	C ₉ H ₂₀	Nonane
10	C ₁₀ H ₂₂	Décane

n	Radical C _n H _{2n+1}	Nom
1	CH ₃	Méthyl
2	C ₂ H ₅	Ethyl
3	C ₃ H ₇	Propyl
4	C ₄ H ₉	Butyl
5	C ₅ H ₁₁	Pentyl
6	C ₆ H ₁₃	Hexyl
7	C ₇ H ₁₅	Heptyl
8	C ₈ H ₁₇	Octyl
9	C ₉ H ₁₉	Nonyl
10	C ₁₀ H ₂₁	Décyl

ESTERIFICATION ET HYDROLYSE

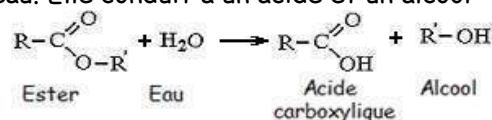
ESTERIFICATION :

Une estérification est une réaction entre un alcool et un acide. Elle conduit à un ester et de l'eau



HYDROLYSE :

Une hydrolyse est une réaction entre un ester et de l'eau. Elle conduit à un acide et un alcool



Caractéristiques de l'estérification et de l'hydrolyse : sont deux transformations chimiques :

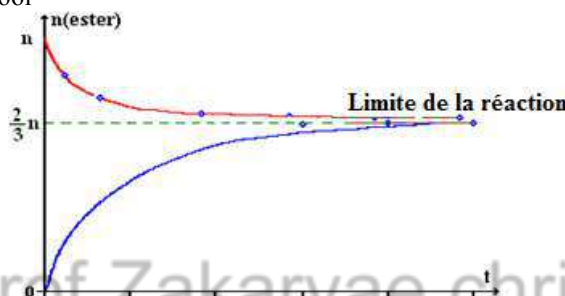
- **Lente** : nécessite trop de temps pour atteindre sa limite
- **Limitée** : aucun réactif n'est limitant et l'estérification est limitée par l'hydrolyse de l'ester formé
- **Athermique** : ne nécessite pas d'apport d'énergie thermique (chaleur) pour se produire et ne dégage pas d'énergie thermique

NB :

Athermique ne signifie pas qu'un apport d'énergie thermique soit sans effet sur la transformation

La limite de la réaction :

- Est indépendante de la température, de la pression, du catalyseur et de la nature de l'acide utilisé
- Dépend de la classe de l'alcool

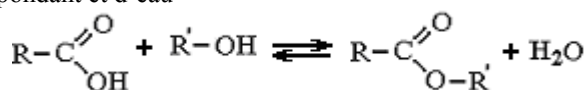


À l'équilibre :

- L'estérification et de l'hydrolyse sont deux transformations chimiques l'une inverse de l'autre et elles se font simultanément et se limitent mutuellement
- L'état d'équilibre est la situation pour laquelle la vitesse de la réaction d'estérification est la même que la vitesse d'hydrolyse de l'ester formé. Les quatre espèces (acide, alcool, ester et eau) coexistent.
- Le taux d'avancement final τ est inférieur à 1.

NB :

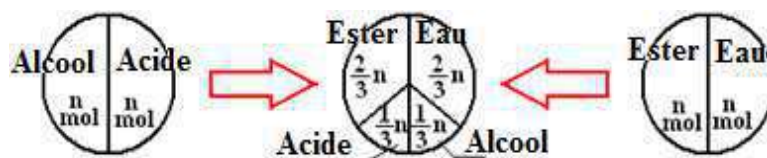
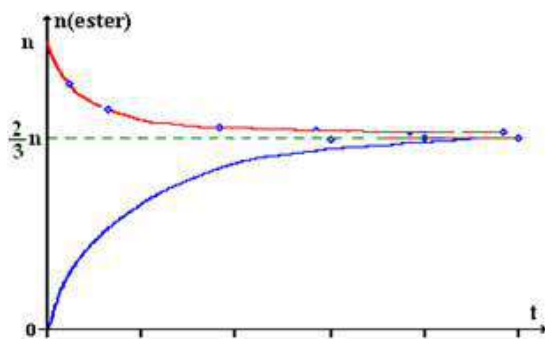
On aboutit avec un mélange équimolaire d'acide carboxylique et d'alcool au même état d'équilibre (même limite) qu'avec un mélange équimolaire d'ester correspondant et d'eau



Equation d'estérification	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$				
Etat initial	1 mol	1 mol		0	0
Etat intermédiaire	1 - x	1 - x		x	x
Etat final	1 - x _f	1 - x _f		x _f	x _f
Etat final	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$		$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$

Généralement :

Equation d'estérification	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$				
Etat initial	n mol	n mol		0	0
Etat intermédiaire	n - x	n - x		x	x
Etat final	n - x _f	n - x _f		x _f	x _f
Etat final	$\frac{1}{3} \cdot n$	$\frac{1}{3} \cdot n$		$\frac{2}{3} \cdot n$	$\frac{2}{3}$



Rendement de réaction :

Le rendement r d'une réaction est le rapport de la quantité de matière formée expérimentalement n_{exp} et la quantité de matière formée n_{theo} si la réaction est considérée comme totale et $0 < r \leq 1$

$$r = \frac{n_{\text{exp}}}{n_{\text{theo}}} \quad \begin{array}{l} n_{\text{exp}} : \text{quantité de matière formée expérimentalement} \\ n_{\text{theo}} : \text{quantité de matière formée si la réaction est considérée comme totale} \end{array}$$

Augmenter la vitesse de réaction :

- Augmenter la température
- Augmenter la concentration initiale
- Ajouter un catalyseur

Améliorer le rendement :

- Ajouter un réactif en excès
- Eliminer un produit formé
-

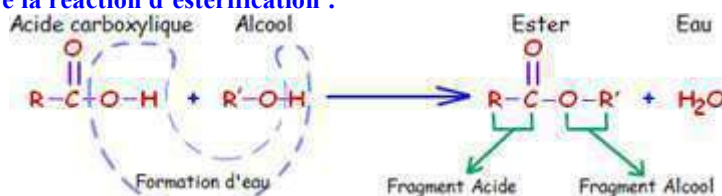
Le **rendement** d'une réaction d'estérification entre un acide carboxylique et un alcool **dépend de la classe** de l'alcool utilisé. Le tableau suivant donne l'ordre de grandeur du rendement de la réaction en fonction de la classe de l'alcool :

Classe de l'alcool	Primaire	Secondaire	Tertiaire
Rendement	67 %	60 %	5 %

NB :

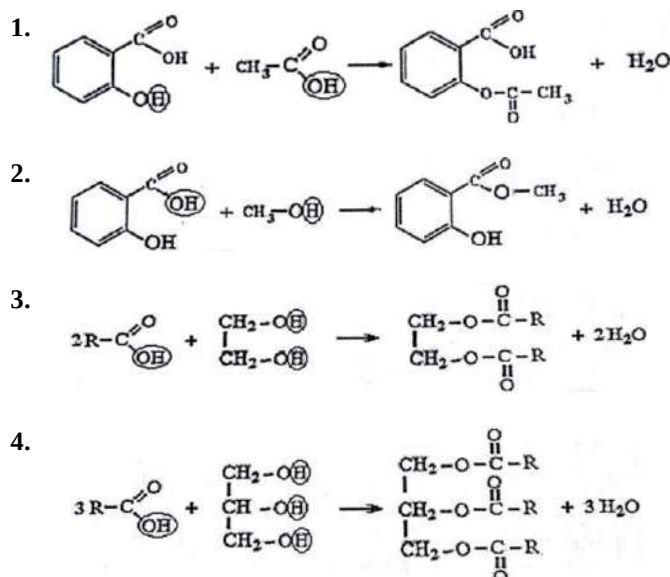
Le rendement de la transformation n'est pas le taux d'avancement finale de la transformation

NB : Essayer de comprendre la réaction d'estérification :

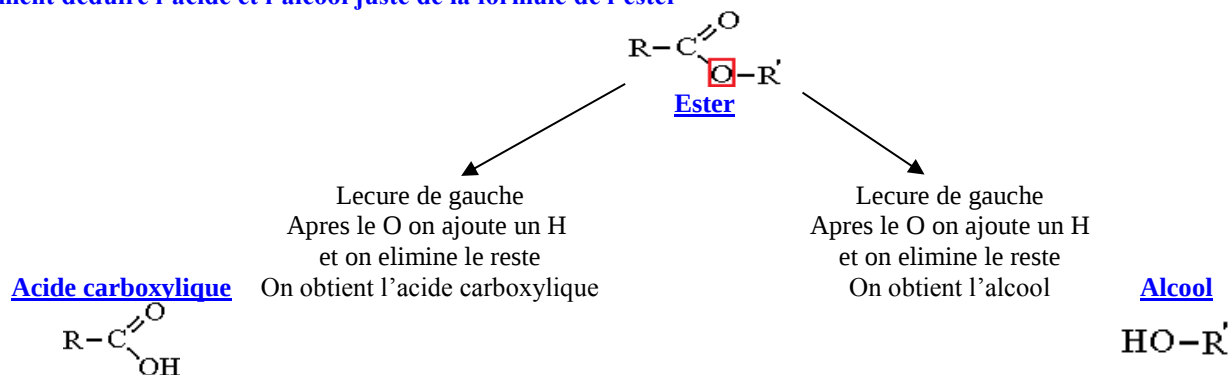


Pour la formation d'eau H_2O , l'acide participe par un **OH** par contre l'alcool participe par un **H**

Exemples :



Comment déduire l'acide et l'alcool juste de la formule de l'ester

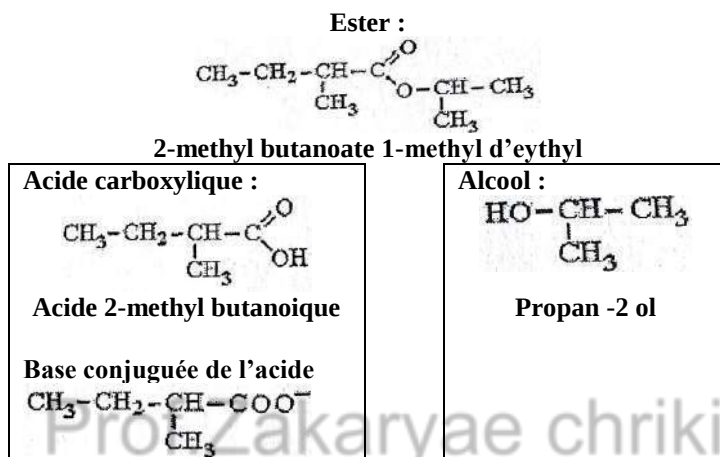


NB :

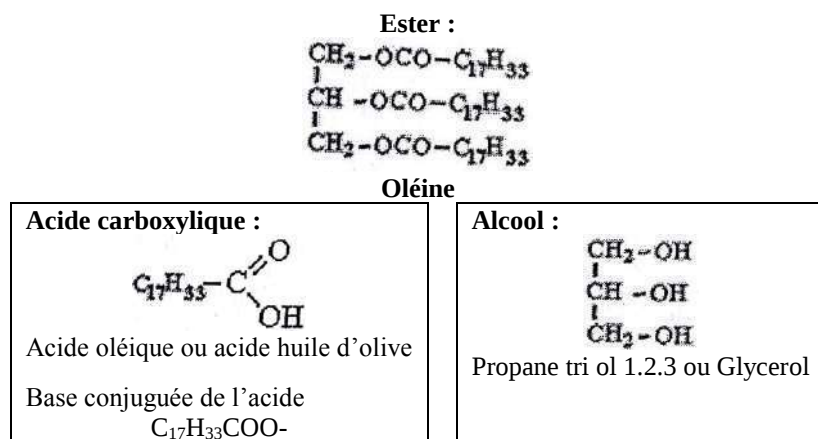
- On garde la chaîne carbonée intacte surtout du côté de l'alcool (on ne fait que dessiner)
- Déterminer l'acide RCOOH c'est aussi déterminer sa base conjuguée RCOO^- et l'anhydride correspondant $(\text{RCO})_2\text{O}$

Exemples :

Exemple 1 :



Exemple 2 :

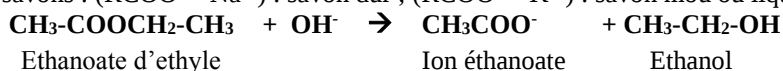


LA SAPONIFICATION

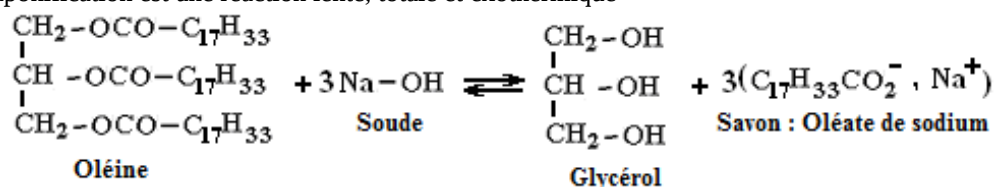
La saponification est une réaction chimique transformant un ester en un ion carboxylate et un alcool. Il s'agit en fait de l'hydrolyse en milieu basique d'un ester. Cette réaction permet la synthèse du savon.

Préparation du savon :

- Un savon est un mélange de carboxylate de sodium (ou de potassium). La chaîne carbonée non ramifiée (saturée ou non) possède au moins dix atomes de carbone.
- Formule générale des savons : $(\text{RCOO}^- + \text{Na}^+)$: savon dur ; $(\text{RCOO}^- + \text{K}^+)$: savon mou ou liquide



La réaction de saponification est une réaction lente, totale et exothermique

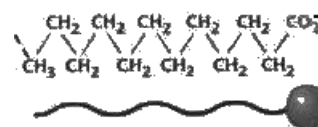
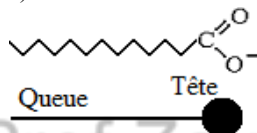


Oléine : constituant principale de l'huile d'olive

Caractères hydrophile et hydrophile des ions carboxylate

L'ion carboxylate R-COO^- est constitué de :

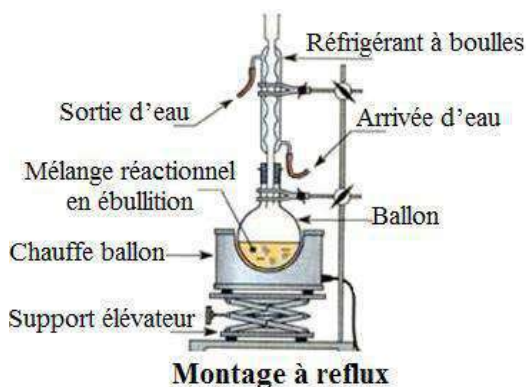
- Tête hydrophile COO^- : s'entoure facilement des molécules d'eau
- Queue hydrophobe R- : il a beaucoup d'affinité pour les chaînes carbonées présentes dans les graisses (déteste l'eau)



La solution du savon est une solution mousseuse et détergente, les ions carboxylates forment autour de la surface de l'eau un ruban, les têtes s'enfoncent dans l'eau et les queues s'enfoncent dans les substances grasses

Chauffage à reflux :

- En chauffant, on augmente la température du mélange réactionnel, on accélère la réaction de saponification qui est une réaction lente à température ambiante.
- Le chauffage à reflux permet de condenser les vapeurs des réactifs et des produits grâce au réfrigérant à bulles et de les faire retourner à l'état liquide dans le ballon



Quel est le rôle de l'éthanol ?

- Les deux réactifs, oléine et soude, sont tous deux solubles dans l'éthanol : l'éthanol permet aux réactifs d'être en contact dans la solution. On parle de transfert de phase des réactifs.
- L'utilisation de l'éthanol rend le mélange réactionnel plus homogène.

Quel est le rôle de l'acide sulfurique H_2SO_4 ?

L'acide sulfurique joue le rôle d'un catalyseur dans le but d'augmenter la vitesse de la réaction

Quel est le rôle de pierre ponce ?

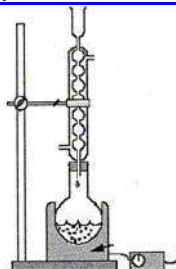
Pierre ponce (pierre lunaire) : trop légère et régularise l'ébullition (homogénéité de température dans le mélange) en évitant la formation aléatoire et incontrôlée de grosses bulles de vapeur.

Quel est le rôle de la solution saturée de chlorure de sodium (Solution salée) ?

- Laver le savon : diluer au maximum la soude
- Précipiter le savon : le savon est peu soluble dans l'eau salée, on parle alors de relargage du savon
- Après filtration et rinçages, on récupère le savon

Etapes de la fabrication du savon

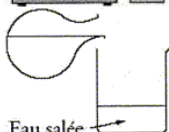
Etape (1)



- Chauffer à reflux pendant 30 min

En travaillant à température modérée on accélère la réaction tout en évitant les pertes de matière : les vapeurs se condensent dans le réfrigérant et retombent dans le ballon.

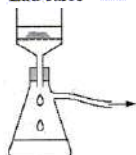
Etape (2)



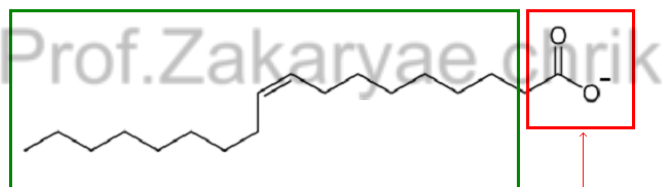
- À la fin du chauffage verser le mélange chaud dans le bécher contenant l'eau salée froide.

Le savon est peu soluble dans l'eau froide et salée : le savon précipite en grande partie (relargage) ;

Etape (3)



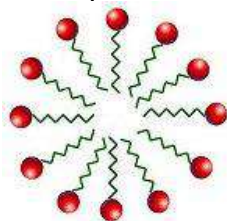
- Filtration : récupérer le savon et le sécher.



partie hydrophobe
(lipophile)

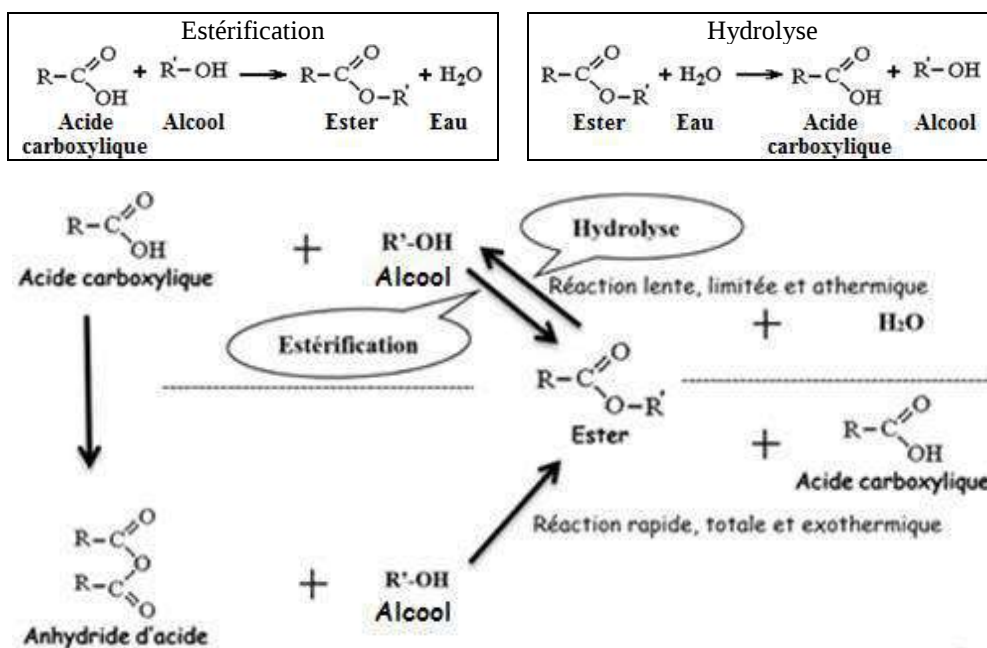
partie hydrophile
(lipophobe)

Hydrophile : qui aime l'eau
Hydrophobe : qui n'aime pas l'eau

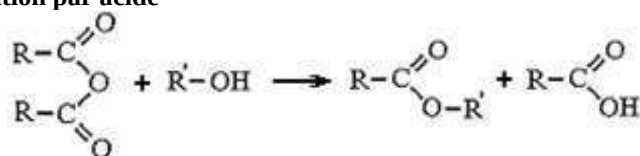


Micelle

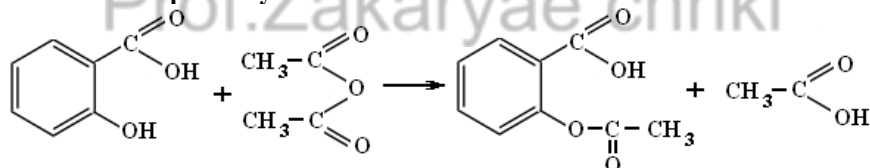
RESUME DE LA CHIMIE ORGANIQUE



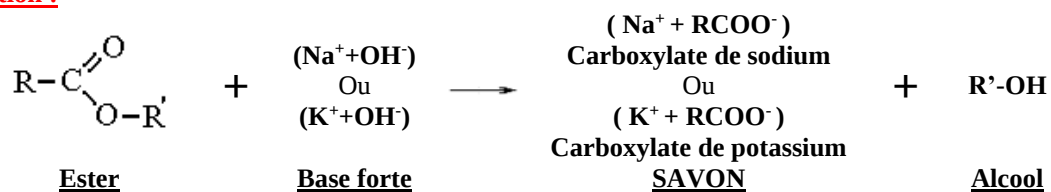
Estérification par acide



Estérification par anhydride d'acide

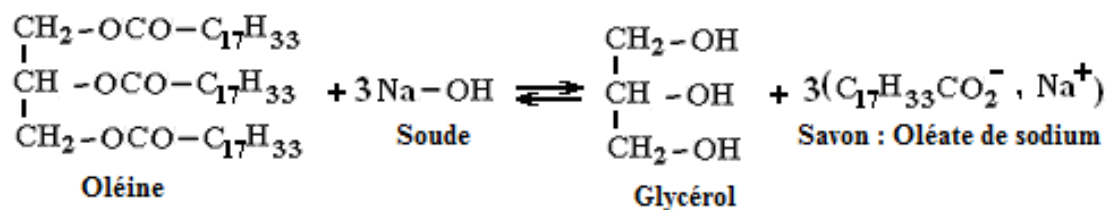


La saponification :



La saponification est une réaction lente, totale et exothermique

Exemples :



ConCours 1

Epreuve de Physique 30 min

Question 1 : On lâche un corps (S) de centre d'inertie G et de masse m le long d'une rampe. Les frottements sont négligés.

A $t=0$, on lâche (S) du point O sans vitesse initiale.

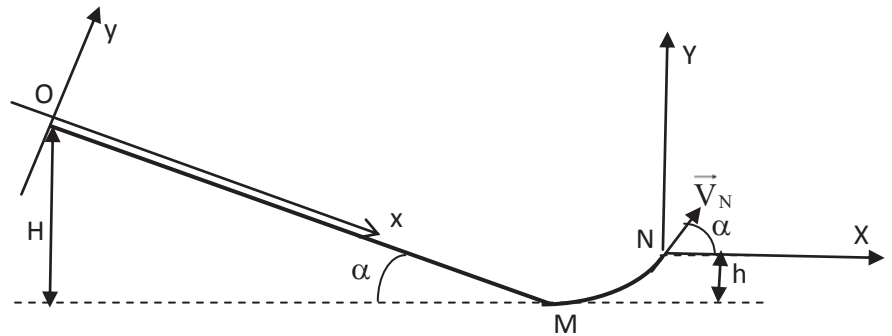
On choisit le repère orthonormé (Oxy), l'axe Ox est parallèle à OM (schémas). On note x l'abscisse de G dans le repère précédent à

l'instant t et la vitesse $v_x = \frac{dx}{dt}$ et

l'accélération $a_x = \frac{d^2x}{dt^2}$.

L'intensité de la pesanteur est g.

On s'intéresse dans cette question à la partie OM de la rampe considérée comme segment de droite.



A. L'équation différentielle du mouvement de G est $\frac{d^2x}{dt^2} = mg \cdot \sin \alpha$.

B. L'équation différentielle du mouvement de G est $\frac{d^2x}{dt^2} = g \cdot \cos \alpha$.

C. L'intensité de la réaction du plan sur (S) est $m \cdot g \cdot \sin \alpha$.

D. $x = g \cdot (\sin \alpha) \cdot \frac{t^2}{2}$.

E. $v_x = g \cdot (\cos \alpha) \cdot t$.

Question 2 : On prend les mêmes données de la question 12 et on s'intéresse toujours dans cette question à la partie OM.

A. Le temps mis pour atteindre M est $t = \sin \alpha \sqrt{\frac{g}{2H}}$.

B. Le temps mis pour atteindre M est $t = \frac{1}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{2H}{g}}$.

C. La vitesse G en M est $v_M = \sqrt{2g \cdot H \cdot \sin \alpha}$.

D. La vitesse de G en M est $v_M = 2g \cdot H$.

E. Toutes les affirmations proposées sont fausses.

Question 3 : On prend les mêmes données de la question 12 et on s'intéresse dans cette question au mouvement de (S) le long de la rampe OMN et de sa sortie de cette dernière au point N.

A. Lorsque G recoupe (NX), en un point P, alors $NP = 2(H-h) \cdot \sin 2\alpha$.

B. En sortie de la rampe au point N, la vitesse de G vaut $\sqrt{g(H-h)}$.

C. Dans le repère (NXY), l'altitude maximale atteinte par G vaut $(H-h) \cdot \cos^2 \alpha$.

D. L'accélération est nulle en O.

E. Lorsque G recoupe (NX) en un point P, alors : $NP = 4(H-h) \cdot \sin^2 \alpha$.

Question 4 : Choisir la bonne réponse :

A. La lumière se propage plus vite dans l'eau que dans le vide.

B. La lumière rouge a une fréquence plus grande que la lumière bleue.

C. Une onde lumineuse de longueur d'onde $\lambda_0 = 1,5 \mu\text{m}$ est visible pour l'œil humain.

D. Dans le système d'unités international, une pression s'exprime en $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$.

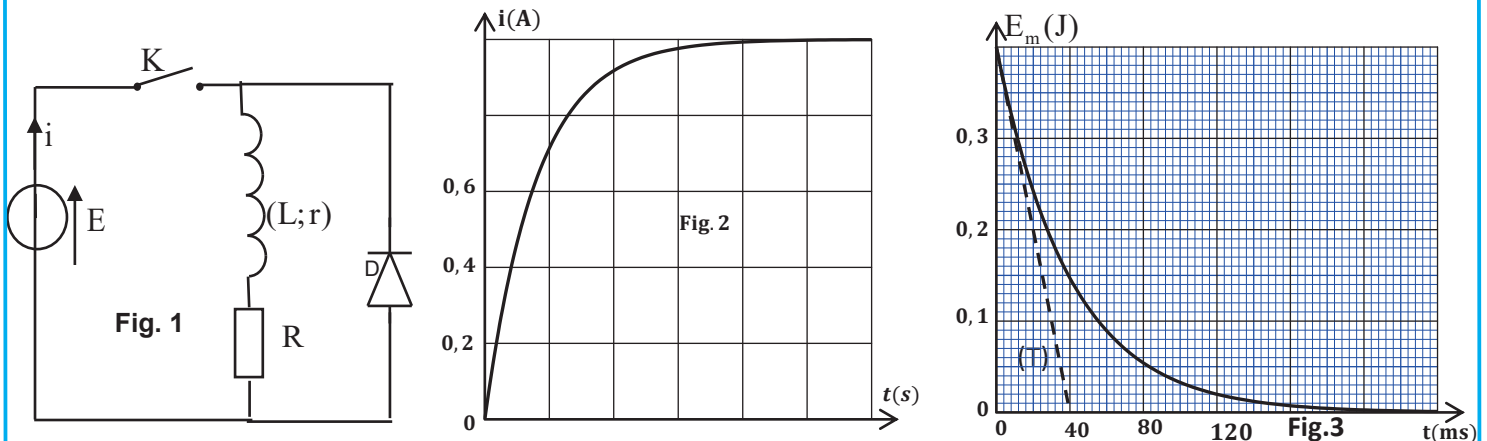
E. On désigne par F une force, par ℓ une longueur et par m une masse. L'expression $\sqrt{\frac{F\ell}{m}}$ a la même dimension qu'une vitesse.

Question 5 : On réalise le montage de la Fig.1 . On donne $R=8\Omega$.Pour la diode : $u_D=0$ en sens passant.

- Quand on ferme l'interrupteur K, on obtient la courbe $i=f(t)$ (fig.2).L'intensité $i(t)$ varie comme suit :

$$i(t)=I_0(1-e^{-\lambda t}) .$$

- Après le régime permanent, on ouvre l'interrupteur K, on obtient la courbe $E_m=g(t)$ qui représente la variation de l'énergie emmagasinée dans la bobine en fonction du temps(Fig.3).Dans ce cas de rupture du courant, $i(t)$ suit la fonction $i(t)=I_0e^{-\lambda t}$.(T) étant la tangente à la courbe à $t=0$).



A. L'inductance de la bobine est $L=0,4\text{ H}$.

B. L'inductance de la bobine est $L=0,2\text{ H}$.

C. La résistance de la bobine est $r=4\Omega$.

D. La résistance de la bobine est $r=8\Omega$.

E. Toutes les affirmations proposées sont fausses.

Question 6 On prend les mêmes données de la question précédente ainsi que les résultats obtenus (question 16).

On donne : $\sqrt{\frac{0,18}{0,8}} = \sqrt{0,225} \approx 0,47$; $\frac{0,47}{0,8} \approx 0,59$; $\frac{0,225}{0,8} \approx 0,28$.

A. La valeur de la f.e.m. du générateur est $E=6\text{ V}$.

B. La valeur de la f.e.m. du générateur est $E=12\text{ V}$.

C. Lors de la rupture du courant,

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0,06s} \approx -5,9\text{ A.s}^{-1} .$$

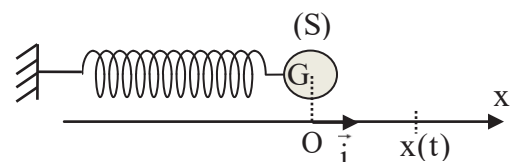
D. L'énergie dissipée par effet joule dans le circuit lors de la rupture du courant entre $t=0$ et le régime permanent est $|\Delta E_j|=0,8\text{ J}$.

E. Toutes les affirmations proposées sont fausses.

Question 7 : Un oscillateur mécanique horizontal(corps solide-ressort) est formé d'un corps solide (S) ,de masse $m=200\text{ g}$ et de centre d'inertie G , fixé à l'extrémité libre d'un ressort à spire non jointives de masse négligeable et de raideur K. L'autre extrémité du ressort est fixée à un support .On repère la position de G à chaque instant t par l'abscisse x dans le repère $(O,\vec{i})$.On néglige les frottements. L'abscisse x

varie avec le temps selon $x=X_m \cdot \cos(\frac{2\pi}{T_0}t + \varphi)$.

On choisi la position $x=0$ de G (ressort non allongé) comme référence de l'énergie potentielle élastique E_{pe} et le plan horizontale passant par G comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur.



La courbe ci-joint représente l'évolution de l'énergie potentielle élastique E_{pe} en fonction du temps. On donne : $\pi^2 = 10$.

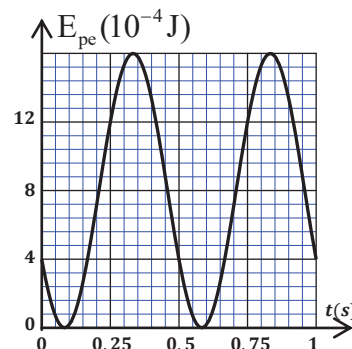
A. La période propre de l'oscillateur est $T_0 = 0,5$ s.

B. La phase à l'origine des temps est $|\varphi| = \frac{\pi}{4}$ rad.

C. La phase à l'origine des temps est $\varphi = 0$.

D. L'amplitude $X_m = 1$ cm

E. L'amplitude $X_m = 2$ cm.



Question 8 : On considère l'équation de désintégration radioactive :



$t_{1/2}$ étant la demi-vie du noyau de Pu. A l'instant $t=0$ le nombre de noyaux de Pu étant $N_0(\text{Pu})$.

A un instant t_1 on a : $N({}_{94}^{238}\text{Pu}) = 2N({}_{92}^{234}\text{U})$ avec $N({}_{92}^{234}\text{U})$ le nombre de noyau formé à cet instant et $N({}_{94}^{238}\text{Pu})$ le nombre de noyaux restant à cet instant.

Le temps t_1 vérifie la relation :

A. $t_1 = \frac{t_{1/2}}{2}$.

B. $t_1 = 2t_{1/2}$.

C. $t_1 = \left(\frac{\ln 3}{\ln 2} - 1 \right) t_{1/2}$.

D. $t_1 = 2t_{1/2} \cdot \ln \frac{3}{2}$.

E. Toutes les propositions sont fausses.

Question 9 : On considère que la célérité de la lumière est la même dans le vide et dans l'air. Choisir la bonne réponse :

A. La fréquence d'une radiation monochromatique qui passe d'un milieu transparent à un autre plus dispersif diminue.

B. Le temps mis par une onde radio pour parcourir une distance de 300 km est proche de 1 ms.

C. Un son ne peut pas être diffracté.

D. Dans un milieu dispersif, si la longueur d'onde diminue, alors la célérité du signal augmente.

E. Si une onde de longueur d'onde λ passe à travers une fente de largeur $a = \frac{\lambda}{2}$, alors sa longueur d'onde est divisée par 2.

ConCours 1

Epreuve de Chimie ⌚ 30 min

Question 10 : On prépare 500 mL d'une solution aqueuse (S) d'acide chlorhydrique en dissolvant 0,24 L de $\text{HCl}_{(g)}$ dans de l'eau.

On donne : Le volume molaire : $V_m = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$; produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$; $0,02 = 10^{-1,7}$.

A. La concentration molaire de (S) est $C = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

B. Le pH de (S) est $\text{pH} = 1,7$.

C. Si on dilue (S), le pH ne varie pas.

D. Dans (S), $n(\text{HO}^-_{(aq)}) = 2,5 \cdot 10^{-12} \text{ mol}$.

E. Dans (S), $[\text{Cl}^-_{(aq)}] = [\text{HO}^-_{(aq)}]$.

Question 11 : Une solution aqueuse (S) est constituée à partir de 10 mL de chacune des solutions suivantes :

* acide éthanoïque de concentration $C_1 = 1,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;

* éthanoate de sodium de concentration $C_2 = 0,020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;

* acide benzoïque de concentration $C_3 = 0,010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;

* benzoate de sodium de concentration $C_4 = 0,020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;

* eau.

On donne : $K_{a1}(\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-) = 1,78 \cdot 10^{-5}$; $K_{a2}(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} / \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-) = 6,31 \cdot 10^{-5}$; $\frac{17,8}{63,1} \approx 0,28$

A. Le système évolue dans le sens de formation de l'acide benzoïque. B. La concentration initiale de l'acide benzoïque dans (S) est $2 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. C. Le quotient de réaction initial de la réaction entre l'acide éthanoïque et l'ion benzoate est 0,1.	D. La constante d'équilibre de la réaction entre l'acide éthanoïque et l'ion benzoate est 10. E. La réaction qui se produit est une réaction d'oxydo-réduction.
--	---

Question 12 : On prépare un ester E à l'aide d'un mélange de l'acide méthanoïque et du propan-1-ol avec quelques gouttes d'acide sulfurique.

1^{ère} Expérience : On mélange 0,24 mol d'acide méthanoïque et 0,24 mol de propan-1-ol. A l'équilibre le système contient 0,16 mol d'ester.

2^{ème} Expérience : Quand l'équilibre est atteint dans la 1^{ère} expérience, on ajoute 0,24 mol de propan-1-ol.

On donne : $\frac{2}{3} \approx 0,67$; $8 \times 32 = 16^2$.

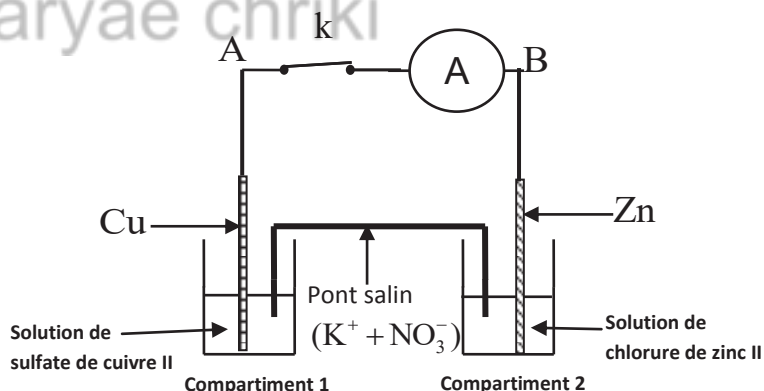
A. L'ester formé est le propanoate de méthyle. B. Le rendement de la 1^{ère} expérience est $r_1 = 33,3\%$. C. Le quotient de réaction initial dans la 2^{ème} expérience est de 1.	D. La constante d'équilibre est de 2. E. Le rendement de la 2^{ème} expérience est $r_2 = 2r_1$ car la quantité d'alcool a doublé.
--	---

Question 13 : On réalise le montage ci-contre :

Données : - Lorsqu'une lame de zinc est plongée dans une solution de sulfate de cuivre II, elle se recouvre d'un solide rougeâtre.

- Aucune observation n'est à mentionner lorsqu'on plonge une lame de cuivre dans une solution de chlorure de zinc II.

- A.** Il y a oxydation du zinc à la cathode.
B. Il y a réduction du zinc à l'anode.
C. L'électrode du compartiment 2 est la cathode.
D. Il y a oxydation du cuivre à l'anode.
E. A est pôle positif de la pile.



Question 14 On prend les mêmes données de la question précédente (question 24)

- A.** La masse totale du système diminue avec l'évolution de ce dernier car la masse de zinc diminue.
B. Le compartiment 2 se concentre en ions Cu^{2+} .
C. La masse de Cu reste constante.
D. La concentration en ions Zn^{2+} augmente avec le temps.
E. Les deux concentrations en ions Cu^{2+} et Zn^{2+} tendent à s'égaliser.

Question 15 Une solution aqueuse d'acide chlorhydrique a un pH égal à 1. On ajoute 100 mL d'eau à 50 mL de cette solution. On prend : $\log(30) \approx 1,48$; $\log(15) \approx 1,17$; $\log 5 \approx 0,69$.

Le pH de la solution diluée ainsi obtenue est :

- A.** $\text{pH} \approx 2,48$.
B. $\text{pH} \approx 1,48$.
C. $\text{pH} \approx 3,48$.
D. $\text{pH} \approx 4,81$.
E. Toutes les réponses proposées sont fausses.

Question 16 : Les courbes (1) et (2) correspondent aux deux réactions (1) et (2) qui ont été réalisées avec les mêmes réactifs.

Dans une expérience, on a fait varier la température, dans l'autre on a fait varier la concentration initiale d'un réactif. Pour chaque expérience on a obtenu les courbes des figures A et B.

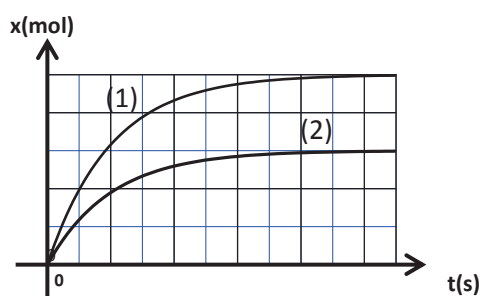


Figure A

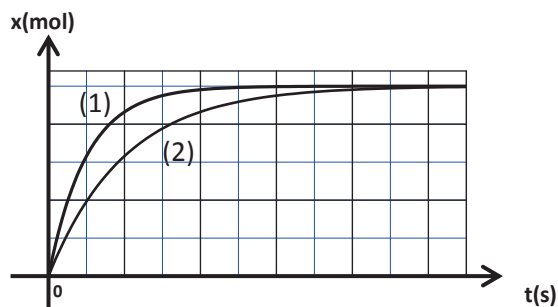


Figure B

- | | |
|---|---|
| <p>A. La figure (B) correspond à l'expérience de variation de concentration d'un réactif.</p> <p>B. Dans la figure (B), la courbe (1) correspond à la réaction lente.</p> | <p>C. Dans la figure (B), la courbe (2) correspond à la réaction pour laquelle la concentration du réactif limitant est la plus grande.</p> <p>D. Dans la figure (B), la courbe (1) correspond à la réaction pour laquelle la concentration du réactif limitant est la plus grande.</p> <p>E. Toutes les affirmations proposées sont fausses.</p> |
|---|---|

Question 17 : On a une solution aqueuse (S_A) d'un acide HA de concentration molaire C_A . La mesure du pH de cette solution a donné $\text{pH} = 3,2$.

Pour déterminer C_A , on dose (S_A) par une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_B = 0,020 \text{ mol.L}^{-1}$. Pour cela on prend un volume $V_A = 20 \text{ mL}$ de (S_A) et on y ajoute progressivement la solution (S_B). Le volume versé à l'équivalence est $V_{BE} = 20 \text{ mL}$.

On donne : $10^{-6,2} \approx 6,31 \cdot 10^{-7}$; $0,5 \cdot 10^{-1,2} \approx 3,15 \cdot 10^{-2}$;

- | | |
|--|--|
| <p>A. Pour le volume $V_A = 20 \text{ mL}$ de la solution (S_A), l'avancement final de la réaction de HA avec l'eau est $1,26 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$.</p> <p>B. La réaction de dosage est caractérisée par un taux d'avancement final très inférieur à 1.</p> | <p>C. $C_A = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$.</p> <p>D. $C_A = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$.</p> <p>E. Le taux d'avancement final de la réaction de HA avec l'eau est de 3,15%.</p> |
|--|--|

Question 18 : On prend les mêmes données de la question précédente (question 28)

On donne : $\log 4 \approx 0,6$.

Lors du dosage, quand le volume de soude versé est $V_B = 10 \text{ mL}$; le pH du mélange réactionnel est $\text{pH} = 4,8$.

Quand le volume de soude versé est $V_B = 4 \text{ mL}$, le pH du mélange réactionnel est :

- | | | |
|--|---|---|
| <p>A. $\text{pH} \approx 4,2$.</p> <p>B. $\text{pH} \approx 5,58$.</p> | <p>C. $\text{pH} \approx 5,4$.</p> <p>D. $\text{pH} \approx 3,6$.</p> | <p>E. Toutes les réponses proposées sont fausses.</p> |
|--|---|---|

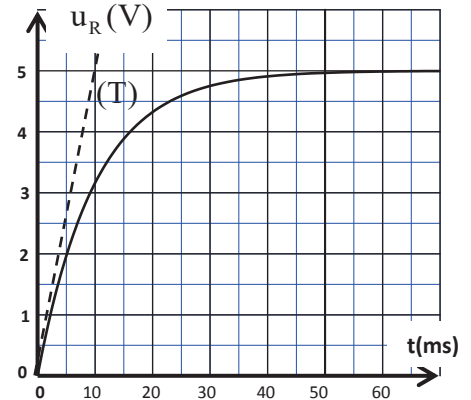
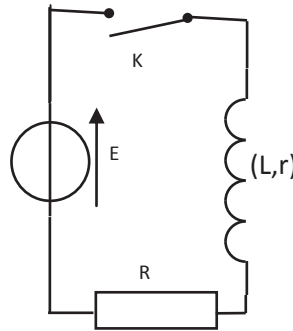
Question 19 : Choisir la réponse juste :

- | | |
|---|--|
| <p>A. La constante d'équilibre dépend du taux d'avancement final d'une réaction chimique.</p> <p>B. La polarité de la molécule d'eau se justifie par le fait que le barycentre des charges positives est confondu avec le barycentre des charges négatives.</p> <p>C. L'eau sous une pression de 1 bar à une température de 253 K est solide.</p> | <p>D. Une solution acide a toujours un pH inférieur à 7.</p> <p>E. le rôle de la pierre ponce dans un mélange réactionnel est d'augmenter le rendement de la réaction.</p> |
|---|--|

Question 1 : Lors de l'établissement du courant dans le circuit représenté dans la figure suivante, on a relevé l'évolution de la tension aux bornes de la résistance et on a obtenu la courbe représentée dans la figure ci-contre :

On donne : $E = 6 \text{ V}$; $R = 100 \Omega$;

(T) étant la tangente à la courbe à $t=0$.



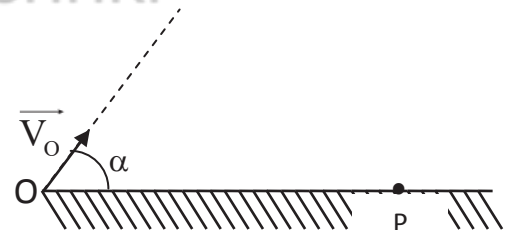
- | | |
|---|---|
| <p>A. La tension aux bornes du résistor est discontinue à $t=0$.</p> <p>B. La tension aux bornes de la bobine est continue à $t=0$.</p> <p>C. En régime permanent l'intensité du courant vaut 50 mA .</p> | <p>D. En régime permanent l'intensité du courant vaut 60 mA .</p> <p>E. En régime permanent la tension aux bornes de la bobine est nulle.</p> |
|---|---|

Question 2 : On prend les mêmes données de la question 11.
 L'énergie maximale emmagasinée dans la bobine vaut :

- | | |
|--|---|
| <p>A. 90 mJ .</p> <p>B. 9 mJ .</p> <p>C. 1,5 mJ .</p> | <p>D. 0,9 J .</p> <p>E. 3 mJ.</p> |
|--|---|

Question 3 : On lance un projectile de masse M d'un point O avec une vitesse $\vec{V}_0$ faisant un angle $\alpha = 53^\circ$ avec l'horizontale pour atteindre un objectif P (Figure). L'objectif P situé au même niveau horizontal, est atteint 38,1 s après le lancement du point O. On néglige la résistance de l'air et on prend $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ que l'on considère constante.

La vitesse V_0 au point O est :



- | | | |
|--|--|--|
| <p>A. 195 m.s^{-1}</p> <p>B. 234 m.s^{-1}.</p> | <p>C. 288 m.s^{-1}.</p> <p>D. 36 m.s^{-1}.</p> | <p>E. $23,4 \text{ m.s}^{-1}$.</p> |
|--|--|--|

Question 4 : On prend les mêmes données de la question 13 et on choisi comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur le niveau horizontal passant par O et P.

- | | | |
|--|---|---|
| <p>A. La distance OP est : 2365 m.</p> <p>B. La distance OP est : 10730 m.</p> | <p>C. L'énergie potentielle de pesanteur, en joule, à la hauteur maximale atteinte est proche de $1,75 \cdot 10^4 \cdot M$.</p> <p>D. L'énergie potentielle de pesanteur, en joule, à la hauteur maximale atteinte est proche de $1,75 \cdot 10^2 \cdot M$.</p> | <p>E. L'énergie potentielle de pesanteur, en joule, à la hauteur maximale atteinte est proche de $1,75 \cdot M$.</p> |
|--|---|---|

Question 5 : On prend les mêmes données de la question 13.

On laisse constante la vitesse V_0 et on fait varier l'angle α entre 0° et 90° (Pour A, B, C et D) .

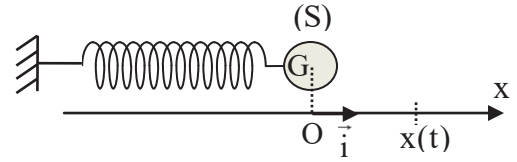
- | | |
|--|--|
| <p>A. La vitesse en P dépendant de α .</p> <p>B. L'accélération du mouvement varie.</p> <p>C. La hauteur maximale garde la même valeur.</p> <p>D. La distance OP garde la même valeur.</p> | <p>E. On garde la valeur de α et celle de V_0 constantes . Dans ce cas l'altitude maximale atteinte est la même pour un projectile de masse : $M' = 2M$.</p> |
|--|--|

Question 6 : Choisir la bonne réponse :

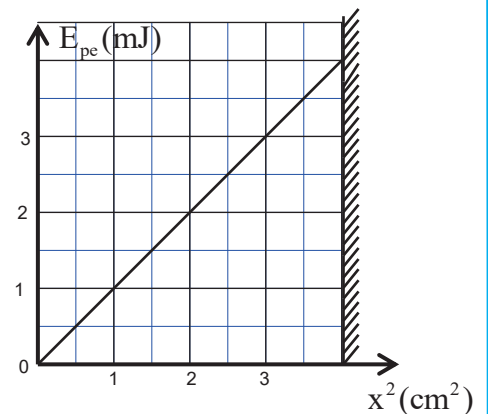
- A. Lors de la diffraction, la fréquence de l'onde change.
- B. Dans un même milieu, lors de la diffraction, la célérité de l'onde est modifiée.
- C. Il n'existe pas de radiations lumineuses en dehors du domaine du visible.

- D. Lorsqu'une radiation lumineuse se réfracte, sa longueur d'onde change.
- E. Lors de la propagation d'une onde progressive périodique le long d'une corde, la périodicité temporelle n'est autre que la périodicité spatiale.

Question 7 : Un oscillateur mécanique horizontal (corps solide-ressort) est formé d'un corps solide (S), de masse $m=125\text{ g}$ et de centre d'inertie G , fixé à l'extrémité libre d'un ressort à spire non jointives de masse négligeable et de raideur K . L'autre extrémité du ressort est fixée à un support. On repère la position de G à chaque instant t par l'abscisse x dans le repère $(O, \vec{i})$. On néglige les frottements.



On choisit la position $x=0$ de G (ressort non allongé) comme référence de l'énergie potentielle élastique E_{pe} et le plan horizontal passant par G comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur. La courbe ci-joint représente l'évolution de l'énergie potentielle élastique E_{pe} en fonction de x^2 . La période propre de l'oscillateur est :



- | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| A. $T_0 \approx 2\text{ s}$. | C. $T_0 \approx 0,5\text{ s}$. | E. $T_0 \approx 0,3\text{ s}$ |
| B. $T_0 \approx 0,2\text{ s}$. | D. $T_0 \approx 0,8\text{ s}$ | |

Question 8 : On prend les mêmes données de la question précédente (question 17). Pour un point d'abscisse $x = -1\text{ cm}$, la norme de la vitesse de G est:

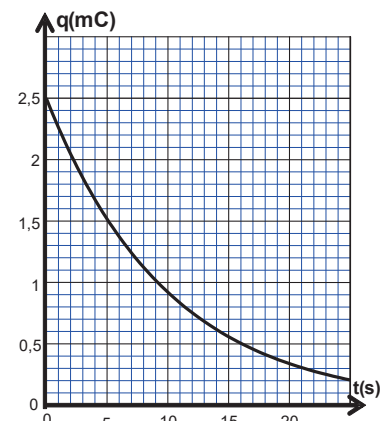
- | | | |
|--|--|---|
| A. $V_G \approx 21,9\text{ m.s}^{-1}$. | C. $V_G \approx 15,5\text{ m.s}^{-1}$. | E. $V_G \approx 4,8\text{ cm.s}^{-1}$. |
| B. $V_G \approx 15,5\text{ cm.s}^{-1}$. | D. $V_G \approx 21,9\text{ cm.s}^{-1}$. | |

Question 9 : Le radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ se désintègre spontanément en émettant une particule α . Le noyau fils est un isotope du radon (Rn). On donne : La demi-vie du radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ est 3,8 jours.

- | | |
|---|---|
| A. La particule α est composée de 2 protons, 2 neutrons et 2 électrons. | D. Le noyau de radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ est obtenu à partir d'une suite de désintégrations radioactives α et β^- du noyau d'uranium $^{238}_{92}\text{U}$. Au cours de ces désintégrations successives, deux particules α et deux particules β^- sont émises. |
| B. La particule α et la particule β^- portent des charges électriques de signes opposés et de même valeur absolue. | E. Toutes les affirmations proposées sont fausses. |
| C. Au bout de 11,4 jours, le pourcentage de noyaux de radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ qui s'est désintégré par rapport au nombre initial est de 12,5%. | |

Question 10 : Un condensateur de capacité C , initialement chargé, est relié à un résistor de résistance $R=100\text{ k}\Omega$.

L'évolution de la charge q est représentée sur la figure ci-contre. La valeur absolue de l'énergie dissipée par effet joule dans le résistor entre les instants $t_1=0$ et $t_2=5\text{ s}$ est proche de:



- | | |
|------------|--|
| A. 20 mJ . | D. 0,2 mJ . |
| B. 2 mJ . | E. Toutes les réponses proposées sont fausses. |
| C. 20 J . | |

ConCours 2

Epreuve de Chimie ⌚ 30 min

Question 11 :

On dissout 0,01 mol d'éthylamine ($C_2H_5NH_2$) dans 100 mL d'eau distillée.

On donne à 25°C : $pK_A(C_2H_5NH_3^+ / C_2H_5NH_2) = 10,7$; $pK_e = 14$.

Soit K la constante d'équilibre correspondant à la réaction de l'éthylamine avec l'eau .

- | | | |
|--|-------------------------------------|-------------------------|
| A. pK_e est indépendante de la température. | C. K est nulle à l'état initiale. | E. $K = 2 \cdot 10^3$. |
| B. K varie selon la concentration initiale des réactifs. | D. $K = 5 \cdot 10^{-4}$. | |

Question 12 : On prend les mêmes données de la question précédente (question 21)

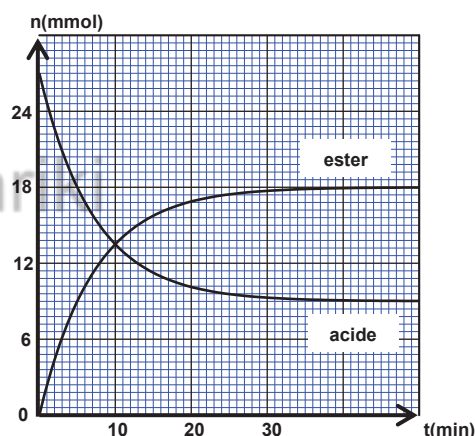
Le pH de la solution obtenue est :

- | | | |
|------------------------|------------------------|-----------------------|
| A. $pH \approx 11,8$. | C. $pH \approx 13,5$. | E. $pH \approx 4,8$. |
| B. $pH \approx 6,7$. | D. $pH \approx 3,8$. | |

Question 13 : On souhaite préparer le méthanoate d'éthyle par réaction entre un acide carboxylique et un alcool.

Avec un mélange équimolaire d'acide et d'alcool, on a tracé l'évolution de la quantité d'ester et d'acide. (fig)

- | | |
|---|--|
| A. L'acide utilisé est l'acide éthanoïque . | D. L'avancement final de la réaction augmente quand la température augmente. |
| B. La réaction qui se produit est une réaction acido-basique. | E. Toutes les affirmations proposées sont fausses. |
| C. La vitesse volumique de réaction à $t=0$ est maximale. | |



Question 14 : On prend les mêmes données de la question précédente (question 23)

- | | |
|---|---|
| A. Pour ce type de réaction , un catalyseur augmente seulement la vitesse de la réaction directe. | C. Le temps de demi-réaction est approximativement de 15 min. |
| B. Le temps de demi-réaction est approximativement de 10 min. | D. L'avancement final de la réaction est 9 mmol. |
| | E. A $t=20$ min , la quantité qui a réagit est de 16,8 mmol. |

Question 15: On prend les mêmes données de la question 23.

- | | |
|---|--|
| A. Le quotient de réaction à l'état d'équilibre est égale à 4 . | C. Le rendement de cette réaction dépend de la température. |
| B. Le taux d'avancement final de la réaction est de 33%. | D. Le rendement de la réaction est de 27%. |
| | E. Toutes les affirmations et réponses proposées sont fausses. |

Question 16 : L'analyse d'un ester E de formule brute $C_xH_yO_2$ a donné les pourcentages massiques suivant : 58,8% de carbone , 31,4% d'oxygène et 9,8% d'hydrogène.

On donne : $M(C)=12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(O)=16 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(H)=1 \text{ g.mol}^{-1}$.

A. $x=5$ et $y=11$.	C. $x=5$ et $y=10$.	E. Toutes les réponses proposées sont fausses.
B. $x=11$ et $y=5$.	D. $x=5$ et $y=12$.	

Question 17 : On reprend les mêmes données de la question 26.

On réalise l'hydrolyse de l'ester E de la question précédente et on isole l'acide carboxylique A issu de cette hydrolyse. On prépare une solution d'acide A de concentration massique $C=5,00\text{g.L}^{-1}$. On dose 10mL de cette solution par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_B=6,00.10^{-2}\text{mol.L}^{-1}$; le volume versé à l'équivalence vaut $V_E=11,3\text{mL}$.

A. La masse molaire de A est très proche de 148g.mol^{-1} .	C. E est le butanoate d'éthyle.
B. E est l'éthanoate d'éthyle.	D. A est l'acide éthanoïque.
	E. A est l'acide propanoïque.

Question 18 : Choisir la réponse juste :

A. Toutes les réactions lentes sont limitées.	C. Un quotient de réaction s'exprime en mol.L^{-1} .	E. La réaction d'un anhydride d'acide avec un alcool est une réaction lente et limitée.
B. La chaîne carbonée d'un ion carboxylate d'un savon est la partie hydrophobe.	D. L'anode d'une pile constitue le pôle positif.	

Question 19 : On mélange un volume $V=10\text{mL}$ d'une solution d'acide fluorhydrique HF de concentration $C=0,1\text{mol.L}^{-1}$ avec un volume $V=10\text{mL}$ d'une solution d'éthanoate de sodium de concentration $C=0,1\text{mol.L}^{-1}$.

Données : $\text{pK}_A(\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-)=4,8$; $\text{pK}_A(\text{HF}/\text{F}^-)=3,2$.

L'avancement final de la réaction est :

A. $x_f \approx 0,26\text{mmol}$.	C. $x_f \approx 0,1\text{mmol}$	E. Toutes les réponses proposées sont fausses.
B. $x_f \approx 0,86\text{mmol}$.	D. $x_f \approx 0,36\text{mmol}$.	

Question 20 : On reprend les mêmes données de la question 29.

Le pH du mélange réactionnel obtenu est :

A. $\text{pH} \approx 6$.	C. $\text{pH} \approx 8$	E. $\text{pH} \approx 2$.
B. $\text{pH} \approx 4$.	D. $\text{pH} \approx 9,2$.	

ConCours 3

Epreuve de Physique ⌚ 30 min

Question 1 : On réalise une expérience de diffraction de la lumière à l'aide d'une source lumineuse (S) monochromatique de longueur d'onde dans l'air $\lambda = 632,8\text{nm}$. On place à quelques centimètres de cette source un fil fin de diamètre a . On place un écran à la distance d du fil.

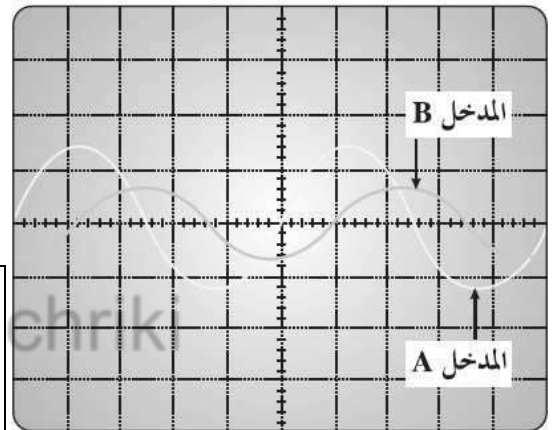
Quand on éclaire le fil par (S), on observe sur l'écran des franges de diffraction. On note par 2ℓ la largeur de la frange centrale. L'expression de l'écart angulaire θ entre le milieu de la frange centrale et l'un de ses

extrémités est $\theta = \frac{\lambda}{a}$ (on considère l'angle θ petit). On donne $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

- A. La largeur de la frange centrale diminue quand la distance entre le fil et l'écran augmente.
- B. Le phénomène de diffraction met en évidence la dispersion de la lumière.
- C. La fréquence de l'onde lumineuse varie après le passage par le fil.
- D. L'expression de ℓ est $\ell = \frac{\lambda \cdot d}{a}$.
- E. Les limites des fréquences du spectre visible dont appartient l'onde étudiée est $8 \cdot 10^{11} \text{ kHz} - 3 \cdot 10^{13} \text{ kHz}$.

Question 2 : Un émetteur E d'ultrason produit des ondes sinusoïdales de fréquence $N \approx 40 \text{ kHz}$. On relie E à la voix A d'un oscilloscope. On place devant E un récepteur R de ces ondes émises et on le relie à la voix B de l'oscilloscope, on obtient alors l'oscillogramme représenté sur la figure ci-joint. On donne $5\mu\text{s} / \text{div}$ (sensibilité horizontale).

- A. Ces ondes peuvent se propager dans le vide.
- B. La fréquence de l'onde reçue par R est très petite devant celle de l'émetteur.
- C. Quand on éloigne progressivement R de E, le retard de l'onde diminue.
- D. On place R dans une position R_1 pour que les courbes observées sur l'oscilloscope soient en phase. On constate que ce phénomène se répète 20 fois quand on éloigne progressivement R d'une distance $d = 17,2\text{cm}$. La longueur d'onde est alors $\lambda = 8,6\text{mm}$.
- E. La vitesse des ultrasons est proche de la vitesse de la lumière dans l'air.



Question 3 : Les transformations nucléaires

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> A. Le noyau fils de ^{238}U par désintégration α contient 236 nucléons. B. La masse du noyau est la somme des masses de ses nucléons. C. eV est l'unité des hautes tensions. | <ul style="list-style-type: none"> D. La quantité désintégrée d'un noyau radioactif est proportionnelle au temps de désintégration. E. La courbe d'Aston représente l'opposé de l'énergie de liaison par nucléon en fonction du nombre de nucléons A. |
|--|---|

Question 4 : La proportion du carbone 14 reste constante dans l'atmosphère et pour les organismes vivants, à la mort de ces derniers cette proportion diminue selon la loi de la décroissance radioactive. Le carbone $^{14}_6\text{C}$ se désintègre spontanément en donnant $^{14}_7\text{N}$.

Pour déterminer l'âge d'un morceau de bois trouvé par des paléontologues, on a pris un échantillon et la mesure de son activité a donné 6,68 désintégrations par minute pour un gramme du carbone. L'activité d'un morceau du bois récent du même type que celle étudiée est de 13,5 désintégrations par minute pour un gramme du carbone.

On donne : La demi vie du carbone 14 est de 5730 ans ; masse de l'électron $m(e) = 0,0005u$
 $m({}^{14}_6C) = 13,9999u$; $m({}^{14}_7N) = 13,9992u$; $1u = 931,5MeV.c^{-2}$

- | | |
|--|---|
| <p>A. La désintégration du carbone ${}^{14}_6C$ est de type β^+.</p> <p>B. L'énergie associée à la désintégration du carbone 14 est $18,63MeV$.</p> | <p>C. L'énergie associée à la désintégration du carbone 14 est $186,3MeV$.</p> <p>D. L'âge approximative du morceau du bois est 2006,6ans.</p> <p>E. L'âge approximative du morceau du bois est 5816ans.</p> |
|--|---|

Question 5 : A l'instant $t_0 = 0$ on relie un condensateur déchargé initialement et de capacité C_0 à un générateur idéal du courant qui donne un courant d'intensité $I_0 = 0,2mA$.

- A. La variation de la charge du condensateur entre l'instant t_0 et $t_1 = 5s$ est $\Delta Q_1 = 10^{-4}C$.
- B. La variation de la charge du condensateur entre l'instant t_1 et $t_2 = 10s$ est $\Delta Q_2 = 2\Delta Q_1$.
- C. La tension U entre les bornes du condensateur varie exponentiellement avec le temps.
- D. A l'instant $t_3 = 50s$, la tension aux bornes du condensateur est $U = 5V$. La capacité du condensateur est $C_0 = 2mF$.
- E. A l'instant t_3 l'énergie emmagasinée dans le condensateur est $2,5mJ$.

Question 6 : Dans le circuit électrique représenté ci-contre : $E = 6V$, $L = 0,8H$, $r = 4\Omega$, $R = 1k\Omega$.

Expérience1 : on ferme l'interrupteur.

Dans le régime permanent :

- A. L'intensité du courant traversant le conducteur ohmique est $I_R = 0,6mA$.

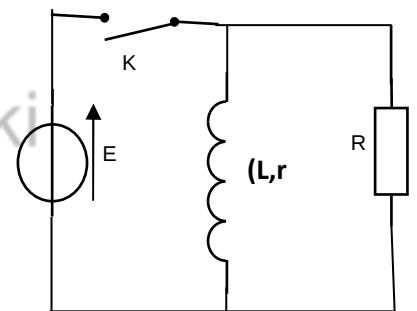
- B. L'énergie emmagasinée dans la bobine est $E_m = 0,6J$.

Expérience2 : à $t=0$ on ouvre l'interrupteur

- C. L'équation différentielle vérifiée par la tension u_R entre les bornes du

conducteur ohmique est :
$$\frac{du_R}{dt} + \frac{L}{R+r} u_R = 0$$

- D. La valeur de u_R juste après l'ouverture de l'interrupteur est $1500V$.
- E. La valeur de u_R juste après l'ouverture de l'interrupteur est $6V$.



Question 7 : On charge complètement un condensateur de capacité $C = 6\mu F$ à l'aide d'un générateur de tension de force électromotrice $E = 6V$. Après à l'instant $t=0$, on le décharge dans une bobine d'inductance $L = 60mH$ et de résistance négligeable, on obtient ainsi un circuit oscillant.

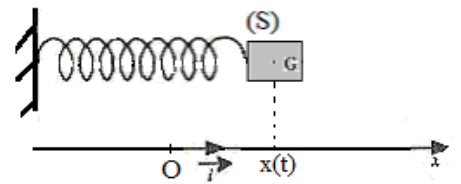
- A. L'énergie totale emmagasinée dans le circuit est de $10,8mJ$.
- B. La période de l'énergie emmagasinée dans la bobine est égale à la période propre des oscillations.
- C. La valeur minimale de la charge du condensateur au cours des oscillations est $q_{min} = 0$.
- D. La période propre des oscillations du circuit dépend de la charge initiale du condensateur.
- E. L'amplitude des oscillations de l'intensité du courant dans le circuit est $I_m = E \sqrt{\frac{C}{L}}$.

Question 8 : On réalise un essai de freinage d'une voiture de masse $m = 1,4t$ et de centre d'inertie G sur une piste horizontale rectiligne. Lors d'un parcours $AB = 100m$ de sa trajectoire, on enregistre en A une vitesse $v_A = 108km.h^{-1}$ et en B une vitesse $v_B = 90km.h^{-1}$.

On considère que les forces de frottement sont équivalentes à une force de freinage unique $\vec{f}$ d'intensité constante et de sens opposée à la vitesse.

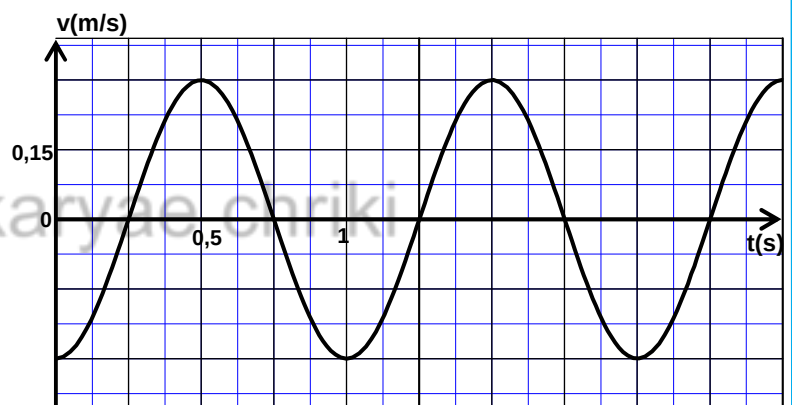
- | | |
|---|--|
| <p>A. La valeur algébrique de l'accélération de G est $a_G = -2,5m.s^{-2}$.</p> <p>B. L'intensité de la force de frottement est $f = 10^3 N$</p> <p>C. La distance AC nécessaire à l'arrêt de la voiture est $AC \approx 3,3.10^2 m$</p> | <p>D. On choisi comme origine des espaces le point A et comme origine des dates l'instant de passage en A. L'expression de la vitesse en fonction du temps est $v = 2,5t + 30$ (SI).</p> <p>E. Dans les mêmes conditions précédentes, l'instant du passage par le point B est $t_B = 16s$.</p> |
|---|--|

Question 9 : Un oscillateur mécanique est formé d'un corps solide (S) de masse $m = 100g$ et de centre d'inertie G fixé à l'extrémité libre d'un ressort horizontal à spire non jointives de masse négligeable et de raideur K, l'autre extrémité du ressort est fixé à un support.



On néglige les frottements et on prend $\pi^2 = 10$.

La courbe ci-contre représente la variation de la vitesse de G en fonction du temps.



- | |
|---|
| <p>A. $t=0$, $x = x_m$ (x_m est amplitude des oscillations)</p> <p>B. L'amplitude de G est $x_m \approx 0,3 cm$.</p> <p>C. La période des oscillations est de $0,5s$.</p> <p>D. La valeur de la raideur du ressort est $K = 4N.m^{-1}$.</p> <p>E. L'intensité de la tension du ressort à l'instant $t = 0,25s$ est $0,08N$.</p> |
|---|

Question 10: On prend les mêmes données de la question précédente et on choisi comme origine de l'énergie potentielle élastique la position d'équilibre de (S)($x=0$).

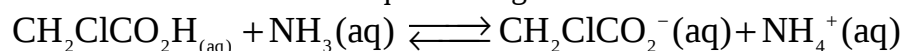
- | |
|---|
| <p>A. Le travail de la force de rappel a les dimensions d'une puissance.</p> <p>B. L'énergie mécanique du système oscillant est $E_m = 4,5J$.</p> <p>C. L'énergie mécanique du système oscillant est $E_m = 0,45J$.</p> <p>D. Le travail de la force de rappel quand G passe de la position $x(t=0)$ à la position $x(t=1s)$ est de $9mJ$.</p> <p>E. Le travail de la force de rappel quand G passe de la position $x(t=0)$ à la position $x(t=1s)$ est de 0.</p> |
|---|

Question 11 : On obtient un système chimique en mélangeant :

- $V_1 = 20\text{mL}$ de solution d'acide chloroacétique $\text{CH}_2\text{ClCO}_2\text{H}_{(\text{aq})}$ de concentration $C_1 = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{mol.L}^{-1}$;
- $V_2 = 30\text{mL}$ de solution de chloroacetate de sodium $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{CH}_2\text{ClCO}_2^-(\text{aq})$ de concentration $C_2 = 10^{-2} \text{mol.L}^{-1}$;
- $V_3 = 30\text{mL}$ de solution de chlorure d'ammonium $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ de concentration $C_3 = 0,5 \cdot 10^{-2} \text{mol.L}^{-1}$;
- $V_4 = 20\text{mL}$ de solution d'ammoniac $\text{NH}_3(\text{aq})$ de concentration $C_4 = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{mol.L}^{-1}$.

On donne à 25°C : $\text{pK}_{\text{A1}}(\text{CH}_2\text{ClCO}_2\text{H} / \text{CH}_2\text{ClCO}_2^-) = 2,9$; $\text{pK}_{\text{A2}}(\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3) = 9,2$.

Une des réactions acido-basique envisageable s'écrit :



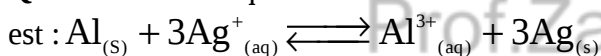
Le quotient de réaction dans l'état initial vaut :

A. $Q_{\text{r,i}} \approx 0,37$	B. $Q_{\text{r,i}} \approx 2,7$	C. $Q_{\text{r,i}} \approx 10^{-2,9}$	D. $Q_{\text{r,i}} = 10^{-14}$	E. $Q_{\text{r,i}} \approx 10^{-2,9}$
----------------------------------	---------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------	---------------------------------------

Question 12 : On prend les mêmes données de la question précédente ainsi que la même réaction.

A. La valeur de la constante d'équilibre de la réaction précédente est $K = 2 \cdot 10^6$.	D. La constante d'équilibre dépend des concentrations initiales des composantes du système chimique.
B. La valeur de la constante d'équilibre de la réaction précédente est $K = 0,5 \cdot 10^{-6}$.	E. La valeur de la constante d'équilibre de la réaction précédente est $K = 10^{-14}$.
C. La constante d'équilibre ne dépend pas de la température.	

Question 13 : L'équation de la réaction du fonctionnement d'une pile



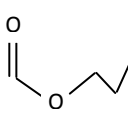
Lorsque cette pile débite un courant électrique d'intensité I constante pendant une durée d'une heure, la masse de l'électrode de l'aluminium diminue de 54 mg.

Données : $1\text{F} = 9,65 \cdot 10^4 \text{C.mol}^{-1}$, $M(\text{Al}) = 27\text{g.mol}^{-1}$

L'intensité I du courant est :

A. $I \approx 0,12 \text{ A}$	B. $I \approx 0,04 \text{ A}$	C. $I \approx 0,36 \text{ A}$	D. $I \approx 0,16 \text{ A}$	E. $I \approx 0,60 \text{ A}$
-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

Question 14 : Choisir la réponse juste :

A. L'écriture topologique du méthanoate de butyle est 	D. Lors du fonctionnement d'une pile, les porteurs de charges sont les électrons dans le pont salin.
B. L'hydrolyse basique d'un ester mène à un équilibre chimique.	E. Un acide carboxylique réagit avec un alcool primaire pour donner le 2-méthylpropanoate d'éthyle. La formule de l'acide carboxylique est $(\text{CH}_3)_2\text{CH} - \text{CO}_2\text{H}$.
C. L'eau n'est pas un ampholyte.	

Question 15 : On réalise l'hydrolyse d'un ester E dans des conditions expérimentales convenables. Le volume de l'ester E utilisé est $V_E = 40 \text{ ml}$ et celui de l'eau est $V_e = 50 \text{ ml}$. On obtient ainsi une masse $m = 7,1\text{g}$ d'un alcool A. On donne : masse volumique de E : $0,876\text{g.cm}^{-3}$; la masse molaire de E : $M(\text{E}) = 130\text{g.mol}^{-1}$; la masse molaire de A : $M(\text{A}) = 88\text{g.mol}^{-1}$; masse volumique d'eau : 1g.cm^{-3}

A. La quantité de matière de l'acide formé est $n_a \approx 0,81 \text{ mol}$.	C. Le pourcentage d'ester réagit vaut 30%
B. La quantité de matière de l'acide formé est $n_a \approx 8,1 \text{ mmol}$.	D. Le pourcentage d'ester réagit vaut 70%.
	E. Le pourcentage d'ester réagit vaut 66%

Question 16 : On considère une solution aqueuse (S) d'ammoniac de volume V et de concentration $C = 5.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$. La concentration molaire des ions ammonium dans (S) est $2,8.10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$.
On donne : $K_e = 10^{-14}$ à 25°C .

A. Le taux d'avancement final de la réaction d'ammoniac avec l'eau à 25°C est 10,4% .	D. La relation entre la constante d'équilibre K et la constante d'acidité du couple $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$ est : $K = K_A$.
B. Le pH de la solution est $\text{pH} = 8,2$.	E. La relation entre la constante d'équilibre K et la constante d'acidité du couple $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$ est : $K.K_A = K_e$
C. La valeur de la constante d'équilibre associée à la réaction de l'ammoniac avec l'eau est $K = 1,6.10^{-4}$.	

Question 17 : Une solution aqueuse S_1 de volume $V_1 = 200 \text{ mL}$ contient 5.10^{-2} mol d'acide éthanóïque et 5.10^{-2} mol d'éthanoate de sodium. On donne : $\text{pK}_A(\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-) = 4,75$.

A. Le pH de la solution S_1 est $\text{pH} = 2,25$.	D. On ajoute à la solution S_2 un volume de 5 mL de solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_a = 1 \text{ mol.L}^{-1}$, on obtient une solution S_3 . Le pH de la solution S_3 est $\text{pH} = 3,75$.
B. On ajoute à la solution S_1 un volume de 15 mL d'eau, on obtient une solution S_2 . Le pH de S_2 est inférieur à celui de S_1 .	E. Le pH de la solution S_3 est $\text{pH} = 4,66$.
C. La concentration de l'espèce basique dans la solution S_1 est $0,35 \text{ mol.L}^{-1}$.	

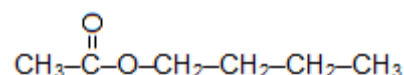
Question 18 : On a une solution aqueuse d'acide méthanoïque HCO_2H de concentration molaire $C_a = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$. On prend un volume $V_a = 20 \text{ mL}$ de cette solution et on y ajoute progressivement une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_b = 0,25 \text{ mol.L}^{-1}$. On donne : $\text{pK}_a(\text{HCOOH}/\text{HCOO}^-) = 3,8$.

A. Le volume V_{BE} d'hydroxyde de sodium nécessaire pour obtenir l'équivalence est $V_{\text{BE}} = 16 \text{ mL}$.	D. Le taux d'avancement final de la réaction du dosage est proche de 10% .
B. A l'équivalence $[\text{Na}^+] \approx 0,7 \text{ mol.L}^{-1}$.	E. Quand le volume ajouté de la solution d'hydroxyde est $V_b = \frac{V_{\text{BE}}}{2}$, le pH du mélange est $\text{pH} = 3,8$.
C. A l'équivalence $[\text{Na}^+] \approx 0,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.	

Question 19 : On considère une solution aqueuse (S) d'acide méthanoïque de volume $V = 20 \text{ mL}$ et de concentration $C = 5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. La mesure de son pH a donné $\text{pH} = 2,52$. On donne $\text{pK}_e = 14$ à 25°C

A. La quantité de matière initiale de l'acide méthanoïque nécessaire à la préparation du volume V est 10^{-2} mol .	D. L'acide méthanoïque et l'eau réagit selon l'équation : $\text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HO}^- + \text{HCOOH}_2^+$
B. La quantité de matière de HO^- présente dans la solution (S) est $1,5.10^{-9} \text{ mol}$.	E. La valeur du quotient de réaction de la réaction entre l'acide méthanoïque et l'eau à l'équilibre est égale à la valeur de la constante d'acidité du couple : $\text{HCOOH} / \text{HCOO}^-$.
C. La réaction entre l'acide méthanoïque et l'eau est une réaction totale.	

Question 20 : On considère un composé X de formule semi-développée :



A. Le composé X appartient à la famille des acides carboxyliques.	C. On peut préparer X à partir de deux composés A et B selon la réaction : $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{X} + \text{H}_2\text{O}$ Le composé A peut être le butan-1-ol et B l'acide éthanóïque.	D. Le composé A peut être l'éthanol et B l'acide butanoïque.
B. X est le butanoate d'éthyle.		E. La réaction précédente est une réaction de saponification.

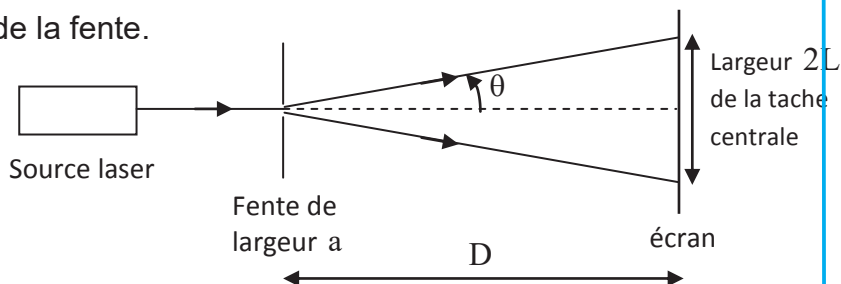
ConCours 4

Epreuve de Physique 🕒 30 min

Question 1 : On éclaire une fente de largeur $a=0,063\text{ mm}$ à l'aide d'un laser émettant un faisceau rouge de fréquence $N=4,74.10^{11}\text{ kHz}$.

Un écran est situé à une distance $D=2\text{ m}$ de la fente.

On donne : $c=3.10^8\text{ m.s}^{-1}$.



- | | | |
|--|--|---|
| <p>A. $\theta \approx 0,01^\circ$.</p> <p>B. θ aurait été plus grand si le faisceau laser utilisé avait été vert.</p> | <p>C. Si on augmente D, la largeur de la tache centrale diminue.</p> | <p>D. Si on multiplie par deux la distance entre la source laser et la fente, la largeur de la tache centrale se multiplie aussi par deux.</p> <p>E. $L \approx 2\text{ cm}$</p> |
|--|--|---|

Question 2 : Données : La constante du temps du cobalt $^{60}_{27}\text{Co}$ est de 7,6 ans ; $N_A = 6,02.10^{23}\text{ mol}^{-1}$; $m(^{60}_{27}\text{Co})=59,8523\text{ u}$; $m(e)=5,486.10^{-4}\text{ u}$; $m(^{60}_{28}\text{Ni})=59,8493\text{ u}$; $1\text{ u}=931,494\text{ MeV.c}^{-2}$.

$^{60}_{27}\text{Co}$ est un noyau radioactif qui subie la désintégration β^- en se transformant au nickel(Ni).

- | | |
|--|---|
| <p>A. L'énergie de la réaction pour une mole de noyaux est $\Delta E = -2,283\text{ MeV}$.</p> <p>B. L'énergie de la réaction pour une mole de noyaux est $\Delta E \approx -0,38.10^{23}\text{ MeV}$.</p> | <p>C. Au bout de 15,81 ans, le pourcentage des noyaux $^{60}_{27}\text{Co}$ restants par rapport au nombre initial est de 33%.</p> <p>D. Au bout de 15,81 ans, le pourcentage des noyaux $^{60}_{27}\text{Co}$ désintégré par rapport au nombre initial est de 66%.</p> <p>E. Toutes les réponses proposées sont fausses</p> |
|--|---|

Question 3 :

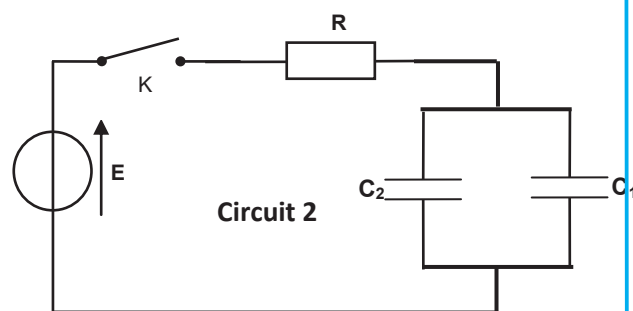
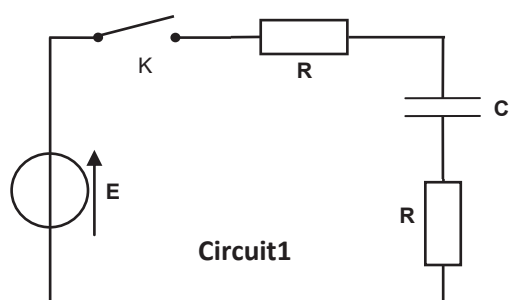
- | | |
|--|---|
| <p>A. Au cour d'un mouvement circulaire uniforme, le vecteur vitesse est constant.</p> <p>B. La fréquence des radiations lumineuses visibles est comprise entre $7,5.10^{14}\text{ Hz}$ et $3,75.10^{11}\text{ kHz}$.</p> <p>C. La période de rotation de la terre autour de l'axe des pôles est de 365,25 jours.</p> | <p>D. La deuxième loi de Newton est valable dans tous les référentiels.</p> <p>E. Dans l'expression de l'intensité de la force de gravitation $F=G.\frac{m_A.m_B}{AB^2}$, la dimension de G est $[G]=L^2.M^{-1}.T^{-2}$.</p> |
|--|---|

Question 4 : Dans les schémas des deux montages suivants on a :

$R=10\text{ k}\Omega$; $C_1=C=1\mu\text{F}$; $C_2=3C$; $E=6\text{ V}$.

Les condensateurs ne sont pas chargés initialement(à $t=0$)

A $t=0$ on ferme K.



- | | |
|---|---|
| <p>A. Juste après la fermeture du circuit 1, l'intensité du courant est nulle.</p> <p>B. Juste après la fermeture du circuit 1, l'intensité du courant est $i_0 = 0,6 \text{ mA}$.</p> <p>C. La charge finale du condensateur dans le circuit 1 est $3 \mu\text{C}$.</p> | <p>D. Dans le circuit 2, la tension aux bornes du condensateur de capacité C_2 est de 2V en régime permanent.</p> <p>E. Pour décharger rapidement un condensateur, on utilise une faible résistance.</p> |
|---|---|

Question 5 : On prend les mêmes données de la question précédente.

- | | |
|--|--|
| <p>A. Dans le circuit 2, à l'instant $t = 6\tau$; l'énergie emmagasinée dans le condensateur de capacité C_1 est $1,8 \cdot 10^{-6} \text{ J}$.</p> <p>B. La constante du temps du circuit 2 est égale à la moitié de la constante du temps du circuit 1.</p> <p>C. La valeur de la constante du temps du circuit 1 est 5 ms.</p> | <p>D. Dans le circuit 2, à chaque instant on a $q_2 = 3q_1$. (q_1 étant la charge du condensateur de capacité C_1 et q_2 celle du condensateur de capacité C_2)</p> <p>E. En régime permanent le condensateur équivalent dans le circuit 2 se comporte comme un résistor.</p> |
|--|--|

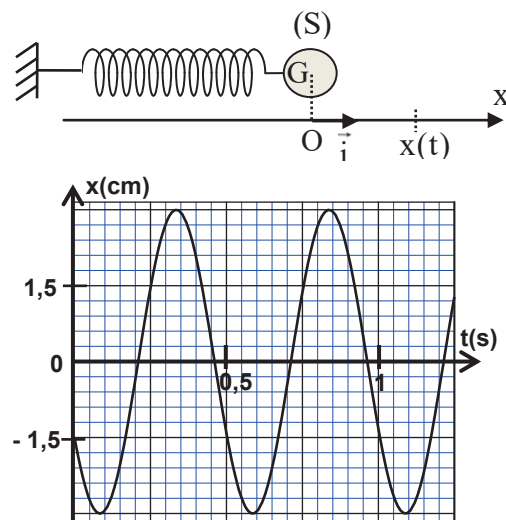
Question 6 :

- | | |
|---|--|
| <p>A. Le son audible a une fréquence comprise entre 20kHz et 200kHz.</p> <p>B. Dans un circuit RLC série peu amorti, la pseudo-période est égale à la période propre.</p> <p>C. Les ultrasons sont des ondes mécaniques.</p> | <p>D. L'énergie de liaison d'un noyau d'hydrogène est $8,3 \text{ MeV}$.</p> <p>E. La période des oscillations entretenues dépend des caractéristiques du dispositif d'entretien.</p> |
|---|--|

Question 7 : Un oscillateur mécanique horizontale (corps solide-ressort) est formé d'un corps solide (S), de masse $m = 160 \text{ g}$ et de centre d'inertie G , fixé à l'extrémité libre d'un ressort à spire non jointives de masse négligeable et de raideur K . L'autre extrémité du ressort est fixée à un support. On repère la position de G à chaque instant t par l'abscisse x dans le repère $(O, \vec{i})$.

On choisit la position $x = \frac{X_m}{2}$ de G (X_m étant l'amplitude des oscillations) comme référence de l'énergie potentielle élastique E_{pe} et le plan horizontal passant par G comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur. On néglige les frottements.

La courbe ci-joint représente la variation de x en fonction du temps. $\left(x = X_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} t + \varphi\right) \right)$

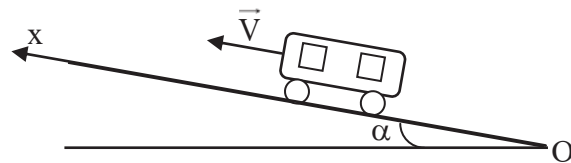


- | | |
|--|--|
| <p>A. $K = 20 \text{ N.m}^{-1}$.</p> <p>B. $K = 5 \text{ N.m}^{-1}$.</p> <p>C. La vitesse à l'origine des temps est $v = 0,38 \text{ m.s}^{-1}$.</p> | <p>D. La norme de la vitesse à l'origine des temps est $v \approx 0,33 \text{ m.s}^{-1}$.</p> <p>E. La valeur de la vitesse maximale est $v_{\max} \approx 0,51 \text{ m.s}^{-1}$.</p> |
|--|--|

Question 8 : On prend les mêmes données de la question précédente .

A. L'expression de l'énergie potentielle élastique à l'instant t est $E_{pe} = \frac{1}{2} K \cdot x^2$.	C. L'expression de l'énergie mécanique du système oscillant est $E_m = \frac{3}{8} K \cdot X_m^2$.
B. L'expression de l'énergie potentielle élastique à l'instant t est $E_{pe} = \frac{1}{2} K (x^2 + X_m^2)$	D. L'expression de l'énergie mécanique du système oscillant est $E_m = \frac{1}{2} K \cdot X_m^2$.
E. Toutes les réponses proposées sont fausses.	

Question 9 : Le wagon de queue d'un train se détache alors qu'il aborde une côte à la vitesse $V = 30 \text{ m.s}^{-1}$. La masse du wagon et des voyageurs est de 170 tonnes, la voie fait un angle $\alpha = 10^\circ$ avec l'horizontale. Les roues du wagon sont freinées par un frottement solide d'intensité constante $f = 221 \text{ kN}$. Une fois immobilisé, le wagon redescend.
 $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.



Le frottement solide est présent lors de la montée et de la descente avec la même intensité. Après le détachement et avant de s'arrêter :

A. L'accélération du mouvement du wagon est $a_x = -0,4 \text{ m.s}^{-2}$.	C. $a_x = 0,4 \text{ m.s}^{-2}$.	E. Le wagon va s'arrêter au bout de 12s après son détachement.
B. $a_x = 0$.	D. Le wagon va s'arrêter au bout de 10s après son détachement.	

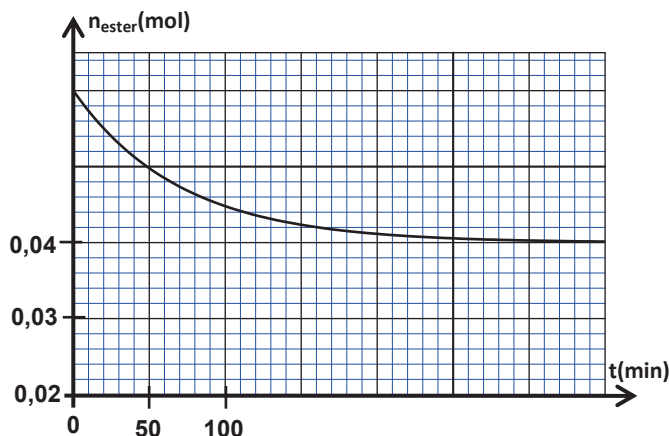
Question 10 : On prend les mêmes données de la question précédente. Pendant la descente :

A. L'accélération du mouvement du wagon est $a'_x = -3 \text{ m.s}^{-2}$.	C. Le wagon va parcourir la distance de 20m après 10s de son arrêt.
B. L'accélération du mouvement du wagon est $a'_x = 0,4 \text{ m.s}^{-2}$.	D. L'intensité de la réaction normale des rails sur le wagon est de $1,6 \cdot 10^4 \text{ N}$. E. Toutes les réponses proposées sont fausses.

Question 11 :

- | | |
|---|---|
| <p>A. Les constituants essentiels du bronze sont le cuivre et le fer.</p> <p>B. Les constituants essentiels de la fonte sont le fer et l'aluminium.</p> | <p>C. Le pH d'une solution neutre est toujours égale à 7, il est indépendant de la température.</p> <p>D. On dit que le dioxyde de carbone trouble l'eau de chaux, ceci est dû à la formation du carbonate de calcium.</p> <p>E. Toutes les affirmations proposées sont fausses.</p> |
|---|---|

Question 12 : On réalise un mélange équimolaire de méthanoate d'éthyle et d'eau. Dans des conditions expérimentales déterminées, on est aboutie à tracer le graphe de l'évolution avec le temps de la quantité de matière de l'ester. (schémas ci-contre)



- | | | |
|---|---|---|
| <p>A. La vitesse volumique de la réaction est nulle à $t=0$.</p> <p>B. Le temps de demie-réaction est de 50 min.</p> | <p>C. Le temps de demie-réaction est proche de 150 min.</p> <p>D. Le taux d'avancement final de la réaction est 0,50.</p> | <p>E. Le taux d'avancement de la réaction à $t=50$ min est 0,25</p> |
|---|---|---|

Question 13 : On prend les mêmes données de la question précédente.

- | | |
|--|--|
| <p>A. Le rendement de la réaction est $r \approx 66,7\%$</p> <p>B. La quantité de matière d'alcool dans le mélange réactionnel à $t=50$ min est 0,05 mol</p> | <p>C. La valeur de la constante d'équilibre est 4.</p> <p>D. La valeur de la constante d'équilibre est 0,75</p> <p>E. Toutes les propositions sont fausses.</p> |
|--|--|

Question 14 : On dissout un comprimé de 500 mg de vitamine C (acide ascorbique : $C_6H_8O_6$) dans 100 mL d'eau. La solution (S1) obtenue a un pH : $pH_1 = 2,8$.

On dilue 10 fois la solution (S1), on obtient alors une solution (S2) de pH : $pH_2 = 3,3$.

On donne : $M(H) = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(C) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(O) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

- | | |
|--|---|
| <p>A. La constante d'équilibre est de 10^{-5}.</p> <p>B. La constante d'équilibre est de 10^{-6}.</p> <p>C. Le taux d'avancement final de (S2) est $\tau_2 = 10^{pH_2 - pH_1 + 1} \cdot \tau_1$.</p> | <p>D. Le taux d'avancement final de (S2) est $\tau_2 = 10^{pH_1 - pH_2 + 1} \cdot \tau_1$.</p> <p>E. Toutes les propositions sont fausses.</p> |
|--|---|

Question 15 Les ions étain(IV) réagissent avec les ions thiosulfate ($S_2O_3^{2-}$) pour donner des ions étain(II) et tétrathionate ($S_4O_6^{2-}$). La constante d'équilibre associée à cette réaction est $K = 110$.

On prépare 200 mL de solution à partir de $n_1 = 1,2 \text{ mmol}$ d'ions Sn^{4+} , $n_2 = 2 \text{ mmol}$ d'ions Sn^{2+} , $n_3 = 2,1 \text{ mmol}$ d'ions $S_2O_3^{2-}$ et $n_4 = 1 \text{ mmol}$ d'ion $S_4O_6^{2-}$.

- | | | |
|--|--|--|
| <p>A. L'expression de la constante d'équilibre est</p> $K = \frac{[S_4O_6^{2-}]_{\text{eq}} \cdot [Sn^{2+}]_{\text{eq}}}{[Sn^{4+}]_{\text{eq}} [S_2O_3^{2-}]_{\text{eq}}}$ <p>B. Le système évolue dans le sens inverse.</p> | <p>C. La valeur de l'avancement à l'équilibre est $x_{\text{eq}} = 8,72 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$.</p> <p>D. La valeur de l'avancement à l'équilibre est $x_{\text{eq}} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$.</p> | <p>E. Si on double les quantités de matière des espèces chimiques présentes dans le mélange réactionnel, la constante d'équilibre devient $K = 220$.</p> |
|--|--|--|

Question 16 : On forme une pile Plomb/Etain en associant :

- Une lame d'étain Sn ,plongée partiellement dans $V=100\text{ mL}$ d'une solution aqueuse de chlorure d'étain II : $\text{Sn}_{(\text{aq})}^{2+} + 2\text{Cl}_{(\text{aq})}^{-}$ de concentration initiale $C_1 = [\text{Sn}_{(\text{aq})}^{2+}]_i = 0,1\text{ mol.L}^{-1}$.

-Une lame de plomb Pb ,plongée partiellement dans $V=100\text{ mL}$ d'une solution aqueuse de nitrate de plomb II : $\text{Pb}_{(\text{aq})}^{2+} + 2\text{NO}_{3(\text{aq})}^{-}$ de concentration initiale $C_2 = [\text{Pb}_{(\text{aq})}^{2+}]_i = 10^{-2}\text{ mol.L}^{-1}$.

Les deux lames sont liées par un résistor et un interrupteur montés en série et les deux solutions par un pont salin.

A $t=0$, on ferme l'interrupteur et un courant d'intensité supposée constante $I=10\text{ mA}$ circule dans le circuit. On donne : $1F = 9,65.10^4\text{ C.mol}^{-1}$

La constante d'équilibre associée à l'équation $\text{Pb}_{(\text{aq})}^{2+} + \text{Sn}_{(\text{s})} \xrightleftharpoons[(2)]{(1)} \text{Pb}_{(\text{s})} + \text{Sn}_{(\text{aq})}^{2+}$ vaut $K=2,18$.

A. Le sens de l'évolution spontanée du système chimique constituant la pile est le sens(1) de l'équation de la réaction. B. La lame d'étain est le pôle négatif de la pile.	C. L'électrode de plomb est la cathode. D. L'avancement de la réaction à l'équilibre est $x_e = \frac{(C_1 - KC_2) \cdot V}{1 + K}$.	E. L'avancement de la réaction à l'équilibre est $x_e = \frac{(KC_1 - C_2) \cdot V}{1 + K}$.
---	--	--

Question 17 : On prend les mêmes données de la question précédente. La date t_{eq} à laquelle le système chimique est en équilibre est :

A. $t_{\text{eq}} \approx 4,75.10^4\text{ s}$. B. $t_{\text{eq}} \approx 1,19.10^4\text{ s}$.	C. $t_{\text{eq}} \approx 1,26.10^5\text{ s}$. D. $t_{\text{eq}} \approx 3,15.10^4\text{ s}$.	E. Toutes les réponses proposées sont fausses.
---	---	--

Question 18 : On dose un volume $V_1=20\text{ mL}$ d'une solution aqueuse de sulfate de fer II par une solution aqueuse de permanganate de potassium (en milieu acide) de concentration $C_2=2.10^{-2}\text{ mol.L}^{-1}$.Le volume à l'équivalence est $V_2=20\text{ mL}$.

La concentration de la solution de sulfate de fer II est :

A. $C_1=C_2$. B. $C_1=0,1\text{ mol.L}^{-1}$.	C. $C_1=4.10^{-3}\text{ mol.L}^{-1}$. D. $C_1=10^{-2}\text{ mol.L}^{-1}$.	E. Toutes les réponses proposées sont fausses.
---	---	--

Question 19 : Une bouteille d'un litre de vinaigre à 6° contient 60g d'acide éthanoïque .Le pH de ce vinaigre est $\text{pH}=2,3$. $M(\text{CH}_3\text{COOH})=60\text{ g.mol}^{-1}$.

A. La concentration molaire initiale en acide éthanoïque du vinaigre étudié est $0,1\text{ mol.L}^{-1}$. B. $\frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]_f}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_f} = 0,115$.	C. $\frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]_f}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_f} = 0,005$. D. $Q_{r,\text{eq}} \approx 2,5.10^{-5}$. E. $Q_{r,\text{eq}} \approx 2,5.10^{-4}$.
---	--

Question 20 : Dans la solution du vinaigre de la question précédente, on introduit ,sans variation de volume, une masse $m=1\text{ g}$ de benzoate de sodium solide($\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{Na}$). La réaction susceptible de se produire est : $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})} + \text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^{-}_{(\text{aq})} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^{-}_{(\text{aq})} + \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}_{(\text{aq})}$.Sa constante d'équilibre est $K=0,25$.

$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{Na})=144\text{ mol.L}^{-1}$

A. La concentration molaire initiale en ion benzoate dans le vinaigre est $10^{-2}\text{ mol.L}^{-1}$. B. La concentration molaire finale de l'ion éthanoate est proche de $6,7.10^{-3}\text{ mol.L}^{-1}$.	C. La concentration finale de l'ion éthanoate est proche de $10^{-3}\text{ mol.L}^{-1}$. D. La concentration finale de l'ion éthanoate est proche de $6,7.10^{-4}\text{ mol.L}^{-1}$. E. Toutes les réponses proposées sont fausses
---	---

Question 11 : choisir la réponse juste :

- | | |
|---|--|
| <p>A. La lumière est une onde transversale dont la célérité est la même dans tous les milieux transparents .</p> <p>B. La lumière blanche est constituée de plusieurs radiations qui ont la même longueur d'onde..</p> <p>C. La fréquence d'une onde lumineuse varie avec le milieu de propagation.</p> | <p>D. La dispersion de la lumière blanche par un prisme montre que l'indice du milieu varie avec la fréquence..</p> <p>E. La dispersion par un prisme est l'équivalent de la diffraction pour les ondes mécaniques progressives.</p> |
|---|--|

Question 12 : Le noyau A_ZX se décompose selon la réaction : ${}^A_ZX \longrightarrow {}^{14}_7N + {}^0_{-1}y$.

- | | |
|---|--|
| <p>A. ${}^0_{-1}y$ est un positron .</p> <p>B. L'atome du noyau A_ZX possède 6 électrons.</p> <p>C. A_ZX et ${}^{14}_7N$ sont des isotopes.</p> | <p>D. Le noyau A_ZX contient 6 neutrons.</p> <p>E. La réaction est de type β^+.</p> |
|---|--|

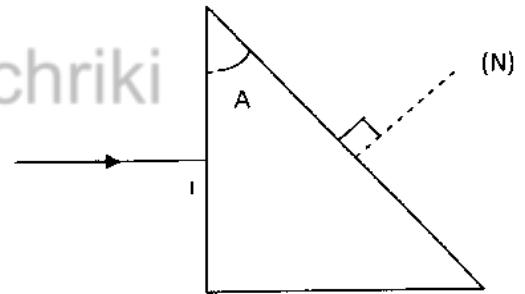
Question 13 : La demie vie du polonium ${}^{210}_{84}Po$ est de 140 jours et sa masse molaire est $M = 210 \text{ g.mol}^{-1}$. On donne $N_A = 6,02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

A $t=0$, un échantillon radioactif contient 1g de ${}^{210}_{84}Po$. Après 560 jours, la masse désintégrée du ${}^{210}_{84}Po$ est :

- | | | |
|--|---|---|
| <p>A. $m_d \approx 9,37.10^2 \text{ mg}$.</p> <p>B. $m_d \approx 9,37 \text{ mg}$.</p> | <p>C. $m_d \approx 62,5 \text{ mg}$.</p> <p>D. $m_d \approx 6,25 \text{ mg}$.</p> | <p>E. Toutes les réponses proposées sont fausses.</p> |
|--|---|---|

Question 14 : Un faisceau de lumière monochromatique atteint en incidence normale en un point I la face verticale d'un prisme d'angle au sommet $A = 30^\circ$ (figure). On note (N) la normale à la face oblique du prisme .

Données : -indice de réfraction de l'air : $n=1$
 - indice de réfraction du prisme : $n_p = 1,42$.
 -célérité de la lumière dans l'air : 3.10^8 m.s^{-1}
 - longueur d'onde du faisceau dans l'air est proche de $656,3 \text{ nm}$.



- | | |
|--|--|
| <p>A. Le faisceau incident se dévie après sa réfraction au point I.</p> <p>B. La valeur de l'angle de réfraction du faisceau incident sur la face oblique du prisme est proche de 45°.</p> | <p>C. La valeur de l'angle de réfraction du faisceau incident sur la face oblique du prisme est proche de 30°.</p> <p>D. La célérité du faisceau à l'intérieur du prisme est $v \approx 2,1.10^7 \text{ m.s}^{-1}$.</p> <p>E. La célérité du faisceau à l'intérieur du prisme est $v \approx 2,1.10^6 \text{ m.s}^{-1}$.</p> |
|--|--|

Question 15 : On prend les mêmes données de la question précédente .

- | | |
|--|--|
| <p>A. La longueur d'onde du faisceau dans le prisme est $656,3 \text{ nm}$.</p> <p>B. La longueur d'onde du faisceau dans le prisme est $462,2 \text{ pm}$.</p> <p>C. La fréquence du faisceau dans le prisme est $N \approx 3,2.10^{15} \text{ Hz}$.</p> | <p>D. La fréquence du faisceau dans le prisme est $N \approx 3,2.10^{14} \text{ Hz}$.</p> <p>E. La fréquence du faisceau dans le prisme est $N \approx 4,57.10^{14} \text{ Hz}$.</p> |
|--|--|

Question 16 : Dimensions de quelques grandeurs

A. La dimension d'une force est $[F] = M.L.T^2$.

B. La dimension d'une pression est $[P] = M.L^{-1}.T^2$

C. La dimension d'un travail est $[W] = M.L^2.T^{-2}$

D. La dimension de la masse volumique est $[\rho] = L.M^{-3}$.

E. La dimension d'une accélération est $[a] = L.T^{-2}$.

Question 17 : On considère le circuit électrique suivant :

Données :

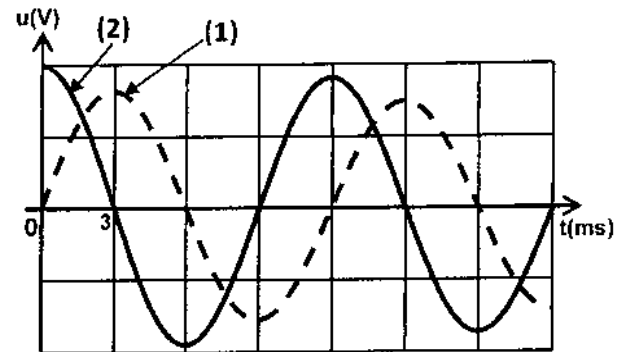
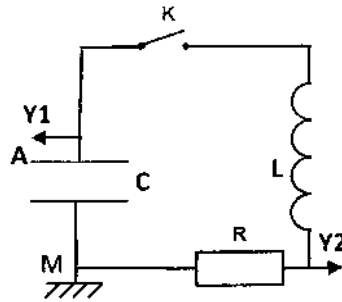
-A $t=0$ le condensateur est chargé et son armature A porte la charge $Q_0 = 20\mu C$.

- capacité du condensateur $C = 20\mu F$

et on prend $\pi^2 = 10$.

-La pseudopériode de l'oscillateur est voisine de la période propre.

A $t=0$, on ferme l'interrupteur K et on visualise la tension aux bornes du condensateur et aux bornes du conducteur ohmique. (courbes (1) et (2) en dessus).



A. La courbe (1) représente la tension aux bornes du condensateur.

B. A $t=0$, la tension aux bornes du condensateur est 2V.

C. L'équation différentielle vérifiée par la tension $u_c(t)$ aux bornes du condensateur

$$\text{est : } \frac{d^2 u_c}{dt^2} + \frac{R}{C} \frac{du_c}{dt} + \frac{L}{C} u_c = 0.$$

D. L'équation différentielle vérifiée par l'intensité du courant

$$\text{est : } \frac{d^2 i(t)}{dt^2} + \frac{R}{C} \frac{di(t)}{dt} + \frac{L}{C} i(t) = 0.$$

E. L'énergie totale maximale du circuit est 10^{-2} mJ .

Question 18 : On prend les mêmes données de la question précédente .

A. En fonction des unités ampère(A), volt(V) et seconde(s), l'unité du coefficient d'inductance d'une bobine est exprimée $V.s^{-1}.A^{-1}$.

B. En fonction des unités ampère(A), volt(V) et seconde(s), l'unité de la capacité d'un condensateur est exprimée en $V.s.A^{-1}$.

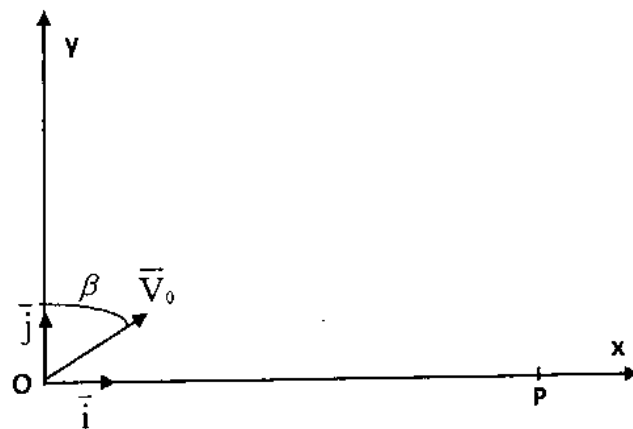
C. La valeur de l'inductance de la bobine est $L \approx 0,18 \text{ H}$

D. La valeur de l'inductance de la bobine est $L \approx 1,8.10^{-2} \text{ H}$.

E. La valeur de l'inductance de la bobine est $L \approx 0,36 \text{ H}$

Question 19 : A $t=0$, on lance une bille de masse m , supposée ponctuelle, avec une vitesse $\vec{V}_0$ faisant un angle β avec l'axe vertical. On étudie le mouvement de la bille dans un repère terrestre orthonormé $(O; \vec{i}; \vec{j})$ supposé galiléen (figure). On note $d = OP$ la portée, h la hauteur maximale atteinte par la bille à partir du sol. On néglige tout frottement, la bille est en chute libre.

On donne : $\beta = 60^\circ$, $V_0 = 4 \text{ m.s}^{-1}$, $m = 100 \text{ g}$, $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ et on choisit le plan horizontal passant par O comme référence à l'énergie potentielle de pesanteur.



- A. La vitesse de la bille est nulle au point d'altitude maximale de sa trajectoire.
- B. L'accélération de la bille est nulle au point d'altitude maximale de sa trajectoire.
- C. La bille arrive au point P à l'instant $t = 0,4 \text{ s}$.
- D. $h = 0,1 \text{ m}$
- E. $d = 0,8 \text{ m}$

Question 20 : On prend les mêmes données de la question précédente.

- | | |
|---|--|
| <p>A. L'expression de l'énergie potentielle en un point, de la trajectoire, d'abscisse x est : $E_p(x) = -\frac{5}{12}x^2 + \frac{\sqrt{3}}{3}x$.</p> <p>B. L'expression de l'énergie potentielle en un point, de la trajectoire, d'abscisse x est : $E_p(x) = -\frac{5}{4}x^2 + \sqrt{3}x$</p> | <p>C. L'expression de l'énergie potentielle à un instant t est : $E_p(t) = 5t^2 + 2t$.</p> <p>D. L'expression de l'énergie potentielle à un instant t est : $E_p(t) = -5t^2 + 2\sqrt{3}t$.</p> <p>E. Toutes les réponses proposées sont fausses.</p> |
|---|--|

Question 21 : Un système chimique contient des ions fer II (Fe^{2+}), des ions fer III (Fe^{3+}), des ions cérium III (Ce^{3+}) et des ions cérium IV (Ce^{4+}). Ce système peut être le siège d'une réaction

d'équation : $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{Ce}^{4+}_{(\text{aq})} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + \text{Ce}^{3+}_{(\text{aq})}$. Sa composition initiale est :

$[\text{Fe}^{2+}]_i = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$, $[\text{Fe}^{3+}]_i = 0,010 \text{ mol.L}^{-1}$, $[\text{Ce}^{4+}]_i = 0,050 \text{ mol.L}^{-1}$, $[\text{Ce}^{3+}]_i = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$.

A un instant t de l'évolution du système tel que $[\text{Fe}^{2+}]_t = 0,060 \text{ mol.L}^{-1}$, le quotient de réaction est :

A. $Q_r = 0,4$.	C. $Q_r = 20$.	E. $Q_r = 0,05$.
B. $Q_r = 0,2$.	D. $Q_r = 2$.	

Question 22 : Le tableau ci-contre donne les variations de $\text{p}K_e$ avec la température (K_e produit ionique de l'eau) :

60°C	8°C	Température
13	14,6	$\text{p}K_e$

A. Le pH d'une eau pure à 8°C est $\text{pH} = 6,3$.	C. A 60°C, une solution acide a un pH inférieur à 7,3.	E. A 60°C, une solution acide a un pH inférieur à 6,5.
B. Le pH d'une eau pure à 8°C est $\text{pH} = 6,7$.	D. A 60°C, une solution acide a un pH inférieur à 7.	

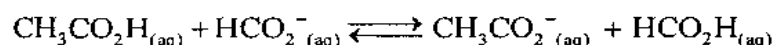
Question 23 : On mélange dans un bécher contenant de l'eau pure :

- $n_1 = 1 \text{ mmol}$ de méthanoate de sodium ($\text{HCO}_2^- + \text{Na}^+$),
- $n_2 = 1 \text{ mmol}$ d'acide méthanoïque HCO_2H ,
- $n_3 = 1 \text{ mmol}$ d'éthanoate de sodium ($\text{CH}_3\text{CO}_2^- + \text{Na}^+$)
- $n_4 = 2 \text{ mmol}$ d'acide éthanoïque $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$.

Données : * $\text{CH}_3\text{COOH} / \text{CH}_3\text{COO}^-$: $K_{A1} = 1,8 \cdot 10^{-4}$

* $\text{HCOOH} / \text{HCOO}^-$: $K_{A2} = 1,8 \cdot 10^{-5}$

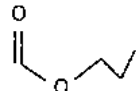
On modélise la transformation qui se produit par la réaction suivante :



A. La réaction qui se produit est une réaction d'oxydo-réduction.	C. Le quotient de réaction à l'état initial est $Q_{r,i} = 2$.	E. Le système évolue dans le sens de la formation de l'acide méthanoïque.
B. La constante d'équilibre de la réaction est $K = 0,1$.	D. Le système évolue dans le sens de la formation de l'acide éthanoïque.	

Question 24 : On réalise l'hydrolyse basique du méthanoate de pentyle par une solution d'hydroxyde de potassium en excès. Pour cela on mélange la quantité $n_e = 0,4 \text{ mol}$ d'ester avec une solution d'hydroxyde de potassium de concentration $C_b = 4 \text{ mol.L}^{-1}$. A la fin de la réaction, la masse d'alcool formée est $m_a = 28,2 \text{ g}$.

On donne : $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$, $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$, $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$.

A. La formule de l'ester utilisé est HCOOC_3H_7. B. L'écriture topologique du méthanoate de pentyle est 	C. La réaction qui se produit est limitée. D. La formule de l'alcool obtenu est : $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OH}$. E. La masse molaire de l'alcool obtenu est $M = 88\text{g.mol}^{-1}$
--	--

Question 25 : On prend les mêmes données de la question précédente (question 24)
Le volume minimal d'hydroxyde de potassium nécessaire pour hydrolyser tout l'ester est :

A. $V = 100\text{mL}$ B. $V = 10\text{mL}$.	C. $V = 1\text{mL}$ D. $V = 0,1\text{mL}$.	E. $V = 0,01\text{mL}$
---	--	--

Question 26 : On reprend les mêmes données de la question 24 :
Le rendement de la réaction est :

A. $r = 66,7\%$ B. $r = 80\%$.	C. $r = 33\%$ D. $r = 40\%$.	E. Toutes les réponses proposées sont fausses.
--	--	---

Question 27 : On considère la pile étain-argent : $\text{Sn}_{(s)} / \text{Sn}^{2+}_{(aq)} // \text{Ag}^{+}_{(aq)} / \text{Ag}_{(s)}$

Chaque électrode est placée dans un bécher contenant 200mL d'une solution du cation métallique correspondant à la concentration initiale $C_0 = 5.10^{-2}\text{mol.L}^{-1}$. On donne : $IF = 9,65.10^4\text{C.mol}^{-1}$.

A. L'électrode d'étain est la cathode. B. A l'extérieur de la pile, le sens du courant électrique est de l'électrode d'étain vers l'électrode d'argent. C. A l'électrode d'étain se produit la réduction.	D. Le passage du courant dans les solutions, contenues dans les béchers, est dû au déplacement des électrons qui sont mis en jeu dans les réactions d'oxydo-réduction qui se produisent. E. L'équation chimique globale lors du fonctionnement de la pile est : $\text{Sn}_{(s)} + 2\text{Ag}^{+}_{(aq)} \longrightarrow \text{Sn}^{2+}_{(aq)} + 2\text{Ag}_{(s)}$.
--	--

Question 28 : On prend les mêmes données de la question 27)
La quantité d'électricité maximale que peut débiter cette pile est :

A. $Q_{\text{max}} = 9,65\text{C}$ B. $Q_{\text{max}} = 9,65.10^{-2}\text{C}$.	C. $Q_{\text{max}} = 9,65.10^2\text{C}$ D. $Q_{\text{max}} = 4,82.10^2\text{C}$.	E. Toutes les réponses proposées sont fausses.
--	--	---

Question 29 : Choisir la réponse juste .

A. A l'état final, tous les systèmes chimiques sont dans un état d'équilibre. B. Le catalyseur n'influe pas sur la vitesse de réaction, mais sur le rendement de la réaction. C. La réaction entre l'acide éthanóïque et le propanol conduit à la formation de l'éthanoate d'éthyle.	D. Lors du fonctionnement d'une pile, il y a transformation d'une partie de l'énergie chimique en énergie électrique. E. Pour une transformation totale, le temps de demi-réaction représente la moitié de la durée totale de la transformation.
---	--

Question 30 : L'un des couples régulateurs du pH du sang est le couple $\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-}$ de $\text{pK}_a = 6,82$ à 37°C . Le pH du sang reste très voisin de 7,4.

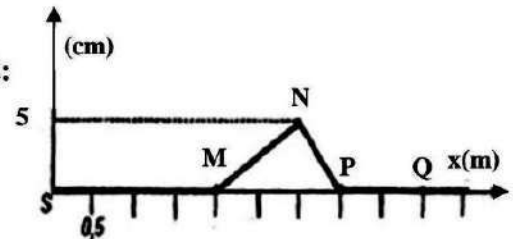
A. $[\text{HPO}_4^{2-}] = 0,26[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ B. $[\text{HPO}_4^{2-}] = 3,8[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$.	C. $[\text{HPO}_4^{2-}] = 0,38[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ D. $[\text{HPO}_4^{2-}] = 6,28[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$.	E. $[\text{HPO}_4^{2-}] = 2,6[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$.
---	--	--

Ondes mécaniques

On crée, à l'instant $t=0$, à l'une des extrémités S d'une corde, de longueur L, une onde progressive de célérité v. La figure ci-contre représente l'aspect d'une corde à l'instant de date $t=3,5$ s.

Q1 : La célérité v de propagation de l'onde le long de la corde est :

A	$v = 1 \text{ m.s}^{-1}$	B	$v = 1 \text{ cm.s}^{-1}$
C	$v = 0,2 \text{ m.s}^{-1}$	D	$v = 0,1 \text{ m.s}^{-1}$



Q2 : La durée du mouvement du point M est :

A	$\Delta t = 1 \text{ s}$	B	$\Delta t = 1,5 \text{ s}$	C	$\Delta t = 2 \text{ s}$	D	$\Delta t = 2,5 \text{ s}$
---	--------------------------	---	----------------------------	---	--------------------------	---	----------------------------

Q3 : Le point Q commence à vibrer à la date t_1 :

A	$t_1 = 3,5 \text{ s}$	B	$t_1 = 4,5 \text{ s}$	C	$t_1 = 5,5 \text{ s}$	D	$t_1 = 6,5 \text{ s}$
---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------

Q4 : Le point Q atteint son élongation maximale ($y_Q = 5 \text{ cm}$) à la date t_2 :

A	$t_2 = 4 \text{ s}$	B	$t_2 = 4,5 \text{ s}$	C	$t_2 = 5 \text{ s}$	D	$t_2 = 5,4 \text{ s}$
---	---------------------	---	-----------------------	---	---------------------	---	-----------------------

Q5 : L'élongation du Q à la date t_2 en fonction de l'élongation de S est :

A	$y_Q(t_2) = y_S(t_2 + t_1)$	B	$y_Q(t_2) = y_S(t_2 - \Delta t)$	C	$y_Q(t_2) = y_S(t_2 - t_1)$	D	$y_Q(t_2) = y_S(t_2 + \Delta t)$
---	-----------------------------	---	----------------------------------	---	-----------------------------	---	----------------------------------

Q6 : On garde les mêmes conditions précédentes, mais on double la longueur de la corde ($L'=2L$). La célérité de l'onde est :

A	$v'=2v$	B	$v'=v$	C	$v'=v/2$	D	$v'=4v$
---	---------	---	--------	---	----------	---	---------

Ondes ultrasonores

On exprime la vitesse de propagation du son dans un gaz diatomique par la relation suivante : $v = \sqrt{\frac{1,4.P}{\rho}}$ avec

P la pression du gaz et ρ la masse volumique du gaz qu'on considère parfait et vérifie la loi des gaz parfaits. Données : $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$ et la constante des gaz parfaits : $R = 8,31 \text{ Pa.m}^3.\text{mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

$$\sqrt{1,4 \times 8,31 \times 293 \times 10^3} \approx 1,85 \times 10^3; 10:1,85 \approx 5,4; \sqrt{2} \approx 1,4; 4,2 \times 5,4 = 22,68.$$

$$2 \times 880 \times 1,4 = 2,46 \times 10^3; 1,85:2,46 \approx 0,75.$$

Q7. On peut exprimer la vitesse du son dans un gaz diatomique par la relation suivante:

A	$v = \sqrt{\frac{1,4.R.T}{M}}$	B	$v = \sqrt{\frac{M.T}{1,4.R}}$	C	$v = \sqrt{\frac{1,4.M.T}{R}}$	D	$v = \sqrt{\frac{1,4.T}{R.M}}$
---	--------------------------------	---	--------------------------------	---	--------------------------------	---	--------------------------------

Q8. Pour la même distance de propagation $L = 10 \text{ m}$ et à une température $\theta = 20^\circ\text{C}$, le retard temporel τ de la propagation du son dans le gaz dihydrogène H_2 par rapport à sa propagation dans le gaz dioxygène O_2 vaut :

A	$\tau = 2,3 \text{ s}$	B	$\tau = 2,3 \cdot 10^{-2} \text{ s}$	C	$\tau = 2,3 \cdot 10^{-1} \text{ s}$	D	$\tau = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ s}$
---	------------------------	---	--------------------------------------	---	--------------------------------------	---	--------------------------------------

Q9. À l'entrée d'un tube contenant le gaz dihydrogène H_2 à la température $\theta = 20^\circ C$, on crée une onde à l'aide d'un vibreur vibrant à la fréquence de 880 Hz . La distance δ séparant deux couches successives du gaz, dans le tube, vibrant en opposition de phase est :

A	$\delta = 17,4 \text{ cm}$	B	$\delta = 75 \text{ cm}$	C	$\delta = 152 \text{ cm}$	D	$\delta = 12 \text{ cm}$
---	----------------------------	---	--------------------------	---	---------------------------	---	--------------------------

Diffraction de la lumière

On réalise la diffraction d'un faisceau laser en utilisant une fente de largeur $a = 40 \mu\text{m}$ et un écran blanc placé à une distance $D = 2 \text{ m}$ de la fente. La largeur de la tache centrale est $L = 6 \text{ cm}$.

Q10.

Plus la longueur d'onde augmente, plus la largeur de la tache central diminue.	A
La lumière n'est pas une onde mécanique car elle se propage dans le vide.	B
La diffraction de la lumière n'est visible que si $a \leq \lambda$.	C
Le phénomène de diffraction montre l'aspect corpusculaire de la lumière.	D

Q11. L'écart angulaire θ (en rad) est :

A	$2,5 \cdot 10^{-2}$	B	$1,5 \cdot 10^{-2}$	C	10^{-2}	D	$5 \cdot 10^{-3}$
---	---------------------	---	---------------------	---	-----------	---	-------------------

Transformations nucléaires

La demi-vie de l'iode $^{131}_{53}\text{I}$, utilisé en médecine, est 8 jours. On donne la constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; la masse molaire de l'iode $M(^{131}\text{I}) = 131 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

On donne : $6,02 : 131 \approx 4,6 \cdot 10^{-2}$; $8 \times 24 \times 3600 \approx 6,9 \times 10^5$; $\ln 2 \approx 0,7$; .

Q12. L'équation de désintégration de l'iode $^{131}_{53}\text{I}$ est :

A	$^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^{130}_{54}\text{Xe} + ^4_2\text{He}$	B	$^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^{131}_{54}\text{Xe} + ^0_1\text{e}$
C	$^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^{131}_{54}\text{Xe} + ^0_{-1}\text{e}$	D	$^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^{130}_{53}\text{Xe} + ^1_0\text{n}$

Q13. Le nombre de noyaux N_0 de l'iode $^{131}_{53}\text{I}$ présents dans un échantillon de masse $m = 1 \text{ g}$ est :

A	$N_0 = 4,6 \cdot 10^{21}$	B	$N_0 = 4,6 \cdot 10^{20}$	C	$N_0 = 4,6 \cdot 10^{22}$	D	$N_0 = 4,6 \cdot 10^{21} : (D)$
---	---------------------------	---	---------------------------	---	---------------------------	---	---------------------------------

Q14. La valeur de la constante radioactive λ est :

A	$\lambda = 9 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$	B	$\lambda = 10^{-6} \text{ s}^{-1}$	C	$\lambda = 9,9 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$	D	$\lambda = 0,9 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$
---	--	---	------------------------------------	---	--	---	--

Q15. L'activité initiale a_0 de cet échantillon est :

A	$a_0 = 6,4 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$	B	$a_0 = 4,6 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$	C	$a_0 = 4,6 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$	D	$a_0 = 46 \cdot 10^{15} \text{ Bq}$
---	--------------------------------------	---	--------------------------------------	---	--------------------------------------	---	-------------------------------------

Q16. Après 24 j de désintégration l'activité de cet échantillon devient :

A	$\frac{a_0}{8}$	B	$\frac{a_0}{4}$	C	$\frac{a_0}{4}$	D	$\frac{7a_0}{8}$
---	-----------------	---	-----------------	---	-----------------	---	------------------

Au cœur d'un réacteur nucléaire un noyau d'uranium $^{235}_{92}\text{U}$ subit, sous l'impact d'un neutron, la réaction nucléaire d'équation : $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{140}_{54}\text{Xe} + ^{94}_{38}\text{Sr} + y \cdot ^A_Z\text{X}$ tel que y est un entier naturel supérieur à 1 .

Données : Les énergies de liaison : ; $E_c(^{140}_{54}\text{Xe}) = 1148 \text{ MeV}$; $E_c(^{140}_{54}\text{Xe}) = 799 \text{ MeV}$;

$E_c(^{235}_{92}\text{U}) = 1762,5 \text{ MeV}$.

Q17. Les nombres (y , A , Z) ont pour valeurs respectives:

A	(1 ; 2 , 0)	B	(2 ; 1 , 0)	C	(2 ; 2 , 0)	D	(3 ; 1 , 0)
---	-------------	---	-------------	---	-------------	---	-------------

Transformation lente

On modélise la transformation lente se produisant entre l'eau oxygénée et les ions iodure en milieu acide par l'équation suivante : $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})} + 2 \text{I}^-_{(\text{aq})} + 2 \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} \rightarrow \text{I}_{2(\text{aq})} + 4 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

Q1. Identifier les couples intervenant dans cette transformation :

A	$\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}/\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ et $\text{I}_{2(\text{aq})}/\text{I}^-_{(\text{aq})}$
B	$\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}/\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ et $\text{I}^-_{(\text{aq})}/\text{I}_{2(\text{aq})}$
C	$\text{I}_{2(\text{aq})}/\text{I}^-_{(\text{aq})}$ et $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}/\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
D	$\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}/\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ et $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}/\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

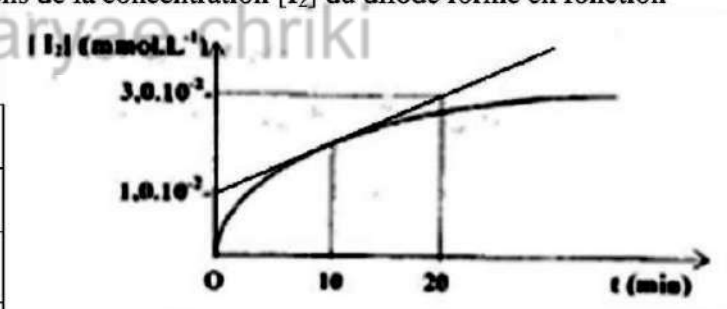
Q2.

$\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ est l'oxydant et $\text{I}^-_{(\text{aq})}$ est le réducteur , au cours de la transformation l'oxydant gagne des électrons qui sont perdus par le réducteur.	A
$\text{I}^-_{(\text{aq})}$ est l'oxydant et $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ est le réducteur , au cours de la transformation le réducteur gagne des électrons qui sont perdus par l'oxydant.	B
$\text{I}^-_{(\text{aq})}$ est l'oxydant et $\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ est le réducteur , au cours de la transformation l'oxydant gagne des électrons qui sont perdus par le réducteur.	C
$\text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})}$ est l'oxydant et $\text{I}^-_{(\text{aq})}$ est le réducteur , au cours de la transformation le réducteur gagne des électrons qui sont perdus par l'oxydant .	D

Le graphe de la figure ci-contre représente les variations de la concentration $[\text{I}_2]$ du diiode formé en fonction du temps :

Q3 : Le temps de demi-réaction :

augmente lorsque la concentration de H_2O_2 augmente.	A
diminue lorsque la concentration de H_2O_2 augmente.	B
diminue lorsque la température diminue.	C
augmente lorsqu'on utilise un catalyseur.	D



Q4. La vitesse volumique de la réaction à l'instant $t = 10$ min est :

A	$2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mmol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$	B	$1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mmol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$
C	$1,5 \cdot 10^{-2} \text{ mmol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$	D	$1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mmol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$

Q5. La vitesse volumique de la réaction est maximale à :

A	l'instant initiale $t = 0$	B	$t = t_{1/2}$
C	$t \approx 7t_{1/2}$	D	$t_{1/2} < t < 7t_{1/2}$

Pile zinc-argent

Pendant la durée Δt du fonctionnement de la pile zinc-argent, le métal argent se dépose sur l'électrode d'argent. Cette pile débite un courant électrique d'intensité I considérée constante.

Q6. L'expression du taux d'avancement final en fonction de I et du faraday F est :

A	$x_f = \frac{I \Delta t}{2F}$	B	$x_f = \frac{I \Delta t}{F}$	C	$x_f = \frac{2I \Delta t}{F}$	D	$x_f = \frac{2F}{I \Delta t}$
---	-------------------------------	---	------------------------------	---	-------------------------------	---	-------------------------------

Q7. L'expression de la masse $m(\text{Ag})$ de l'argent déposée pendant la durée Δt en fonction de I , du faraday F et de la masse molaire atomique de l'argent $M(\text{Ag})$ est :

A	$m(\text{Ag}) = \frac{2I \Delta t}{F} M(\text{Ag})$	B	$m(\text{Ag}) = \frac{I \Delta t}{F} M(\text{Ag})$	C	$m(\text{Ag}) = \frac{I \Delta t}{2F} M(\text{Ag})$	D	$m(\text{Ag}) = \frac{4F}{I \Delta t} M(\text{Ag})$
---	---	---	--	---	---	---	---

Solution d'acide benzoïque

La conductivité d'une solution d'acide benzoïque $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}_{(\text{aq})}$ de volume $V = 20 \text{ mL}$ et de concentration $C = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ est $\sigma = 3.10^{-2} \text{ S.m}^{-1}$:

Données : $\lambda_1 = \lambda_{\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-} = 3,25.10^{-3} \text{ S.m}^2\text{mol}^{-1}$; $\lambda_2 = \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 34,9.10^{-3} \text{ S.m}^2\text{mol}^{-1}$ et

$\log 3 \approx 0,48$; $\log 38,15 \approx 1,58$

Q8. Le pH de cette solution est :

A	1,1	B	3,1	C	4,1	D	6,1
---	-----	---	-----	---	-----	---	-----

Q9. La concentration de l'acide benzoïque à l'état d'équilibre est :

A	$[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]_{\text{eq}} = 0,8.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$	B	$[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]_{\text{eq}} = 9,92.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$
C	$[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]_{\text{eq}} = 0,8.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	D	$[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]_{\text{eq}} = 9,2.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

Q10. La constante pK_A du couple $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}/\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$ est :

A	3,1	B	4,2	C	4,8	D	6,2
---	-----	---	-----	---	-----	---	-----

Solution d'acide chlorhydrique

Le pH d'une solution d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} + \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$) de concentration $C = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ vaut $\text{pH} = 2$. Cette solution est obtenue en dissolvant un volume V_0 du gaz chlorure d'hydrogène HCl dans 100 mL d'eau. On donne le volume molaire dans les conditions expérimentales : $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$.

Q11 : La valeur (en cm^3) du volume V_0 est :

A	2,4	B	24	C	240	D	2400
---	-----	---	----	---	-----	---	------

On dilue cette solution 100 fois.

Q12 : La valeur du pH devient :

A	1	B	2	C	3	D	4
---	---	---	---	---	---	---	---

Dosage d'un comprimé d'aspirine

On dissout un comprimé d'acide acétylsalicylique (aspirine) $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$ (AH) dans un volume d'eau $V_0 = 200 \text{ mL}$ contenant de l'éthanol pour faciliter la dissolution. On dose un volume $V_A = 20 \text{ mL}$ de cette solution par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_B = 2,0.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

L'équivalence est atteinte lorsqu'on verse un volume $V_{\text{Béq}} = 10 \text{ mL}$.

Données : La masse molaire atomique de l'aspirine : $M_{\text{asp}} = 180 \text{ g.mol}^{-1}$; $\text{pK}_e = 14$ à 25°C ; $18 \times 13,8 = 250$; $\log 2 \approx 0,3$.

Q13. Le pH de la solution d'hydroxyde de sodium est :

A	8,3	B	10,3	C	11,3	D	12,3
---	-----	---	------	---	------	---	------

Q14. La réaction du dosage est :

A	lente	B	limitée	C	rapide	D	une réaction d'oxydo-réduction
---	-------	---	---------	---	--------	---	--------------------------------

Q15. L'équation de la réaction du dosage est:

$\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	A
$\text{A}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} \rightarrow \text{AH}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ électrons qui sont perdus par l'oxydant.	B
$\text{AH}_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{A}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	C
$\text{A}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})} \rightarrow \text{AH}_{(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$	D

Q16. La solution obtenue à l'équivalence est :

A	non aqueuse	B	basique	C	acide	D	neutre
---	-------------	---	---------	---	-------	---	--------

Q17. Avant l'équivalence le réactif limitant est :

A	$\text{AH}_{(\text{aq})}$	B	$\text{HO}^-_{(\text{aq})}$	C	$\text{A}^-_{(\text{aq})}$	D	$\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$
---	---------------------------	---	-----------------------------	---	----------------------------	---	--------------------------------------

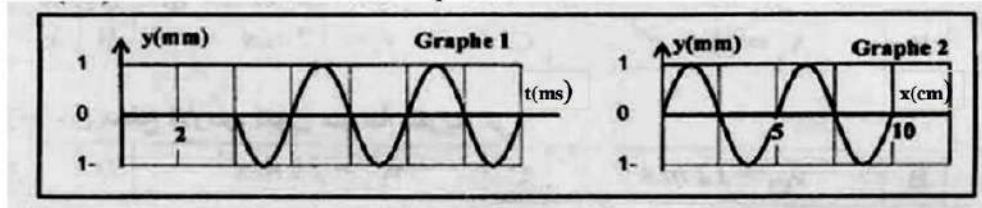
Q18. La masse d'acide acétylsalicylique dans le comprimé est :

A	$m_{\text{asp}} = 160 \text{ mg}$	B	$m_{\text{asp}} = 260 \text{ mg}$	C	$m_{\text{asp}} = 360 \text{ mg}$	D	$m_{\text{asp}} = 1000 \text{ mg}$
---	-----------------------------------	---	-----------------------------------	---	-----------------------------------	---	------------------------------------

Prof.Zakaryae chriki

Ondes mécaniques

A l'instant $t_0 = 0$, un corde subit une déformation sinusoïdale à partir de son extrémité O (source). L'une des courbes de la figure ci-dessous représente l'aspect de la corde à un instant t_1 , et l'autre courbe représente le mouvement d'un point N de la corde en fonction du temps.



On donne l'expression de la célérité de l'onde le long de la corde : $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ où F est l'intensité de la tension de la corde et μ sa masse linéique (quotient de la masse sur la longueur).

Q1. La longueur d'onde est :

A	$\lambda = 4 \text{ cm}$	B	$\lambda = 8 \text{ cm}$	C	$\lambda = 7,5 \text{ cm}$	D	$\lambda = 5 \text{ cm}$
---	--------------------------	---	--------------------------	---	----------------------------	---	--------------------------

Q2. La période de l'onde est :

A	$T = 5 \text{ ms}$	B	$T = 7,5 \text{ ms}$	C	$T = 4 \text{ ms}$	D	$T = 8 \text{ ms}$
---	--------------------	---	----------------------	---	--------------------	---	--------------------

Q3. La célérité de l'onde est :

A	$v = 12,5 \text{ m.s}^{-1}$	B	$v = 10 \text{ m.s}^{-1}$	C	$v = 6,25 \text{ m.s}^{-1}$	D	$v = 3 \text{ m.s}^{-1}$
---	-----------------------------	---	---------------------------	---	-----------------------------	---	--------------------------

Q4. La valeur de la date t_1 est :

A	$t_1 = 0,8 \text{ ms}$	B	$t_1 = 8 \text{ ms}$	C	$t_1 = 10 \text{ ms}$	D	$t_1 = 14 \text{ ms}$
---	------------------------	---	----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------

Q5. La distance d séparant la source de l'onde et le point N :

A	$d = 4 \text{ cm}$	B	$d = 5 \text{ cm}$	C	$d = 10 \text{ cm}$	D	$d = 12 \text{ cm}$
---	--------------------	---	--------------------	---	---------------------	---	---------------------

Q6. La corde est :

A	un milieu dispersif	B	un milieu non dispersif
C	non déformable	D	un milieu transparent

Q7. :

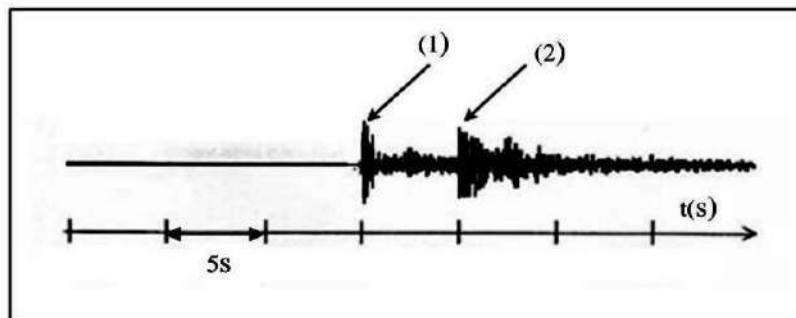
A	La fréquence d'une onde mécanique dépend de la nature du milieu de propagation
B	La vitesse d'un point de la corde atteint par l'onde est constante
C	La longueur d'onde dépend de la nature du milieu de propagation.
D	Le phénomène de diffraction modifie la célérité d'une onde.

Lors d'un séisme, deux ondes de natures différentes S et P se propagent dans la terre .

Les ondes P et S ont des célérités respectifs $v_s = 3,5 \text{ km.s}^{-1}$ et $v_p = 6 \text{ km.s}^{-1}$.

La figure ci-dessous représente un extrait d'un sismogramme, relevé dans une station d'enregistrement, après

un séisme. On donne : $\frac{6 \times 3,5}{2,5} = 8,4$.



Q8.

A	les ondes sismiques ne sont pas des ondes mécaniques
B	le signal (1) correspond à l'onde (S)
C	Les ondes (P) et (S) mettent une durée de 15 s entre l'épicentre du séisme et la station d'enregistrement
D	La durée séparant les instants de réception de (P) et (S) par le sismomètre est $\Delta t = 5s$

Q9. La distance d séparant la station d'enregistrement et l'épicentre du séisme est :

A	$d = 84 \text{ km}$	B	$d = 62 \text{ km}$	C	$d = 42 \text{ km}$	D	$d = 22 \text{ km}$
---	---------------------	---	---------------------	---	---------------------	---	---------------------

Onde lumineuse

Une onde lumineuse monochromatique de fréquence ν (ou sa période $T = \frac{1}{\nu}$), a une célérité c dans le vide et une célérité v dans un milieu transparent d'indice de réfraction $n > 1$.

Q10. Parmi les grandeurs suivantes, celle qui détermine la couleur de la lumière est :

A	T	B	ν	C	$\nu \cdot T$	D	c
---	-----	---	-------	---	---------------	---	-----

Q11. La longueur d'onde de la lumière monochromatique, dans le milieu d'indice n , est :

A	$c \cdot T$	B	$\nu \cdot f$	C	$\nu \cdot T$	D	c/n
---	-------------	---	---------------	---	---------------	---	-------

Q12 : Dans le milieu d'indice n la célérité de l' onde lumineuse est :

A	$v > c$	B	$v < c$	C	$v = c$	D	$v = n \cdot c$
---	---------	---	---------	---	---------	---	-----------------

Q13 : Une onde lumineuse monochromatique est diffractée lorsqu'elle rencontre un obstacle suffisamment petit.

L'ordre de grandeur de la taille de cet obstacle est :

A	$a = 10 \mu\text{m}$	B	$a = 100 \text{ nm}$	C	$a = 2 \text{ cm}$	D	$a = 1 \text{ m}$
---	----------------------	---	----------------------	---	--------------------	---	-------------------

On éclaire une fente de largeur a par un faisceau de lumière monochromatique de fréquence ν . On observe, sur un écran situé à une distance $D = 2\text{m}$ de la fente, une figure de diffraction dont la tache centrale a pour largeur $L = 2,8 \text{ cm}$. Sans aucune modification dans le dispositif expérimental, on plonge l'ensemble dans un liquide d'indice de réfraction $n = 1,4$.

Q14 : L'écart angulaire θ (en rad) dans le liquide est :

A	10^{-3}	B	$2,5 \cdot 10^{-3}$	C	$5 \cdot 10^{-3}$	D	10^{-2}
---	-----------	---	---------------------	---	-------------------	---	-----------

Transformation nucléaire

Le noyau d'uranium 235 est fissile, après son bombardement par des neutrons, il peut subir une fission nucléaire

selon l'équation suivante : ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{38}^{94}\text{Sr} + {}_{54}^{140}\text{Xe} + x {}_0^1\text{n}$

Données : Les énergies de masse :

Noyau	$^{140}_{54}\text{Xe}$	$^{94}_{38}\text{Sr}$	^1_0n	$^{235}_{92}\text{U}$
Energie de masse (MeV)	130309	87462	940	218896

Q15. Les valeurs du couple (z ; x) dans l'équation :

A	(z=54; x=3)	B	(z=55; x=2)	C	(z=54; x=2)	D	(z=54; x=1)
---	-------------	---	-------------	---	-------------	---	-------------

Q16. L'énergie produite au cours de la fission d'un noyau d'uranium ^{235}U est :

A	$\Delta E = 185 \text{ MeV}$	B	$\Delta E = -185 \text{ MeV}$	C	$\Delta E = 158 \text{ MeV}$	D	$\Delta E = -158 \text{ MeV}$
---	------------------------------	---	-------------------------------	---	------------------------------	---	-------------------------------

Q17. La fission nucléaire concerne :

A	tous les noyaux
B	les noyaux situés à gauche du minimum de la courbe d'Aston
C	uniquement les noyaux radioactifs
D	Les noyaux lourds situés à droite du minimum de la courbe d'Aston

Q18. Comparée à la masse d'un noyau , la somme des masses des nucléons qui le constituent est :

A	toujours inférieure	B	toujours supérieure	C	toujours égale	D	Parfois égale
---	---------------------	---	---------------------	---	----------------	---	---------------

Prof.Zakaryae chriki

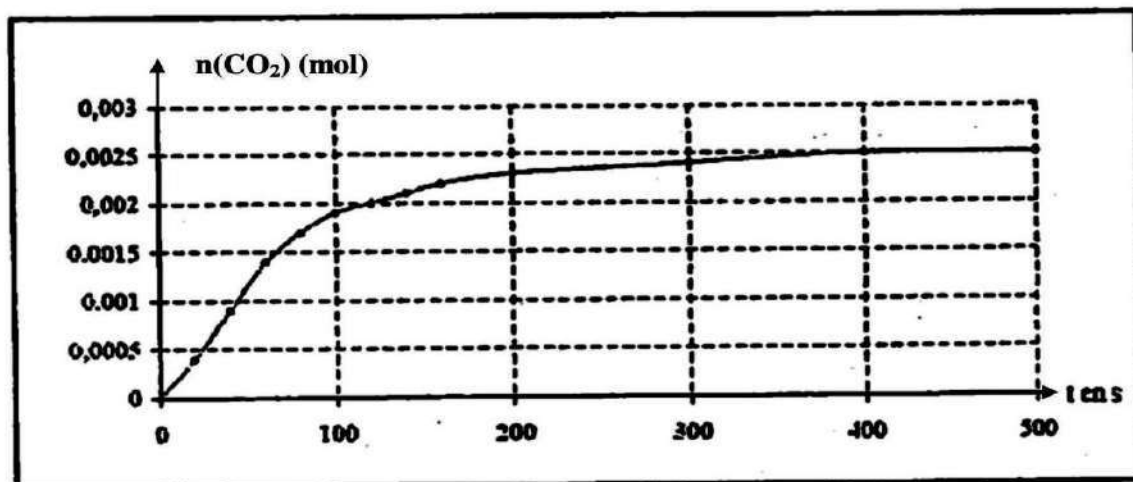
Transformation chimique lente

Dans une enceinte de volume V , vide d'air, à la température de 27°C , on met en contact d'aspirine $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$ non effervescent avec un volume d'hydrogénocarbonate de sodium. L'équation de la transformation est :



On mesure la pression du gaz $\text{CO}_2(\text{g})$ à l'intérieur de l'enceinte étanche, on déduit l'évolution de sa quantité de matière en fonction du temps (courbe ci-contre).

Donnée : $M(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) = 180 \text{ g.mol}^{-1}$,



Q1. Au cours d'une transformation chimique la vitesse de réaction :

A	augmente au cours du temps	B	diminue au cours du temps
B	reste constante	C	augmente puis diminue

Q2. Le temps de demi-réaction :

A	$t_{1/2} < 30\text{s}$	B	$t_{1/2} \approx 50\text{s}$	C	$t_{1/2} \approx 80\text{s}$	D	$t_{1/2} > 100\text{s}$
---	------------------------	---	------------------------------	---	------------------------------	---	-------------------------

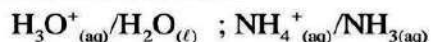
Q3. A l'état final, la masse d'aspirine qui a réagit est :

A	125 mg	B	250 mg	C	450 mg	D	1000 mg
---	--------	---	--------	---	--------	---	---------

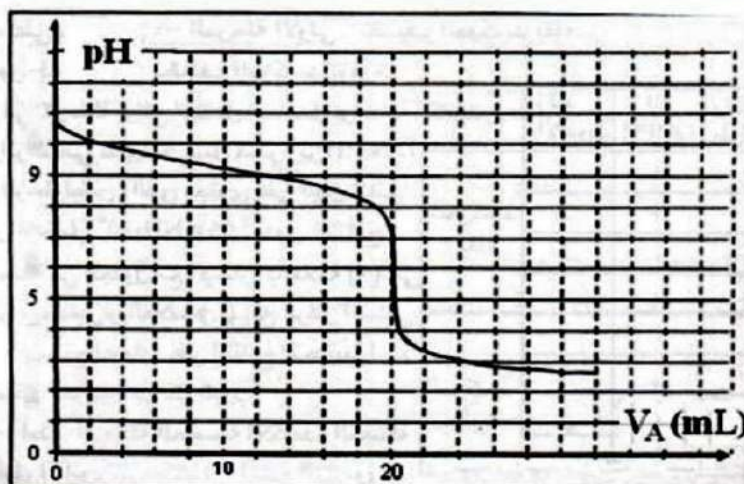
Dosage acido- basique

On dose un volume $V_B = 10 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse de la base conjuguée du couple $\text{NH}_4^+(\text{aq})/\text{NH}_3(\text{aq})$ en ajoutant une solution aqueuse d'acide chlorhydrique ($\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$) de concentration molaire $C_A = 3,155 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

Données : $K_e = 10^{-14}$, les couples intervenant dans cette réaction :



On donne : $10^{-0,2} \approx 0,63$



Q4. L'équation bilan de la réaction du dosage :

$\text{NH}_{3(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} \rightarrow \text{NH}_{2(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$	A
$\text{NH}_4^+_{(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} \rightarrow \text{NH}_{3(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$	B
$\text{NH}_{3(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} \rightarrow \text{NO}_{2(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$	C
$\text{NH}_{3(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} \rightarrow \text{NH}_4^+_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$	D

Q5. Au cours d'un dosage acido-basique :

A	Le pH varie proportionnellement à la concentration de l'espèce à titrer	B	Le pH est toujours égal à 7 à l'équivalence
C	La transformation associée est lente	D	La réaction de titrage a un taux d'avancement final très proche de 1

Q6. Après le point d'équivalence la concentration des ions ammonium NH_4^+ :

A	reste constante	B	croît	C	décroît	D	croît puis décroît
---	-----------------	---	-------	---	---------	---	--------------------

Q7. La concentration C_B de la base dosée est:

A	$3,61.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	B	$6,31.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	C	$3,1.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	D	$1,31.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
---	-----------------------------------	---	-----------------------------------	---	----------------------------------	---	-----------------------------------

Q8. La constante d'acidité du couple $\text{NH}_4^+_{(\text{aq})}/\text{NH}_{3(\text{aq})}$:

A	$K_A=10^{-11}$	B	$K_A=6,3.10^{-10}$	C	$K_A=10^{-6,5}$	D	$K_A=10^{-5,3}$
---	----------------	---	--------------------	---	-----------------	---	-----------------

Q9. L'espèce chimique prédominante du couple $\text{NH}_4^+_{(\text{aq})}/\text{NH}_{3(\text{aq})}$ à l'équivalence est :

A	une autre espèce	B	aucune espèce ne prédomine	C	NH_3	D	NH_4^+
---	------------------	---	----------------------------	---	---------------	---	-----------------

Q10. Pour un volume $V_A = 12 \text{ mL}$, ajouté au mélange réactionnel, le rapport $\frac{[\text{NH}_{3(\text{aq})}]}{[\text{NH}_4^+_{(\text{aq})}]}$ est :

A	10^{-4}	B	0,63	C	0,73	D	5
---	-----------	---	------	---	------	---	---

Pile zinc-plomb

On réalise une pile constituée de deux demi-piles $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})}/\text{Zn}_{(\text{s})}$ et $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}/\text{Pb}_{(\text{s})}$, chaque demi-pile contient une solution de volume V et de concentration molaire C , en plus le zinc et le plomb sont en excès. On relie les demi-piles par un conducteur ohmique.

Données : La constante d'équilibre associée à l'équation : $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{Pb}_{(\text{s})} \rightleftharpoons \text{Zn}_{(\text{s})} + \text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ est $K=4.10^{-22}$;

$IF = 96,5.10^3 \text{ C.mol}^{-1}$; $V = 100 \text{ mL}$; $C = 1,00 \text{ mol.L}^{-1}$.

Q11. Le système chimique de la pile :

A	Évolue dans le sens direct de l'équation de la réaction	B	subit une transformation forcée
C	Évolue dans le sens inverse de l'équation de la réaction	D	n'évolue pas

Q12. Lors du fonctionnement de la pile :

A	La plaque de zinc est la cathode	B	La plaque de plomb est le pôle positif
C	Les électrons se déplacent de la plaque de plomb vers la plaque de zinc	D	le courant électrique est alternatif

Q13. Lors du fonctionnement de la pile un ampèremètre dont sa borne COM est reliée à la plaque de zinc affiche une intensité:

A	positive	B	négative	C	nulle	D	décroissante
---	----------	---	----------	---	-------	---	--------------

Q14. Lorsque la pile est entièrement utilisée on a :

A	$[Pb^{2+}]_f = 0,5 \text{ mol.L}^{-1}$	B	$[Pb^{2+}]_f = 10^2 \text{ mmol.L}^{-1}$	C	$[Pb^{2+}]_f = 10 \text{ mmol.L}^{-1}$	D	$[Pb^{2+}]_f = 0$
---	--	---	--	---	--	---	-------------------

Q15. Lorsque la pile est entièrement utilisée on a ::

A	$[Zn^{2+}]_f = 0,5 \text{ mol.L}^{-1}$	B	$[Zn^{2+}]_f = 1 \text{ mol.L}^{-1}$	C	$[Zn^{2+}]_f = 2 \text{ mol.L}^{-1}$	D	$[Zn^{2+}]_f = 0$
---	--	---	--------------------------------------	---	--------------------------------------	---	-------------------

Q16. La quantité d'électricité maximale débitée par la pile est :

A	$Q_{\max} = 9,65.10^3 C$	B	$Q_{\max} = 19,3.10^3 C$	C	$Q_{\max} = 193.10^3 C$	D	$Q_{\max} = 4,82.10^3 C$
---	--------------------------	---	--------------------------	---	-------------------------	---	--------------------------

Q17. Lors du fonctionnement d'une pile :

A	La valeur de Q_r s'éloigne de celle de K	B	La valeur de Q_r tend à devenir inférieure à K
C	La valeur de Q_r tend à devenir égale à celle de K	D	La valeur de Q_r tend à devenir inférieure à K

Prof.Zakaryae chriki

Ondes mécaniques

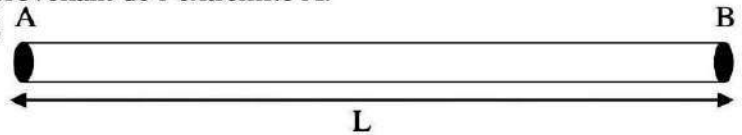
Un tube cylindrique en acier est située au fond de la mer, il est fermé et rempli d'air.

Un plongeur sous marin crée à l'extrémité A du tube, à l'aide d'un marteau, une onde sonore à un instant considéré comme origine des temps ($t = 0$). A l'autre extrémité B du tube, un deuxième plongeur entend, à l'aide d'un microphone très sensible, l'onde sonore provenant de l'extrémité A.

Données : célérité du son dans l'air : $v_a = 340 \text{ m.s}^{-1}$; A

dans l'eau $v_{\text{eau}} = 1500 \text{ m.s}^{-1}$ et dans l'acier

$v_{\text{acier}} = 5000 \text{ m.s}^{-1}$.



Q1. Le deuxième plongeur entend à l'extrémité B :

A	un seul son	B	deux sons	C	trois sons	D	rien
---	-------------	---	-----------	---	------------	---	------

Q2. La longueur du tube est $L = 90 \text{ m}$, la durée séparant le premier son entendu à l'extrémité B et le deuxième est :

A	$\Delta t \approx 30 \text{ ms}$	B	$\Delta t \approx 42 \text{ ms}$	C	$\Delta t \approx 205 \text{ ms}$	D	$\Delta t \approx 247 \text{ ms}$
---	----------------------------------	---	----------------------------------	---	-----------------------------------	---	-----------------------------------

Q3. On crée une onde sonore sinusoïdale à l'extrémité A, à l'aide d'un vibreur de fréquence 680 Hz , la distance entre deux couches d'air successives vibrant en phase est :

A	$d = 2 \text{ m}$	B	$d = 1 \text{ m}$	C	$d = 50 \text{ cm}$	D	$d = 40 \text{ cm}$
---	-------------------	---	-------------------	---	---------------------	---	---------------------

Une explosion s'est produite à une hauteur $h_a = 1020 \text{ m}$ de la surface de la mer, Un bateau sous-marin se trouve en dessous du point d'explosion à une profondeur h_e de la surface de la mer. Le bateau sous-marin reçoit le signal sonore dû à cette explosion après une durée $\Delta t = 3,25 \text{ s}$ (on néglige le phénomène d'atténuation) :

Données : la célérité du son dans l'air est $v_a = 340 \text{ m.s}^{-1}$ et sa célérité dans l'eau est $v_e = 1500 \text{ m.s}^{-1}$; $1020 = 3 \times 340$.

Q4. L'intervalle des longueurs d'onde des ondes sonores audibles par l'homme dans l'air est :

A	$\lambda < 17 \text{ m}$	B	$1,7 \text{ cm} \leq \lambda \leq 17 \text{ m}$	C	$7,5 \text{ cm} \leq \lambda \leq 75 \text{ m}$	D	$\lambda > 75 \text{ m}$
---	--------------------------	---	---	---	---	---	--------------------------

Q5: La valeur de la profondeur h_e où se trouve le bateau sou-marin vaut :

A	$h_e = 750 \text{ m}$	B	$h_e = 375 \text{ m}$	C	$h_e = 300 \text{ m}$	D	$h_e = 100 \text{ m}$
---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------

Echographie

La sonde d'échographie joue le rôle d'émetteur et de récepteur. Lorsque les ondes se propagent dans le corps humain, elles subissent des réflexions partielles sur les interfaces séparant deux milieux différents. La sonde reçoit l'onde réfléchie qui est analysée par un système informatique. Il y a réflexion partielle du signal au point M_1 et au point M_2 .

Le signal P_0 (figure 2) correspond d'émission de l'impulsion et c'est l'instant $t = 0 \text{ s}$,

P_1 correspond à l'instant de réception de l'écho dû à la réflexion sur M_1

et P_2 correspond à l'instant de réception de l'écho dû à la réflexion sur M_2 .

On considère que la célérité de l'onde dans le fœtus est $v_e = 1600 \text{ m.s}^{-1}$.

Calculer l'épaisseur ℓ_2 du fœtus.

Q6. La valeur l'épaisseur ℓ_2 du fœtus est :

A	$\ell_2 = 1 \text{ cm}$	B	$\ell_2 = 2 \text{ cm}$
C	$\ell_2 = 3 \text{ cm}$	D	$\ell_2 = 4 \text{ cm}$

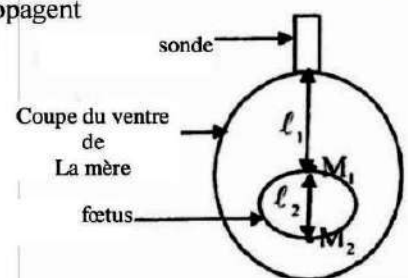


Figure 1

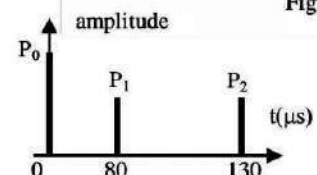


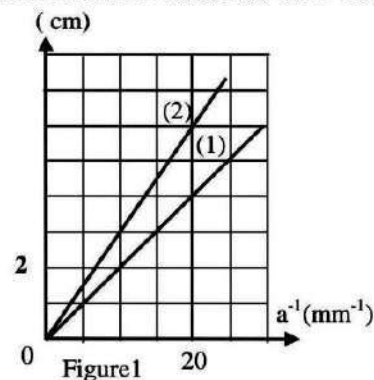
Figure2

Diffraction de la lumière

On réalise la diffraction d'un faisceau de lumière laser rouge dans l'air (de longueur d'onde λ_0) et dans le verre d'indice de réfraction n , en utilisant une fente de largeur a variable et un écran blanc placé à la distance $D=2m$ de la fente. On fait varier la largeur a de la fente et on mesure dans chaque cas la largeur de la tache centrale. Les courbes de la figure ci-contre représentent les variations de la largeur de la tache centrale L dans l'air et L' dans le verre en fonction de a^{-1} .

Q7. L'expression de la largeur de la tache centrale L est :

A	$L = \frac{2.D.a}{\lambda_0}$	B	$L = \frac{D.\lambda_0}{a}$
C	$L = \frac{2.D.\lambda_0}{a}$	D	$L = \frac{2.D.\lambda_0}{n.a}$



Q8. La relation entre la longueur d'onde λ de cette lumière laser dans le verre et λ_0 est :

A	$\lambda_0 = n.\lambda$	B	$\lambda.\lambda_0 = n$
C	$\frac{\lambda_0}{\lambda} = n$	D	$\lambda.\lambda_0 = \frac{1}{n}$

Q9. L'indice de réfraction du verre étudié est :

A	$n=1$	B	$n=1,3$
C	$n=1,5$	D	$n=2$

On fixe la largeur a de la fente, et dans l'air on déplace l'écran parallèlement à la fente pour obtenir une tache centrale de largeur égale à celle obtenue dans le verre. Soit D' la nouvelle distance entre la fente et l'écran :

Q10. La relation entre D et D' est :

A	$D'=n.D$	B	$D'=\frac{n}{.D}$	C	$D'=\frac{D}{n}$	D	$D.D'=\frac{1}{n}$
---	----------	---	-------------------	---	------------------	---	--------------------

On remplace la lumière laser rouge par une lumière monochromatique bleue :

Q11. La largeur de la tache centrale :

A	augmente dans l'air
B	garde la même valeur dans le verre .
C	Diminue dans les deux milieux.
D	aura la même valeur dans l'air et dans le verre.

Transformations nucléaires

Après une série de désintégrations successives de type α et β^- un noyau d'uranium ${}^{238}_{92}\text{U}$ se transforme en un noyau de plomb ${}^{206}_{82}\text{Pb}$. Soit x le nombre de désintégrations α et y le nombre de désintégrations β^- .

Q12. Les valeurs de x et y sont :

A	$x=9 ; y=7$	B	$x=7 ; y=9$	C	$x=8 ; y=6$	D	$x=6 ; y=8$
---	-------------	---	-------------	---	-------------	---	-------------

Un échantillon d'uranium $^{238}_{92}\text{U}$ contient, à l'instant $t=0$, le nombre $N_0(\text{U})$ de noyaux. Soit $t_{1/2}$ la demi-vie d'uranium 238.

Q13. L'instant t , à laquelle le nombre de noyaux de plomb $^{206}_{82}\text{Pb}$ est égale à $3/4$ du nombre de noyaux initial $N_0(\text{U})$, est :

A	$t=4.t_{1/2}$	B	$t=2.t_{1/2}$	C	$t=\frac{t_{1/2}}{\ln 2}$	D	$t=t_{1/2} \cdot \ln 2$
---	---------------	---	---------------	---	---------------------------	---	-------------------------

Le radon est un gaz provenant des roches granitiques, il est radioactif et sa constante de désintégration est égale

$$\text{à } \frac{\ln 2}{60} = \frac{0,7}{60} \text{ (U.S.I.) .}$$

Q14. Au bout de deux minutes :

A	Il ne reste plus de noyaux de radon dans l'échantillon.
B	Il reste 75% du nombre initial de noyaux de radon dans l'échantillon.
C	Il reste 50% du nombre initial de noyaux de radon dans l'échantillon.
D	Il reste 25% du nombre initial de noyaux de radon dans l'échantillon.

Q15. Au bout 3 minutes, le pourcentage du nombre de noyaux fils formés par rapport au nombre initial de noyaux du radon est :

A	12,5%	B	33,3%	C	66,7%	D	87,5%
---	-------	---	-------	---	-------	---	-------

Le noyau de sodium $^{24}_{11}\text{Na}$, ayant une demi-vie $t_{1/2} = 15 \text{ h}$, est radioactif, sa désintégration conduit au noyau $^{24}_{12}\text{X}$. A l'instant $t_0 = 0 \text{ s}$, on injecte à un patient un volume $V_0 = 5 \text{ mL}$ d'une solution de sodium $^{24}_{11}\text{Na}$ de concentration $C_0 = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$, et à l'instant $t_1 = 4,8 \text{ h}$ l'analyse d'un échantillon, de volume $V = 3 \text{ mL}$, prélevé du sang de ce patient, a montré la présence d'une quantité de matière $n = 2,4 \cdot 10^{-9} \text{ moles}$ de sodium $^{24}_{11}\text{Na}$.

Données : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $e^{0,7} \approx 2$; $\ln 0,8 = -0,224$

Q16. La particule émise par la désintégration du sodium $^{24}_{11}\text{Na}$ est :

A	β^-	B	β^+	C	α	D	^1_0n
---	-----------	---	-----------	---	----------	---	----------------

Q17. La quantité de matière du sodium $^{24}_{11}\text{Na}$ injectée, dans le sang du patient, (en mol) vaut :

A	$3 \cdot 10^{-6}$	B	$4 \cdot 10^{-6}$	C	$5 \cdot 10^{-6}$	D	$6 \cdot 10^{-6}$
---	-------------------	---	-------------------	---	-------------------	---	-------------------

Q18. La quantité de matière du sodium $^{24}_{11}\text{Na}$ restant, dans le sang du patient, à l'instant t_1 , (en mol) vaut :

A	$2 \cdot 10^{-6}$	B	$3 \cdot 10^{-6}$	C	$4 \cdot 10^{-6}$	D	$5 \cdot 10^{-6}$
---	-------------------	---	-------------------	---	-------------------	---	-------------------

Q19. L'activité du sodium $^{24}_{11}\text{Na}$ restant, dans le sang du patient à l'instant t_1 , (Bq) vaut :

A	$3,12 \cdot 10^{12}$	B	$3,12 \cdot 10^{13}$	C	$3,12 \cdot 10^{14}$	D	$3,12 \cdot 10^{15}$
---	----------------------	---	----------------------	---	----------------------	---	----------------------

Q20. Le volume du sang du patient, à l'instant t_1 , (en L) vaut :

A	4,6	B	4,8	C	5	D	5,2
---	-----	---	-----	---	---	---	-----

Transformation chimique lente

À température élevée, le pentaoxyde de diazote, de formule N_2O_5 se décompose selon la réaction lente suivante : $2 N_2O_5(g) \rightarrow 4 NO_2(g) + O_2(g)$

A l'instant, $t_0 = 0$, on introduit, dans une enceinte préalablement vidée d'air de volume fixe V et très étanche, une quantité de matière n_0 de pentaoxyde de diazote N_2O_5 . La pression, dans l'enceinte à cet instant, est P_0 . La température T de l'enceinte reste constante. On considère que tous les gaz sont des gaz parfaits.

Q1 : L'expression de la quantité de matière initiale n_0 du pentaoxyde de diazote à l'instant $t = 0$ est :

$n_0 = \frac{P_0}{R.T.V}$	B	$n_0 = \frac{R.T}{P_0.V}$	C	$n_0 = \frac{P_0.V}{R.T}$	D	$n_0 = \frac{P_0.V.R}{T}$
---------------------------	---	---------------------------	---	---------------------------	---	---------------------------

Q2 : L'expression de la pression P dans l'enceinte à l'instant t en fonction de l'avancement x de la réaction au même instant est :

$P = \frac{4.P_0.x}{n_0}$	B	$P = P_0 \left(1 + \frac{3x}{n_0} \right)$	C	$P = \frac{P_0.x}{n_0}$	D	$P = P_0 \left(1 + \frac{x}{n_0} \right)$
---------------------------	---	---	---	-------------------------	---	--

Q3 : La pression dans l'enceinte à l'état final est :

$P_f = \frac{5}{2} P_0$	B	$P_f = 2P_0$	C	$P_f = \frac{3}{2} P_0$	D	$P_f = P_0$
-------------------------	---	--------------	---	-------------------------	---	-------------

Transformations acido-basiques

On dissout une masse d'éthanoate de sodium solide $CH_3COONa_{(s)}$ dans l'eau et on obtient une solution aqueuse (S_1) de concentration $C_B = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et de $pH = 8,4$.

Données : $K_e = 10^{-14}$; $10^{-2,6} \approx 2,5 \cdot 10^{-3}$; $\log 2,5 \approx 0,4$.

Q4 : L'expression du taux d'avancement final de la réaction entre les ions $CH_3COO^-_{(aq)}$ et l'eau est :

A	$\tau = \frac{K_e \cdot 10^{-pH}}{C_B}$	B	$\tau = \frac{K_e \cdot 10^{pH}}{C_B}$	C	$\tau = \frac{10^{pH + pK_e}}{C_B}$	D	$\tau = \frac{10^{pK_e - pH}}{C_B}$
---	---	---	--	---	-------------------------------------	---	-------------------------------------

Q5 : L'expression de la constante d'équilibre de cette réaction est :

A	$K = \frac{C_B \cdot \tau}{1 - \tau^2}$	B	$K = \frac{C_B \cdot \tau^2}{1 + \tau}$	C	$K = \frac{C_B \cdot \tau^2}{1 - \tau}$	D	$K = \frac{C_B \cdot (1 + \tau)}{\tau^2}$
---	---	---	---	---	---	---	---

Q6 : La constante d'équilibre K dépend :

A	du pH	B	du taux d'avancement final τ	C	de la température	D	des concentrations
---	-------	---	-----------------------------------	---	-------------------	---	--------------------

Q7 : La valeur du pK_A du couple $CH_3COOH_{(aq)}/CH_3COO^-_{(aq)}$ est :

$pK_A = 2,8$	B	$pK_A = 3,8$	C	$pK_A = 4,8$	D	$pK_A = 5,8$
--------------	---	--------------	---	--------------	---	--------------

Etude d'un système chimique à l'équilibre

On mélange un volume $V_1 = 90,0 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse d'éthanoate de sodium de concentration $C = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et un volume $V_2 = 10,0 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse d'acide méthanoïque HCOOH de même concentration C . On modélise la transformation qui a eu lieu par une réaction chimique d'équation :

$$\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})} + \text{HCOOH}_{(\text{aq})} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})} + \text{HCOO}^-_{(\text{aq})}$$

On exprime la conductivité du mélange réactionnel est : $\sigma = 81,9 + 1,37 \cdot 10^4 \cdot x$ avec σ en mS.m^{-1} et x en mol. A l'équilibre : $\sigma_{\text{eq}} = 83,254 \text{ mS.m}^{-1}$ et la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction est $K \approx 10$.

Données : $K_{A1} = K_A(\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}/\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}) = 10^{-4,8}$; $10^{-0,8} = 1,58 \times 10^{-1}$.

Q8 : L'avancement de la réaction à l'état d'équilibre est :

$x_{\text{eq}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$	B	$x_{\text{eq}} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$	C	$x_{\text{eq}} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$	D	$x_{\text{eq}} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$
---	---	---	---	---	---	---

Q9 : La constante d'acidité du couple $\text{HCOOH}_{(\text{aq})}/\text{HCOO}^-_{(\text{aq})}$ est :

$K_{A2} = 1,6 \cdot 10^{-6}$	B	$K_{A2} = 1,4 \cdot 10^{-5}$	C	$K_{A2} = 1,6 \cdot 10^{-4}$	D	$K_{A2} = 4,55 \cdot 10^{-5}$
------------------------------	---	------------------------------	---	------------------------------	---	-------------------------------

Solution aqueuse d'acide benzoïque

On dissous une masse $m = 1,22 \text{ g}$ d'acide benzoïque $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}_{(\text{aq})}$ dans l'eau pour obtenir un volume $V = 2 \text{ L}$ d'une solution aqueuse (S_A) de concentration molaire C_A et de $\text{pH} = 3,25$.

Données : $M(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}) = 122 \text{ g.mol}^{-1}$; $50:9 = 5,55$; $10^{0,75} = 5,6$; $\log(5,55) = 0,74$.

Q10. Le taux d'avancement final de la réaction d'acide benzoïque avec l'eau vaut :

A	$\tau = 0,01$	B	$\tau = 0,02$	C	$\tau = 0,1$	D	$\tau = 0,2$
---	---------------	---	---------------	---	--------------	---	--------------

Q11. La constante d'acidité du couple $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}_{(\text{aq})}/\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-_{(\text{aq})}$ a pour expression :

A	$K_A = \frac{C_A}{\tau}$	B	$K_A = \frac{C_A \cdot \tau}{1 - \tau}$	C	$K_A = \frac{C_A \cdot \tau}{\tau^{-1} - 1}$	D	$K_A = \frac{C_A \cdot \tau}{1 - \tau^2}$
---	--------------------------	---	---	---	--	---	---

Q12. L'expression du taux d'avancement final τ en fonction de pH et pK_A est :

$\tau = 10^{\text{pH} - \text{pK}_A}$	B	$\tau = \frac{1}{1 + 10^{\text{pK}_A - \text{pH}}}$	C	$\tau = \frac{1}{1 + 10^{\text{pH} - \text{pK}_A}}$	D	$\tau = \frac{\text{pK}_A}{\text{pK}_A + \text{pH}}$
---------------------------------------	---	---	---	---	---	--

Q13. On ajoute un volume $V_B = 10 \text{ mL}$ d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ à un volume $V_A = 10 \text{ mL}$ de la solution (S_A). Le pH du mélange vaut :

A	$\text{pH} = 3,7$	B	$\text{pH} = 4,26$	C	$\text{pH} = 4,8$	D	$\text{pH} = 5,2$
---	-------------------	---	--------------------	---	-------------------	---	-------------------

Etude d'un système chimique à l'équilibre

On considère la réaction d'équation : $\text{NH}_2\text{OH}_{(\text{aq})} + \text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})} \rightleftharpoons \text{NH}_3\text{OH}^+_{(\text{aq})} + \text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}$

On dissous dans un volume $V = 1 \text{ L}$ d'eau : $0,05 \text{ mol}$ de $\text{CH}_3\text{COONa(s)}$; $0,05 \text{ mol}$ de $\text{NH}_3\text{OHCl(s)}$, $0,05 \text{ mol}$ de $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$ et $0,05 \text{ mol}$ de $\text{NH}_2\text{OH}_{(\text{aq})}$.

On donne : $\text{pK}_{A1}(\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}/\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}) = 4,75$; $\text{pK}_{A2}(\text{NH}_3\text{OH}^+_{(\text{aq})}/\text{NH}_2\text{OH}_{(\text{aq})}) = 5,95$; $10^{0,2} \approx 1,6$

Q14. La constante d'équilibre associée à l'équation de la réaction est :

A	$K = 0,16$	B	$K = 0,4$	C	$K = 4$	D	$K = 16$
---	------------	---	-----------	---	---------	---	----------

Q15. Le taux d'avancement final dans les conditions de l'expérience :

A	$\tau=0,02$	B	$\tau=0,04$	C	$\tau=0,6$	D	$\tau=0,85$
---	-------------	---	-------------	---	------------	---	-------------

Q16. La valeur de la concentration des ions $\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}$ dans le mélange à l'équilibre :

A	$0,08 \text{ mol.L}^{-1}$	B	$0,09 \text{ mol.L}^{-1}$	C	$0,10 \text{ mol.L}^{-1}$	D	$0,12 \text{ mol.L}^{-1}$
---	---------------------------	---	---------------------------	---	---------------------------	---	---------------------------

Solution d'acide méthanoïque

On considère une solution d'acide méthanoïque de concentration C_A et de $\text{pH} = 2,9$

Données : $\text{p}K_A(\text{HCOOH}_{(\text{aq})}/\text{HCOO}^-_{(\text{aq})}) = 3,8$; $\frac{1}{8,94} = 0,11$; $10^{0,9} = 7,94$; $10^{0,1} = 1,2$; $\frac{10^{0,1}}{0,11} = 11,4$

Q17. La concentration molaire C_A :

A	$C_A \approx 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	B	$C_A \approx 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	C	$C_A \approx 5,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	D	$C_A \approx 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$
---	--	---	--	---	--	---	--

On ajoute à un volume $V_A = 10 \text{ mL}$ de la solution (S_A), un volume $V_B = 50 \text{ mL}$ d'une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) de concentration $C_B = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

Q18. Le pH de la solution obtenue est :

A	$\text{pH} = 3,8$	B	$\text{pH} = 4,2$	C	$\text{pH} = 8,2$	D	$\text{pH} = 11$
---	-------------------	---	-------------------	---	-------------------	---	------------------

Transformation acido-basique

On prépare 1L d'une solution S_1 d'un acide AH de concentration $C_1 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ à partir d'une solution S de concentration $C = 1 \text{ mol.L}^{-1}$. On donne : pour le couple AH/A^- : $\text{p}K_A = 4,8$

Q19. Préparation de la solution S_1 .

B	On obtient la solution S_1 en diluant la solution S 10 fois.
D	On obtient la solution en ajoutant quelques gouttes d'une solution d'hydroxyde de sodium
A	La quantité de matière de l'acide se conserve au cours de la préparation sans que le volume change
C	Cette préparation nécessite une pipette de 10 mL et une fiole jaugée de 1L

Q20. Les volumes V_s de la solution S et le volume V_e de l'eau nécessaires à cette préparation sont :

A	$V_s = 50 \text{ mL}$ $V_e = 950 \text{ mL}$	B	$V_s = 20 \text{ mL}$ $V_e = 980 \text{ mL}$	C	$V_s = 10 \text{ mL}$ $V_e = 990 \text{ mL}$	D	$V_s = 100 \text{ mL}$ $V_e = 900 \text{ mL}$
---	---	---	---	---	---	---	--

On mélange un volume $V_1 = 60 \text{ mL}$ de la solution S_1 et un volume $V_2 = 20 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse S_2 : $(\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{A}^-_{(\text{aq})})$ de concentration molaire $C_2 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et on obtient une solution S' de $\text{pH} = 4,8$.

Q21. Dans la solution S' on a :

A	La prédominance de la base A^-	B	La prédominance de l'acide AH
C	$[\text{AH}] = 2[\text{A}^-]$	D	$[\text{AH}] = [\text{A}^-]$

Q22. Dans la solution S' on a :

A	La réaction qui se produit est limitée
B	AH est le réactif limitant
C	On a l'équivalence acido-basique
D	La constante d'équilibre associée à la réaction produite est $K = \frac{K_A}{K_e}$

L'équation de la réaction modélisant le fonctionnement de la pile fer-aluminium est :



Après une durée de 10 h de fonctionnement de la pile , la masse de l'électrode d'aluminium varie de 0,54 g.

Données : $M(\text{Fe})=56 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{Al})=27 \text{ g.mol}^{-1}$; $1 \text{ F} = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$; $12 \times 16 = 193$

Q23. L'avancement de la réaction est :

A	$x = 10.10^{-2} \text{ mol}$	B	$x = 2,0.10^{-2} \text{ mol}$	C	$x = 3,0.10^{-3} \text{ mol}$	D	$x = 6,0.10^{-3} \text{ mol}$
---	------------------------------	---	-------------------------------	---	-------------------------------	---	-------------------------------

Q24. L'intensité du courant électrique, qu'on considère constante pendant le fonctionnement de la pile est :

A	$I = 0,16 \text{ A}$	B	$I = 0,30 \text{ A}$	C	$I = 0,40 \text{ A}$	D	$I = 0,50 \text{ A}$
---	----------------------	---	----------------------	---	----------------------	---	----------------------

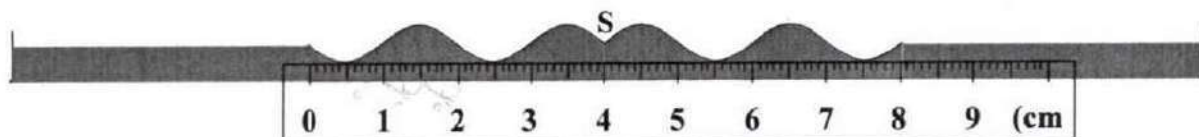
Prof.Zakaryae chriki

Composante 2 : Physique

Coefficient : 1

Propagation d'une onde à la surface de l'eau : (6 points)

À l'aide du vibreur d'une cuve à onde, on crée à $t_0 = 0$, au point S de la surface libre de l'eau une onde progressive sinusoïdale de fréquence N . L'élongation du point S est $y_S(t) = 5.10^{-3} \cdot \cos(2\pi \cdot N \cdot t)$. La figure ci-dessous représente une coupe transversale de la surface de l'eau à l'instant $t = 0,1$ s.



Q21. La valeur de la longueur d'onde est :

A	$\lambda = 0,5$ cm	B	$\lambda = 2,5$ cm	C	$\lambda = 1$ cm	D	$\lambda = 2$ cm	E	$\lambda = 1,5$ cm
---	--------------------	---	--------------------	---	------------------	---	------------------	---	--------------------

Q22. La vitesse de propagation de l'onde à la surface de l'eau est:

A	$v = 0,20$ m.s ⁻¹	B	$v = 0,25$ m.s ⁻¹	C	$v = 0,30$ m.s ⁻¹	D	$v = 0,40$ m.s ⁻¹	E	$v = 0,45$ m.s ⁻¹
---	------------------------------	---	------------------------------	---	------------------------------	---	------------------------------	---	------------------------------

Q23. L'élongation d'un point M de la surface de l'eau situé à 0,4 m de S est :

A	$y_M(t) = 5.10^{-3} \cdot \sin(20\pi t - \pi)$	B	$y_M(t) = 5.10^{-3} \cdot \cos(20\pi t - \pi)$	C	$y_M(t) = 5.10^{-3} \cdot \cos(40\pi t + \pi)$
D	$y_M(t) = 5.10^{-3} \cdot \cos(40\pi t)$	E	$y_M(t) = 5.10^{-3} \cdot \cos(30\pi t)$		

Propagation d'une onde dans un milieu transparent : (3 points)

Une radiation lumineuse visible de fréquence $\nu = 5.10^{14}$ Hz a une longueur d'onde $\lambda = 400$ nm dans un milieu transparent d'indice n .

Donnée: Vitesse de propagation de la lumière dans le vide: $c = 3.10^8$ m.s⁻¹

Q24. La valeur de la longueur d'onde λ_0 de la radiation lumineuse dans le vide est:

A	$\lambda_0 = 760$ nm	B	$\lambda_0 = 850$ nm	C	$\lambda_0 = 600$ nm	D	$\lambda_0 = 570$ nm	E	$\lambda_0 = 320$ nm
---	----------------------	---	----------------------	---	----------------------	---	----------------------	---	----------------------

Q25. La valeur de l'indice est:

A	$n = 1,33$	B	$n = 1,5$	C	$n = 1,8$	D	$n = 2,0$	E	$n = 1,0$
---	------------	---	-----------	---	-----------	---	-----------	---	-----------

Ondes dans le domaine médical : (7 points)

Lorsqu'un cœur se contracte pour relancer la circulation sanguine, il provoque l'émission d'une onde, le pouls, qui se propage le long des artères : leurs parois se dilatent lorsque la pression sanguine augmente.

La célérité du pouls est donnée par la relation $v = \frac{1}{\sqrt{\rho \cdot D}}$ où ρ est la masse volumique du sang et D un

coefficient caractérisant l'élasticité de l'artère. Pour une personne, on donne $D = \frac{0,5}{\Delta P}$ (S.I), avec ΔP la variation de la pression sanguine due au pouls.

Données :

- $1 \text{ cmHg} = 1,3 \text{ kPa}$; $\rho = 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$; $\Delta P = 5 \text{ cmHg}$; $\sqrt{13} = 3,6$; $\sqrt{20} = 4,5$

Désintégration du Fer 59 : (4 points)

Le Fer $^{59}_{26}\text{Fe}$ est radioactif β^- . On dispose, à l'instant $t_0 = 0$, d'un échantillon de Fer, $^{59}_{26}\text{Fe}$, d'activité a_0 . Chaque dix jours, on mesure l'activité $a(t)$ de cet échantillon.

On remarque que $\frac{a(t)}{a(t+10)} = 1,17$; (t exprimé en jours).

Données:

- La loi de décroissance radioactive s'écrit $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$
- $\ln(1,17) = 0,157$

Q33. Le noyau fils formé lors de cette désintégration est :

A	$^{59}_{24}\text{Cr}$	B	$^{59}_{25}\text{Mn}$	C	$^{58}_{27}\text{Co}$	D	$^{59}_{27}\text{Co}$	E	$^{60}_{26}\text{Fe}$
---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------

Q34. La valeur de la constante radioactive du Fer $^{59}_{26}\text{Fe}$ est :

A	$\lambda = 1,57.10^{-4} \text{ jours}^{-1}$	B	$\lambda = 1,57.10^{-2} \text{ jours}^{-1}$	C	$\lambda = 1,57.10^{-7} \text{ s}^{-1}$
D	$\lambda = 1,57.10^{-2} \text{ s}^{-1}$	E	$\lambda = 1,57.10^{-6} \text{ jours}^{-1}$		

Désintégrations successives du Bismuth 212 : (3 points)

Le noyau de Bismuth $^{212}_{83}\text{Bi}$ est radioactif. L'écriture suivante donne deux désintégrations successives de ce noyau : $^{212}_{83}\text{Bi} \xrightarrow{(1)} ^{212}_{Z_1}\text{Po} \xrightarrow{\alpha} ^{A_2}_{82}\text{Pb}$

Q35. Le type de la désintégration (1) et les valeurs de Z_1 et A_2 sont :

A	α	$Z_1 = 84$	$A_2 = 208$
B	β^-	$Z_1 = 84$	$A_2 = 208$
C	β^+	$Z_1 = 82$	$A_2 = 208$
D	α	$Z_1 = 81$	$A_2 = 208$
E	β^-	$Z_1 = 84$	$A_2 = 212$

Étude d'un échantillon radioactif : (7 points)

Une roche radioactive de masse $m_0 = 1 \text{ tonne}$ contient à l'instant $t_0 = 0$, 0,5% d'Uranium 235.

Données :

- Demi-vie de l'Uranium 235 : $t_{1/2} = 7.10^8 \text{ ans} = 2,20.10^{16} \text{ s}$.
- $\ln 2 = 0,7$; $47 \times 0,128 = 6,02$; $\frac{64}{11} = 5,82$; $N_A = 6,02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $M(U) = 235 \text{ g.mol}^{-1}$

Q36. Le nombre de noyaux d'Uranium 235 dans la roche à l'instant $t_0 = 0$ est :

A	$N_0 = 2,35.10^{24}$	B	$N_0 = 1,28.10^{25}$	C	$N_0 = 6,02.10^{25}$	D	$N_0 = 7,25.10^{26}$	E	$N_0 = 8,50.10^{26}$
---	----------------------	---	----------------------	---	----------------------	---	----------------------	---	----------------------

Q37. L'activité a_0 de l'Uranium 235 dans la roche à l'instant $t_0 = 0$ est :

A	$a_0 = 7.10^8 \text{ Bq}$	B	$a_0 = 6.10^8 \text{ Bq}$	C	$a_0 = 4,07.10^8 \text{ Bq}$	D	$a_0 = 3.10^7 \text{ Bq}$	E	$a_0 = 1,5.10^7 \text{ Bq}$
---	---------------------------	---	---------------------------	---	------------------------------	---	---------------------------	---	-----------------------------

Q38. À l'instant $t = 28.10^8 \text{ ans}$, l'activité de l'Uranium 235 est :

A	$0,5.a_0$	B	$0,25.a_0$	C	$0,125.a_0$	D	$6,25.10^{-2}.a_0$	E	$3,125.10^{-2}.a_0$
---	-----------	---	------------	---	-------------	---	--------------------	---	---------------------

Composition d'un noyau radioactif : (3 points)

Le noyau de Radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ se désintègre en donnant un noyau fils ^y_xRn et une particule α .

Q39. Les valeurs de x et y sont :

A	$x = 88 ; y = 226$	B	$x = 87 ; y = 226$	C	$x = 87 ; y = 222$	D	$x = 86 ; y = 222$	E	$x = 89 ; y = 226$
---	--------------------	---	--------------------	---	--------------------	---	--------------------	---	--------------------

Q40. La composition du noyau fils ^y_xRn est:

A	86 protons 222 neutrons	B	86 protons 136 neutrons	C	87 protons 135 neutrons	D	89 protons 137 neutrons	E	88 protons 138 neutrons
---	----------------------------	---	----------------------------	---	----------------------------	---	----------------------------	---	----------------------------

Prof.Zakaryae chriki

Composante 3 : Chimie

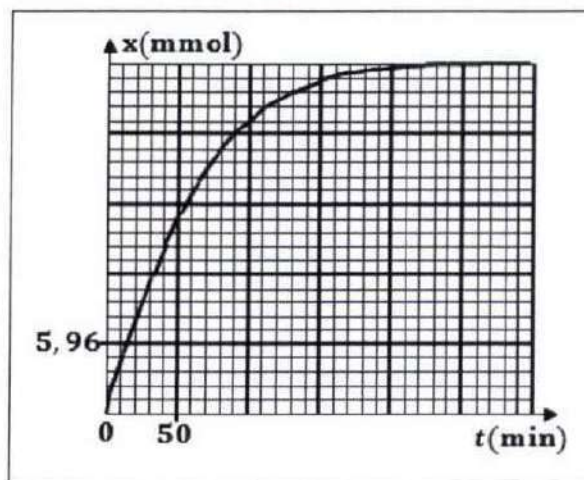
Coefficient : 1

Suivi temporel d'une transformation chimique : (6 points)

On introduit dans un ballon, une quantité de poudre de Zinc, et on y verse à un volume $V = 75 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse d'acide sulfurique. La réaction qui se produit a pour équation: $\text{Zn}_{(s)} + 2\text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} \longrightarrow \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + \text{H}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$
La courbe ci-contre représente les variations de l'avancement x de la réaction en fonction du temps.

Données:

- La vitesse volumique moyenne d'une réaction a pour expression : $v_{\text{moy}} = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t}$; (avec V volume total du mélange).
- $3375 \times 35 \approx 1,19 \cdot 10^5$; $75 \times 45 = 3375$

Q41. L'avancement final x_f vaut:

A	$x_f = 29,8 \text{ mmol}$	B	$x_f = 28,5 \text{ mmol}$	C	$x_f = 27,8 \text{ mmol}$	D	$x_f = 25,6 \text{ mmol}$	E	$x_f = 20,8 \text{ mmol}$
---	---------------------------	---	---------------------------	---	---------------------------	---	---------------------------	---	---------------------------

Q42. La valeur du temps de demi-réaction vaut:

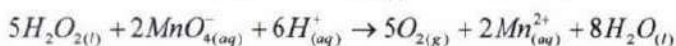
A	$t_{1/2} = 60 \text{ min}$	B	$t_{1/2} = 45 \text{ min}$	C	$t_{1/2} = 40 \text{ min}$	D	$t_{1/2} = 35 \text{ min}$	E	$t_{1/2} = 30 \text{ min}$
---	----------------------------	---	----------------------------	---	----------------------------	---	----------------------------	---	----------------------------

Q43. La valeur de la vitesse volumique moyenne de la réaction entre $t_0 = 0$ et $t_1 = 90 \text{ min}$ vaut:

A	$v_{\text{moy}} = 4.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$	B	$v_{\text{moy}} = 5,33.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$	C	$v_{\text{moy}} = 6,67.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
D	$v_{\text{moy}} = 8.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$	E	$v_{\text{moy}} = 3,5.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$		

Évolution temporel d'un système chimique : (9 points)

À $t_0 = 0$ on ajoute un volume d'eau oxygénée à un volume d'une solution de permanganate de potassium acidifié. L'eau oxygénée $\text{H}_2\text{O}_{2(l)}$ est oxydée par les ions permanganate $\text{MnO}_4^-_{(aq)}$ selon l'équation:



Le tableau ci-dessous présente l'évolution temporelle de la concentration des ions $\text{Mn}^{2+}_{(aq)}$.

$t(\text{min})$	0	4	8	14	24	44	66	100	120
$[\text{Mn}^{2+}_{(aq)}] (\text{mol.L}^{-1})$	0	0,10	0,20	0,28	0,40	0,50	0,54	0,56	0,56

Données:

- Volume molaire $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$; Volume du mélange : $V = 10 \text{ mL}$; $\text{H}_2\text{O}_{2(l)}$: réactif limitant.

Q44. Les couples (ox/réd) participant à cette réaction sont :

A	$\text{MnO}_4^-_{(aq)} / \text{Mn}^{2+}_{(aq)}$ $\text{H}_2\text{O}_{2(l)} / \text{O}_{2(g)}$	B	$\text{MnO}_4^-_{(aq)} / \text{Mn}^{2+}_{(aq)}$ $\text{O}_{2(g)} / \text{H}_2\text{O}_{2(l)}$	C	$\text{Mn}^{2+}_{(aq)} / \text{MnO}_4^-_{(aq)}$ $\text{O}_{2(g)} / \text{H}_2\text{O}_{2(l)}$	D	$\text{MnO}_4^-_{(aq)} / \text{Mn}^{2+}_{(aq)}$ $\text{H}_2\text{O}_{2(l)} / \text{H}_2\text{O}_{2(l)}$	E	$\text{MnO}_4^-_{(aq)} / \text{Mn}^{2+}_{(aq)}$ $\text{H}_2\text{O}_{2(l)} / \text{H}^+_{(aq)}$
---	--	---	--	---	--	---	--	---	--

Q45. La valeur du temps de demi-réaction est :

A	$t_{1/2} = 10 \text{ min}$	B	$t_{1/2} = 14 \text{ min}$	C	$t_{1/2} = 24 \text{ min}$	D	$t_{1/2} = 44 \text{ min}$	E	$t_{1/2} = 60 \text{ min}$
---	----------------------------	---	----------------------------	---	----------------------------	---	----------------------------	---	----------------------------

Q46. Le volume du dioxygène formé à l'instant $t = 24 \text{ min}$ vaut :

A	$v = 48.10^{-2} \text{ L}$	B	$v = 4,8.10^{-2} \text{ L}$	C	$v = 36.10^{-2} \text{ L}$	D	$v = 12.10^{-2} \text{ L}$	E	$v = 24.10^{-2} \text{ L}$
---	----------------------------	---	-----------------------------	---	----------------------------	---	----------------------------	---	----------------------------

Q47. La quantité de matière initiale de l'eau oxygénée vaut:

A	$n_0 = 5,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$	B	$n_0 = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	C	$n_0 = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$
D	$n_0 = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	E	$n_0 = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$		

Solution aqueuse d'acide éthanóïque : (4 points)

On considère une solution aqueuse (S) d'acide éthanóïque de concentration $C = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. La mesure de la conductivité de la solution (S) a donné $\sigma = 1,56 \cdot 10^{-2} \text{ S.m}^{-1}$.

Données : $\lambda_1 = \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 35 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$; $\lambda_2 = \lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-} = 4 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$; $\log 2 = 0,3$

On définit le taux d'avancement final par la relation: $\tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$

Q48. La concentration des ions oxonium dans cette solution est :

A	$[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] = 8 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$	B	$[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] = 4 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$	C	$[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$
D	$[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] = 4 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$	E	$[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] = 8 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$		

Q49. La valeur du pH du mélange à l'équilibre est :

A	$\text{pH} = 3,1$	B	$\text{pH} = 3,4$	C	$\text{pH} = 3,6$	D	$\text{pH} = 3,8$	E	$\text{pH} = 4,2$
---	-------------------	---	-------------------	---	-------------------	---	-------------------	---	-------------------

Q50. Le taux d'avancement final de la réaction est :

A	$\tau = 4\%$	B	$\tau = 2\%$	C	$\tau = 1\%$	D	$\tau = 0,4\%$	E	$\tau = 0,2\%$
---	--------------	---	--------------	---	--------------	---	----------------	---	----------------

Étude d'un comprimé d'ibuprofène : (3 points)

On dissout un comprimé d'ibuprofène dans un volume V_e d'eau pour obtenir une solution aqueuse (S). On titre la solution (S) par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration

$C_B = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$. Le volume versé à l'équivalence est $V_{B,E} = 9,7 \text{ mL}$.

Donnée: $M(\text{ibuprofène}) = 206 \text{ g.mol}^{-1}$.

Q51. La masse d'ibuprofène contenue dans le comprimé étudié vaut :

A	$m_{\text{ibu}} = 0,4 \text{ mg}$	B	$m_{\text{ibu}} = 4 \text{ mg}$	C	$m_{\text{ibu}} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ mg}$	D	$m_{\text{ibu}} = 400 \text{ mg}$	E	$m_{\text{ibu}} = 500 \text{ mg}$
---	-----------------------------------	---	---------------------------------	---	---	---	-----------------------------------	---	-----------------------------------

Degré d'acidité d'un vinaigre : (5 points)

On prend la masse $m = 10 \text{ g}$ d'un vinaigre commercial, et on y ajoute de l'eau pour obtenir une solution aqueuse (S_A) d'acide éthanóïque $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$ de volume $V = 100 \text{ mL}$. On dose $V_A = 20 \text{ mL}$ de la solution (S_A) par une solution aqueuse (S_B) d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$. Le volume versé à l'équivalence est $V_{B,E} = 16,4 \text{ mL}$.

Données :

- Le degré d'acidité d'un vinaigre commercial représente la masse d'acide éthanóïque pur en (g) contenu dans 100 g de vinaigre.
- $M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60 \text{ g.mol}^{-1}$; $\text{p}K_A(\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})} / \text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}) = 4,8$

Q52. Le degré d'acidité de ce vinaigre vaut :

A	7°	B	$4,9^\circ$	C	$11,2^\circ$	D	9°	E	12°
---	-----------	---	-------------	---	--------------	---	-----------	---	------------

Q53. Les valeurs de l'avancement maximal de la réaction et du pH du milieu réactionnel pour le volume $V_B = 8,2 \text{ mL}$ sont :

A	$x_f = 8,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$	$pH = 4$
B	$x_f = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$	$pH = 4,8$
C	$x_f = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$	$pH = 4$
D	$x_f = 6,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$	$pH = 5$
E	$x_f = 8,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$	$pH = 4,8$

Solution aqueuse d'acide benzoïque : (6 points)

Le pH d'une solution aqueuse (S) d'acide benzoïque de volume $V = 1 \text{ L}$ et de concentration $C = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, à 25°C , est $pH = 2,6$.

Données: $10^{0,8} = 6,3$; $10^{0,4} = 2,5$; $1 - 10^{-1,6} \approx 1$

Q54. L'avancement final de la réaction de l'acide benzoïque avec l'eau est:

A	$x_f = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	B	$x_f = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	C	$x_f = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$
D	$x_f = 4 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$	E	$x_f = 6 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$		

Q55. La constante d'acidité K_A du couple $(C_6H_5COOH_{(aq)} / C_6H_5COO^-_{(aq)})$ a pour expression:

A	$K_A = \frac{10^{-pH}}{C - 10^{-pH}}$	B	$K_A = \frac{10^{-2pH}}{C(1 - 10^{-pH})}$	C	$K_A = \frac{10^{-2pH}}{C - 10^{-pH}}$	D	$K_A = \frac{C \cdot 10^{-2pH}}{1 - 10^{-pH}}$	E	$K_A = \frac{10^{-pH}}{C - 10^{-2pH}}$
---	---------------------------------------	---	---	---	--	---	--	---	--

Q56. La valeur de la constante d'acidité K_A du couple $(C_6H_5COOH_{(aq)} / C_6H_5COO^-_{(aq)})$ est:

A	$K_A = 2 \cdot 10^{-5}$	B	$K_A = 6,3 \cdot 10^{-5}$	C	$K_A = 4 \cdot 10^{-4}$	D	$K_A = 6,3 \cdot 10^{-10}$	E	$K_A = 4 \cdot 10^{-7}$
---	-------------------------	---	---------------------------	---	-------------------------	---	----------------------------	---	-------------------------

Solution aqueuse d'ammoniac : (5 points)

La mesure du pH d'une solution aqueuse (S) d'ammoniac de concentration C , a donné $pH = 10,3$.

Pour cette solution : $\log \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} = 1,1$.

Q57. Le taux d'avancement final de la réaction qui se produit a pour expression:

A	$\tau = \frac{10^{-pH}}{C \cdot K_e}$	B	$\tau = \frac{10^{pH}}{C \cdot K_e}$	C	$\tau = \frac{10^{-pH} \cdot K_e}{C}$	D	$\tau = \frac{10^{pH} \cdot K_e}{C}$	E	$\tau = \frac{C \cdot 10^{pH}}{K_e}$
---	---------------------------------------	---	--------------------------------------	---	---------------------------------------	---	--------------------------------------	---	--------------------------------------

Q58. La valeur de pK_A du couple $(NH_4^+_{(aq)} / NH_3_{(aq)})$ vaut :

A	$pK_A = 9,8$	B	$pK_A = 5,4$	C	$pK_A = 10,3$	D	$pK_A = 4,1$	E	$pK_A = 9,2$
---	--------------	---	--------------	---	---------------	---	--------------	---	--------------

Réaction d'acide lactique avec l'hydroxyde de sodium : (5 points)

On ajoute au volume $V_A = 20 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse d'acide lactique $C_3H_6O_3$ de concentration $C_A = 3.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, le volume $V_B = 10 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 1,5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Le pH du mélange est $pH = 3,3$.

Donnée : $10^{-10,7} = 2.10^{-11}$

Q59. L'avancement final x_f de la réaction qui a eu lieu a pour expression:

A	$x_f = C_B.V_B - (V_A + V_B).10^{pH-pK_e}$	B	$x_f = C_A.V_A - (V_A + V_B).10^{pH-pK_e}$	C	$x_f = C_B.V_B + (V_A + V_B).10^{pH-pK_e}$
D	$x_f = C_A.V_A + (V_A + V_B).10^{pH-pK_e}$	E	$x_f = C_A.V_A + (V_A + V_B).10^{pK_e-pH}$		

Q60. La valeur de la concentration $[C_3H_5O_3^-(aq)]$ est:

A	$[C_3H_5O_3^-(aq)] = 5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	B	$[C_3H_5O_3^-(aq)] = 2.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	C	$[C_3H_5O_3^-(aq)] = 1,5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
D	$[C_3H_5O_3^-(aq)] = 5.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$	E	$[C_3H_5O_3^-(aq)] = 1,5.10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$		

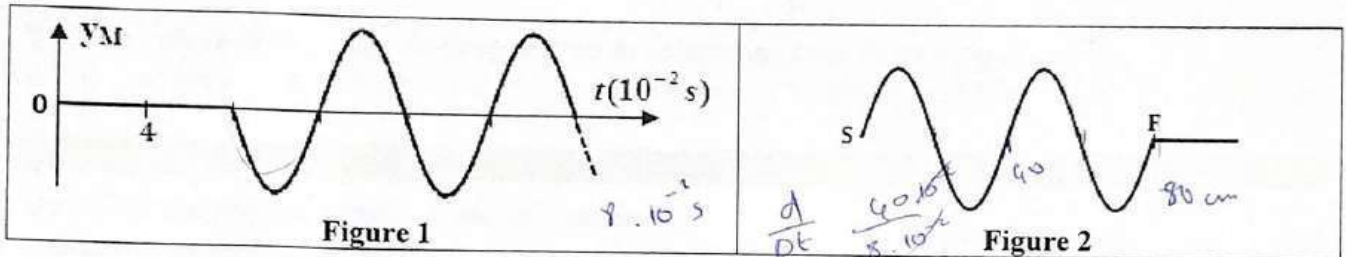
Prof.Zakaryae chriki

Composante 2 : Physique

Coefficient : 1

Propagation d'une onde le long d'une corde : (5 points)

Une lame vibrante horizontale, fixée à l'extrémité S d'une corde élastique, génère le long de celle-ci une onde progressive sinusoïdale de célérité v . Le mouvement de S débute à l'instant $t_0 = 0$. Les figures (1) et (2) ci-dessous représentent l'élongation d'un point M de la corde, situé à une distance d de S , et l'aspect de la corde à l'instant $t_1 = 0,16\text{ s}$. Le front d'onde se trouve à l'instant t_1 à la distance $SF = 80\text{ cm}$ de S .



Q21. Les valeurs de la longueur d'onde et de la célérité de propagation de l'onde le long de la corde sont :

A	$\lambda = 0,40\text{ m}$ $v = 0,25\text{ m.s}^{-1}$	B	$\lambda = 0,08\text{ m}$ $v = 0,80\text{ m.s}^{-1}$	C	$\lambda = 0,40\text{ m}$ $v = 2,5\text{ m.s}^{-1}$	D	$\lambda = 0,40\text{ m}$ $v = 5,0\text{ m.s}^{-1}$	E	$\lambda = 0,80\text{ m}$ $v = 10\text{ m.s}^{-1}$
---	---	---	---	---	--	---	--	---	---

Q22. La valeur de la distance SM est :

A	$d = 0,20\text{ m}$	B	$d = 0,40\text{ m}$	C	$d = 0,60\text{ m}$	D	$d = 0,80\text{ m}$	E	$d = 1,2\text{ m}$
---	---------------------	---	---------------------	---	---------------------	---	---------------------	---	--------------------

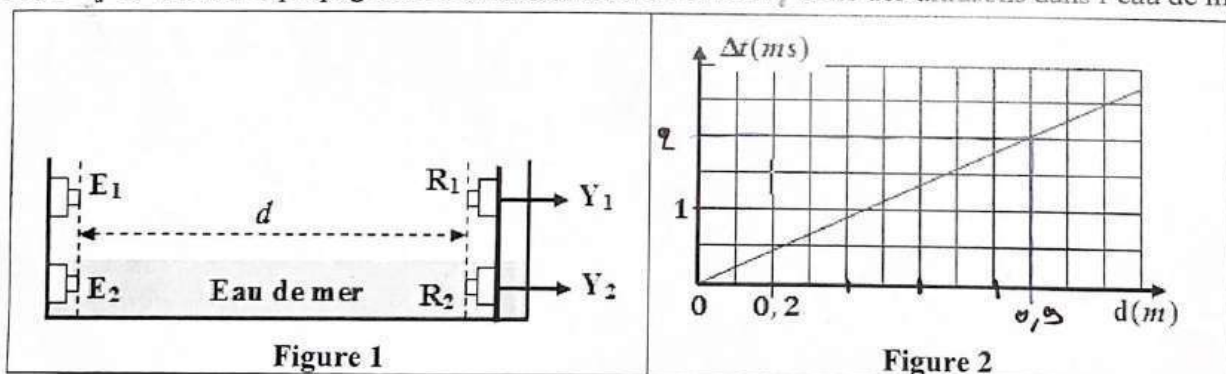
Q23. L'élongation du point M de la corde par rapport à la source S est :

A	$y_M(t) = y_S(t - 0,04)$	B	$y_M(t) = y_S(t - 0,08)$	C	$y_M(t) = y_S(t - 0,05)$
D	$y_M(t) = y_S(t - 0,8)$	E	$y_M(t) = y_S(t - 0,4)$		

$$y_s(t) = y_s(t - 2)$$

Comportement des ondes ultrasonores dans deux milieux différents : (5 points)

Deux sondes E_1 et E_2 émettent, au même instant, des ondes ultrasonores de même fréquence respectivement dans l'air et dans l'eau de mer (figure 1). Le capteur R_1 capte les ondes se propageant dans l'air et le capteur R_2 capte les ondes se propageant dans l'eau de mer. Soit Δt le retard temporel des ondes reçues par R_1 par rapport à celles reçues par R_2 , pour une valeur de d . La courbe de la figure (2) représente les variations de Δt en fonction de d . On note V_a la vitesse de propagation des ultrasons dans l'air et V_e celle des ultrasons dans l'eau de mer.



$$\frac{1}{V_a}$$

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

Données : $V_a = 340 \text{ m.s}^{-1}$; $\frac{1}{34} = 2,94.10^{-2}$; $11 \times 2,27 = 25$; $14,92 \times 67 = 10^3$

Q24. Le retard temporel Δt a pour expression :

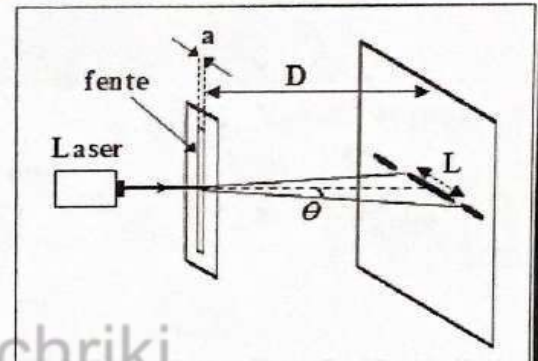
A $\Delta t = d. \left(\frac{1}{V_a} - \frac{1}{V_e} \right)$	B $\Delta t = d. \left(\frac{1}{V_e} + \frac{1}{V_a} \right)$	C $\Delta t = d. (V_e - V_a)$
D $\Delta t = d. (V_e + V_a)$	E $\Delta t = 2d. \left(\frac{1}{V_a} - \frac{1}{V_e} \right)$	

Q25. La valeur de la vitesse de propagation des ultrasons dans l'eau de mer est :

A $V_e = 670 \text{ m.s}^{-1}$	B $V_e = 1210 \text{ m.s}^{-1}$	C $V_e = 1340 \text{ m.s}^{-1}$	D $V_e = 1492 \text{ m.s}^{-1}$	E $V_e = 1767 \text{ m.s}^{-1}$
--------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

Diffraction de la lumière par une fente : (4 points)

On éclaire une fente de largeur a par une lumière monochromatique de fréquence N émise par un laser. La figure de diffraction est observée sur un écran placé à une distance D de la fente. La largeur de la tache centrale est notée L .



- Avec un laser émettant une lumière verte de fréquence $N_v = 5,36.10^{14} \text{ Hz}$, on obtient une tache centrale de largeur $L_v = 8,6 \text{ mm}$.
- Avec un laser émettant une lumière rouge de fréquence $N_r = 4,74.10^{14} \text{ Hz}$, on obtient une tache centrale de largeur L_r .

Données : $\tan \theta \approx \theta (\text{rad})$; $\frac{268}{237} = 1,13$

Q26. La valeur de la largeur de la tache centrale obtenue avec la lumière rouge est :

A $L_r = 10 \text{ mm}$	B $L_r = 9,7 \text{ mm}$	C $L_r = 8,2 \text{ mm}$	D $L_r = 7,7 \text{ mm}$	E $L_r = 6,8 \text{ mm}$
-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Q27. L'écart angulaire pour la lumière rouge et l'écart angulaire pour la lumière verte sont liés par la relation:

A $\theta_r = 1,13.\theta_v$	B $\theta_r = 0,88.\theta_v$	C $\theta_r = 11,3.\theta_v$	D $\theta_r = 1,90.\theta_v$	E $\theta_r = 2,26.\theta_v$
------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------

8,6

$$\theta = \frac{2\lambda}{L}$$

$$\theta = \frac{aL}{2}$$

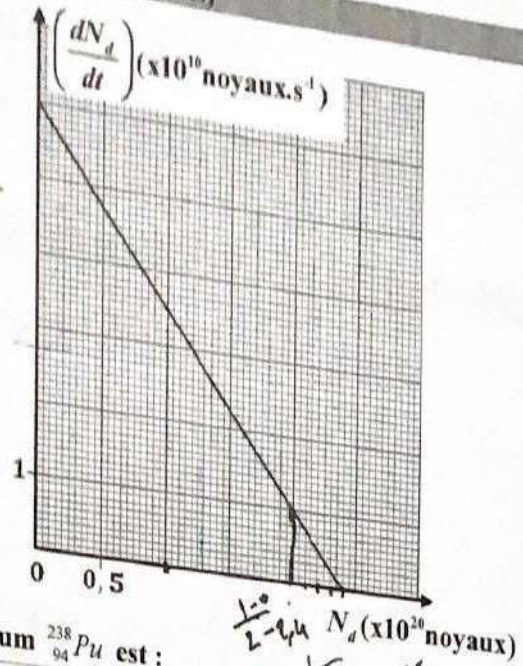
$$\theta_r = 1,13.\theta_v$$

La radioactivité du plutonium : (8 points)

Le plutonium $^{238}_{94}\text{Pu}$ est radioactif α .

Un échantillon de plutonium contient à $t_0 = 0$, N_0 noyaux de plutonium $^{238}_{94}\text{Pu}$. On note N_d le nombre de noyaux de $^{238}_{94}\text{Pu}$ désintégrés à l'instant t . La courbe ci-contre représente les variations de $\left(\frac{dN_d}{dt}\right)$ en fonction de N_d .

Donnée : $\ln 2 \approx 0,7$



Q28. Le noyau obtenu par désintégration du plutonium $^{238}_{94}\text{Pu}$ est :

A	$^{234}_{92}\text{U}$ ✓	B	$^{235}_{92}\text{U}$	C	$^{238}_{92}\text{U}$	D	$^{238}_{93}\text{Np}$	E	$^{238}_{95}\text{Am}$
---	-------------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	------------------------	---	------------------------

Q29. La valeur de la constante radioactive du plutonium $^{238}_{94}\text{Pu}$ est :

A	$\lambda = 4,0 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}$	B	$\lambda = 2,5 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}$	C	$\lambda = 3,2 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}$
D	$\lambda = 2,5 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$	E	$\lambda = 4,2 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$		

Q30. La valeur du nombre de noyaux de plutonium présents dans l'échantillon à $t_0 = 0$ est :

A	$N_0 = 6,2 \cdot 10^{18}$?	B	$N_0 = 2,4 \cdot 10^{18}$	C	$N_0 = 3,0 \cdot 10^{20}$
D	$N_0 = 2,4 \cdot 10^{20}$	E	? $N_0 = 6,2 \cdot 10^{20}$		

Q31. La durée nécessaire pour la désintégration de la moitié des noyaux de plutonium $^{238}_{94}\text{Pu}$ de l'échantillon est :

A	$1,2 \cdot 10^{10} \text{ s}$	B	$5,2 \cdot 10^{10} \text{ s}$	C	$4,2 \cdot 10^{10} \text{ s}$	D	$5,5 \cdot 10^9 \text{ s}$	E	? $2,8 \cdot 10^9 \text{ s}$
---	-------------------------------	---	-------------------------------	---	-------------------------------	---	----------------------------	---	------------------------------

Scintigraphie thyroïdienne: (3 points)

Lors d'une scintigraphie thyroïdienne, on injecte à $t_0 = 0$, à un patient un échantillon d'iode 123 d'activité 7 MBq. L'iode 123 se répartit à 30% dans la thyroïde et 70% dans le reste de l'organisme. On néglige le temps de fixation des noyaux dans la thyroïde. Soit a_0 l'activité dans la thyroïde à $t_0 = 0$.

Données : $\ln 2 = 0,69$; $e^{-13,8} = 2^{-20} = 10^{-6}$

Q32. L'expression du nombre de noyaux d'iode 123 présent dans la thyroïde à l'instant $t = t_{1/2}$ est :

A	$N = \frac{2 \cdot a_0 \cdot t_{1/2}}{\ln 2}$	B	? $N = \frac{a_0 \cdot t_{1/2}}{\ln 2}$	C	$N = \frac{a_0 \cdot t_{1/2}}{2 \cdot \ln 2}$	D	$N = \frac{a_0}{2 \cdot \ln 2}$	E	$N = \frac{t_{1/2}}{2 \cdot \ln 2}$
---	---	---	---	---	---	---	---------------------------------	---	-------------------------------------

Q33. On considère que l'activité d'un échantillon radioactif devient négligeable (échantillon inactif) après une durée de 20 demi-vie.

Après l'injection, la valeur de l'activité de l'échantillon lorsqu'il devient inactif est :

A	$a = 5,6 \text{ Bq}$	B	$a = 1,4 \text{ Bq}$	C	$a = 3,4 \text{ Bq}$
D	$a = 4,1 \text{ Bq}$	E	$a = 2,1 \text{ Bq}$		

Charge et décharge d'un condensateur : (9 points)

On considère le montage de la figure (1). À l'instant $t_0 = 0$, on place l'interrupteur K en position (1). La courbe de la figure (2) représente l'évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur.

Donnée : $I_0 = 0,5 \text{ mA}$

$U_C = \frac{q}{C}$
 $q = C U_C = 7$
 $I_0 =$

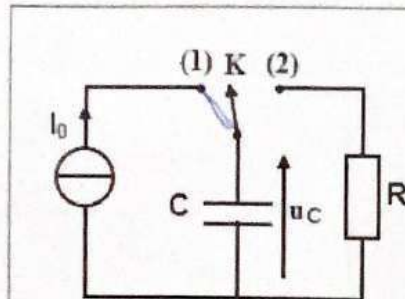


Figure 1

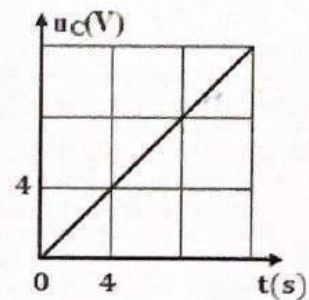


Figure 2

Q34. La valeur de la capacité est :

A	$C = 5 \mu\text{F}$	B	$C = 20 \mu\text{F}$	C	$C = 55 \mu\text{F}$	D	$C = 120 \mu\text{F}$	E	$C = 500 \mu\text{F}$
---	---------------------	---	----------------------	---	----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------

Lorsque le condensateur devient chargé, on place K en position (2), à un instant pris comme nouvelle origine des dates ($t_0 = 0$). La courbe de la figure (3) représente l'évolution de $u_C(t)$.

La tension aux bornes du condensateur s'écrit :

$$u_C(t) = A.e^{-\frac{t}{RC}} \text{ avec } A \text{ constante.}$$

$U_C = 10 \text{ V}$
 $C = \frac{q}{U_C} = \frac{10}{2} = 5$

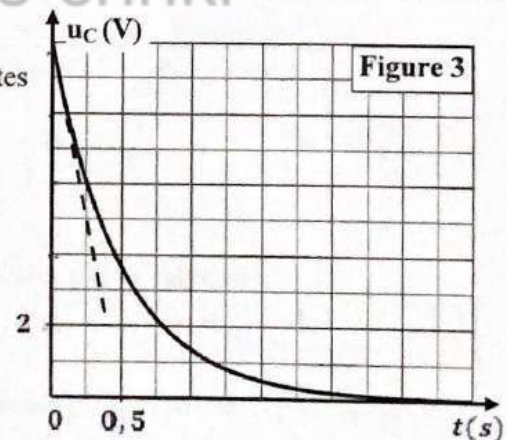


Figure 3

Q35. Les valeurs de A et R sont :

A	$A = 6 \text{ V}$ $R = 50 \Omega$	B	$A = 10 \text{ V}$ $R = 100 \Omega$	C	$A = 10 \text{ V}$ $R = 200 \Omega$	D	$A = 5 \text{ V}$ $R = 0,5 \text{ k}\Omega$	E	$A = 10 \text{ V}$ $R = 1 \text{ k}\Omega$
---	--------------------------------------	---	--	---	--	---	--	---	---

Q36. L'intensité du courant électrique à l'instant $t_0 = 0$ est :

A	$i_0 = 320 \text{ mA}$	B	$i_0 = -200 \text{ mA}$	C	$i_0 = 250 \text{ mA}$
D	$i_0 = 200 \text{ mA}$	E	$i_0 = -10 \text{ mA}$		

Q37. L'énergie électrique emmagasinée dans le condensateur à un instant t s'exprime par la relation

$$\mathcal{E}_e = \frac{1}{2} \cdot C \cdot u_C^2.$$

La valeur de $\mathcal{E}_e$ à l'instant $t = 0,25 \text{ s}$ est :

A	$\mathcal{E}_e = 1,2 \text{ mJ}$	B	$\mathcal{E}_e = 3,4 \text{ mJ}$	C	$\mathcal{E}_e = 5,0 \text{ mJ}$	D	$\mathcal{E}_e = 6,8 \text{ mJ}$	E	$\mathcal{E}_e = 9,0 \text{ mJ}$
---	----------------------------------	---	----------------------------------	---	----------------------------------	---	----------------------------------	---	----------------------------------

Réponse de dipôles à un échelon de tension : (6 points)

Le montage de la figure (1) permet de charger en même temps deux condensateurs de capacité C_1 et C_2 tel que $C_1 < C_2$. Les deux conducteurs ohmiques ont la même résistance $R_1 = R_2 = R$. À l'instant $t_0 = 0$, on ferme l'interrupteur K . Un système d'acquisition permet d'enregistrer l'évolution des tensions $u_{C_1}(t)$ et $u_{C_2}(t)$ (figure 2).

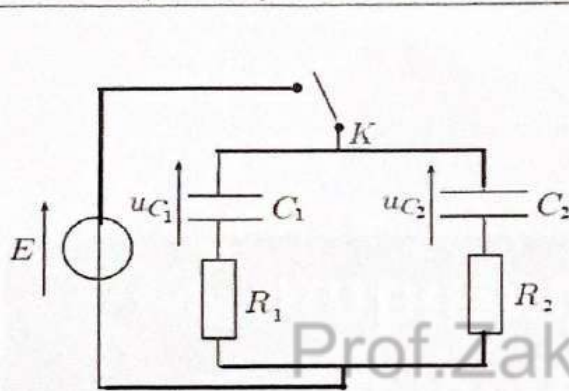


Figure 1

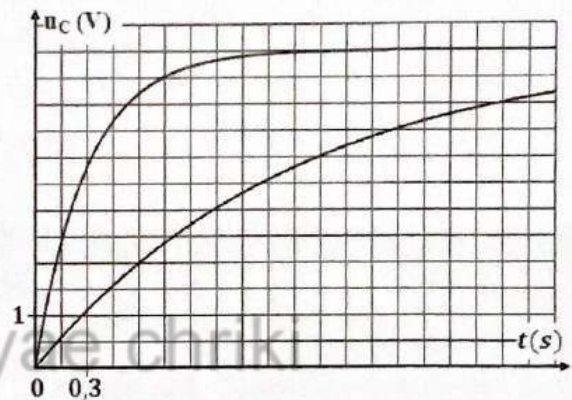


Figure 2

Q38. Les valeurs des constantes de temps τ_1 et τ_2 des dipôles R_1C_1 et R_2C_2 sont :

A	$\tau_1 = 0,3 \text{ s}$ $\tau_2 = 1,2 \text{ s}$	B	$\tau_1 = 0,3 \text{ s}$ $\tau_2 = 0,6 \text{ s}$	C	$\tau_1 = 0,3 \text{ s}$ $\tau_2 = 1,5 \text{ s}$	D	$\tau_1 = 0,6 \text{ s}$ $\tau_2 = 1,5 \text{ s}$	E	$\tau_1 = 0,9 \text{ s}$ $\tau_2 = 1,5 \text{ s}$
---	--	---	--	---	--	---	--	---	--

Q39. Les capacités C_1 et C_2 des deux condensateurs sont liées par la relation :

A	$C_2 = 5C_1$	B	$C_2 = 0,2C_1$	C	$C_2 = 0,5C_1$	D	$C_2 = 1,5C_1$	E	$C_2 = 2,3C_1$
---	--------------	---	----------------	---	----------------	---	----------------	---	----------------

Q40. À la fin du régime transitoire de la charge du condensateur de capacité C_1 , la tension aux bornes du condensateur de capacité C_2 est :

A	$u_{C_2} = 37\% \cdot E$	B	$u_{C_2} = 63\% \cdot E$	C	$u_{C_2} = 67\% \cdot E$	D	$u_{C_2} = 33\% \cdot E$	E	$u_{C_2} = 57\% \cdot E$
---	--------------------------	---	--------------------------	---	--------------------------	---	--------------------------	---	--------------------------

Composante 3 : Chimie

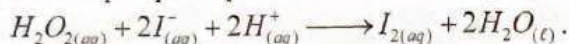
Coefficient : 1

Étude cinétique d'une transformation chimique : (8 points)

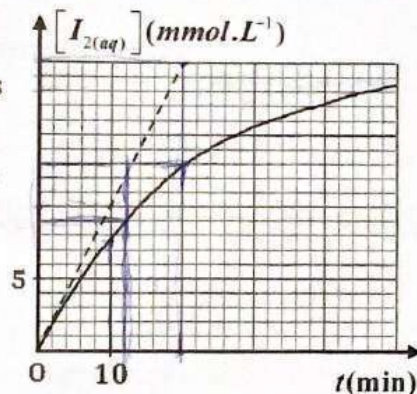
Un mélange de volume $V = 100 \text{ mL}$ contient initialement

$n_1(\text{H}_2\text{O}_2) = 3.10^{-3} \text{ mol}$ d'eau oxygénée, $n_2(\text{I}^-) = 5.10^{-3} \text{ mol}$ d'ions iodure et $n_3(\text{H}^+) = 4.10^{-3} \text{ mol}$ d'ions hydrogène.

La réaction chimique qui se produit est modélisée par l'équation :



Le suivi temporel de la formation de diiode $\text{I}_{2(aq)}$ a permis de tracer la courbe $[\text{I}_{2(aq)}] = f(t)$ ci-contre.



Q41. La valeur de l'avancement final de la réaction est :

A	$x_f = 4.10^{-3} \text{ mol}$	B	$x_f = 3.10^{-3} \text{ mol}$	C	$x_f = 2.5.10^{-3} \text{ mol}$
D	☒ $x_f = 2.10^{-3} \text{ mol}$	E	$x_f = 5.10^{-3} \text{ mol}$		

Q42. La valeur du temps de demi-réaction est :

A	$t_{1/2} = 20 \text{ min}$	B	$t_{1/2} = 18 \text{ min}$	C	☒ $t_{1/2} = 14 \text{ min}$	D	☒ $t_{1/2} = 12 \text{ min}$	E	$t_{1/2} = 10 \text{ min}$
---	----------------------------	---	----------------------------	---	--	---	--	---	----------------------------

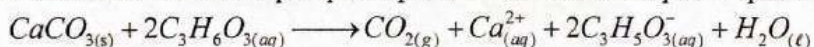
Q43. La valeur de la vitesse volumique de réaction à $t_0 = 0$ est :

A	$v_0 = 1 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$	B	$v_0 = 2 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$	C	$v_0 = 3,5 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$
D	$v_0 = 5 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$	E	☒ $v_0 = 10 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$		

Suivi temporel d'une transformation chimique : (6 points)

On introduit, à 25°C , dans un ballon une masse m de carbonate de calcium $\text{CaCO}_{3(s)}$ et on y verse à $t_0 = 0$, le volume $V_A = 158 \text{ mL}$ d'une solution aqueuse d'acide lactique $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_{3(aq)}$ de concentration molaire $C_A = 8,0.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

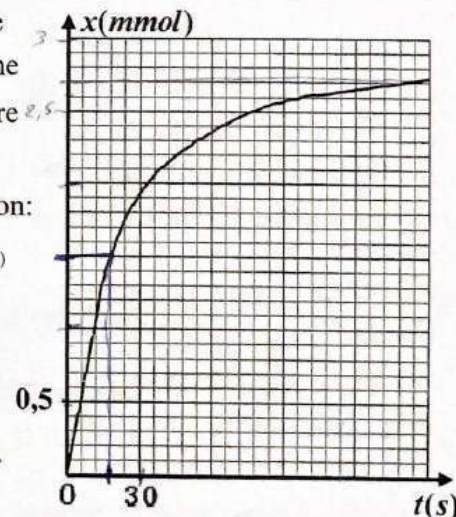
La transformation chimique qui se produit est modélisée par l'équation:



La courbe ci-contre représente l'évolution de l'avancement de la réaction en fonction du temps $x = f(t)$.

Données :

- temps de demi-réaction $t_{1/2} = 18 \text{ s}$
- $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$; $M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ g.mol}^{-1}$



Q44. La valeur de l'avancement final de la réaction est:

A	$x_f = 12,6 \text{ mmol}$	B	$x_f = 6,32 \text{ mmol}$	C	$x_f = 4,3 \text{ mmol}$
D	☒ $x_f = 3 \text{ mmol}$	E	$x_f = 1,5 \text{ mmol}$		

Q45. La valeur de la masse m est:

A	$m = 30 \text{ g}$	B	$m = 3 \text{ g}$	C	$m = 0,3 \text{ g}$	D	$m = 3 \text{ mg}$	E	$m = 30 \text{ mg}$
---	--------------------	---	-------------------	---	---------------------	---	--------------------	---	---------------------

Q46. La valeur du volume de dioxyde de carbone formé à l'instant $t = t_{1/2}$ est:

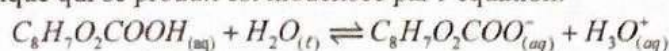
A	$v(\text{CO}_2) = 151 \text{ mL}$	B	$v(\text{CO}_2) = 72 \text{ mL}$	C	$v(\text{CO}_2) = 51,6 \text{ mL}$
D	$v(\text{CO}_2) = 18 \text{ mL}$	E	$v(\text{CO}_2) = 36 \text{ mL}$		

Acide acétylsalicylique: (7 points)

L'acide acétylsalicylique de formule $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$, connu sous le nom d'aspirine est utilisé dans de nombreux médicaments pour ses propriétés antalgiques et anti-inflammatoires.

On dissout un comprimé d'aspirine dans le volume $V = 100 \text{ mL}$ d'eau pure pour obtenir une solution aqueuse (S). La conductivité de la solution (S) vaut $\sigma = 109 \text{ mS.m}^{-1}$.

La transformation chimique qui se produit est modélisée par l'équation:

Données :

- $\lambda_1 = \lambda_{\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_2\text{COO}^-_{(\text{aq})}} = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$; $\lambda_2 = \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}} = 35,0 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$
- On néglige l'effet des ions $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$ sur la conductivité de la solution (S)
- $M(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) = 180 \text{ g.mol}^{-1}$; $K_e = 10^{-14}$
- $\log(2,82) = 0,45$; $2,82 \times 38,6 \approx 109$; $9 \times 27,8 \approx 250$

Q47. La valeur de la concentration molaire effective en ions oxonium dans la solution (S) est :

A	$[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] = 2,82 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$	B	$[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] = 1,41 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$	C	$[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] = 3,86 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
D	$[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] = 1,93 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$	E	$[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}] = 1,09 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$		

Q48. La valeur du pH de la solution (S) est :

A	$\text{pH} = 2,10$	B	$\text{pH} = 2,41$	C	$\text{pH} = 2,55$	D	$\text{pH} = 3,21$	E	$\text{pH} = 3,96$
---	--------------------	---	--------------------	---	--------------------	---	--------------------	---	--------------------

On titre le volume $V_A = 50 \text{ mL}$ de la solution (S) par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$ de concentration molaire $C_B = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Le volume versé à l'équivalence est $V_{B,E} = 27,8 \text{ mL}$.

La constante d'équilibre associée à l'équation de la réaction du dosage est $K = 3,2 \cdot 10^{10}$.

Q49. La valeur de la masse d'aspirine contenue dans le comprimé étudié est :

A	$m = 0,5 \text{ mg}$	B	$m = 125 \text{ mg}$	C	$m = 1000 \text{ mg}$	D	$m = 250 \text{ mg}$	E	$m = 500 \text{ mg}$
---	----------------------	---	----------------------	---	-----------------------	---	----------------------	---	----------------------

Q50. La valeur de la constante d'acidité K_A du couple acide/base associé à l'acide acétylsalicylique est:

A	$K_A = 2,0 \cdot 10^{-5}$	B	$K_A = 6,3 \cdot 10^{-5}$	C	$K_A = 3,2 \cdot 10^{-4}$	D	$K_A = 6,3 \cdot 10^{-6}$	E	$K_A = 4,0 \cdot 10^{-7}$
---	---------------------------	---	---------------------------	---	---------------------------	---	---------------------------	---	---------------------------

Acide monochloroéthanoïque : (4 points)

On considère une solution aqueuse (S), d'acide monochloroéthanoïque de formule ClCH_2COOH , de volume V , de concentration molaire $C = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et de $\text{pH} = 2,43$.

Données : $10^{0,57} \approx 3,7$; $10^{-0,43} \approx 0,37$; $10^{0,43} \approx 2,7$

Q51. La valeur du taux d'avancement final de la réaction est :

A	$\tau = 0,27$	B	$\tau = 0,37$	C	$\tau = 0,42$	D	$\tau = 0,47$	E	$\tau = 0,52$
---	---------------	---	---------------	---	---------------	---	---------------	---	---------------

Q52. Les concentrations molaires des espèces $\text{ClCH}_2\text{COOH}_{(aq)}$ et $\text{ClCH}_2\text{COO}^-_{(aq)}$ dans la solution (S) vérifient l'égalité :

A	$[\text{ClCH}_2\text{COOH}_{(aq)}] = 5. [\text{ClCH}_2\text{COO}^-_{(aq)}]$
B	$[\text{ClCH}_2\text{COOH}_{(aq)}] = 2,5. [\text{ClCH}_2\text{COO}^-_{(aq)}]$
C	$[\text{ClCH}_2\text{COOH}_{(aq)}] = 1,7. [\text{ClCH}_2\text{COO}^-_{(aq)}]$
D	$[\text{ClCH}_2\text{COOH}_{(aq)}] = 10. [\text{ClCH}_2\text{COO}^-_{(aq)}]$
E	$[\text{ClCH}_2\text{COOH}_{(aq)}] = 12,5. [\text{ClCH}_2\text{COO}^-_{(aq)}]$

Système chimique en état d'équilibre : (6 points)

On introduit initialement dans un bécher une solution aqueuse d'acide méthanoïque $\text{HCO}_2\text{H}_{(aq)}$ et une solution aqueuse d'éthanoate de sodium $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{CH}_3\text{CO}_2^-_{(aq)}$. Les deux solutions ont même volume V et même concentration molaire C .

La transformation chimique qui se produit est modélisée par l'équation

$\text{HCO}_2\text{H}_{(aq)} + \text{CH}_3\text{CO}_2^-_{(aq)} \rightleftharpoons \text{HCO}_2^-_{(aq)} + \text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(aq)}$ de constante d'équilibre $K = 10$.

Données :

- $K_{A1}(\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}_{(aq)} / \text{CH}_3\text{CO}_2^-_{(aq)}) = 1,8.10^{-5}$
- $\sqrt{10} \approx 3,16$; $76 \times 416 \approx 3,16.10^4$

Q53. L'expression du taux d'avancement final à l'état d'équilibre du système est :

A	$\tau = \frac{1+\sqrt{K}}{\sqrt{K}}$	B	$\tau = \frac{\sqrt{K}}{1+\sqrt{K}}$	C	$\tau = \frac{\sqrt{K}}{1-\sqrt{K}}$
D	$\tau = \frac{1-\sqrt{K}}{\sqrt{K}}$	E	$\tau = \frac{1-\sqrt{K}}{1+\sqrt{K}}$		

Q54. La valeur du taux d'avancement final de la réaction est :

A	$\tau = 0,45$	B	$\tau = 0,60$	C	$\tau = 0,55$	D	$\tau = 0,76$	E	$\tau = 0,20$
---	---------------	---	---------------	---	---------------	---	---------------	---	---------------

Q55. La valeur de la constante d'acidité du couple $(\text{HCO}_2\text{H}_{(aq)} / \text{HCO}_2^-_{(aq)})$ est :

A	$K_{A2} = 4,5.10^{-5}$	B	$K_{A2} = 6,8.10^{-5}$	C	$K_{A2} = 7,2.10^{-5}$
D	$K_{A2} = 1,8.10^{-4}$	E	$K_{A2} = 2,9.10^{-4}$		

Produit pharmaceutique : (9 points)

Certains produits pharmaceutiques sont fabriqués à partir de l'éthanamine (l'éthylamine), de formule chimique $C_2H_5NH_2$ qui est une base selon Brönsted.

On prépare une solution aqueuse (S_B) d'éthanamine de concentration molaire $C_B = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et de $pH = 11,5$.

Données : $pK_e = 14$; $10^{-0,5} \approx 0,316$; $10^{0,5} \approx 3,16$; $16^2 = 256$; $128 \div 6 \approx 21$

Q56. La transformation chimique qui a eu lieu lors de la préparation de la solution (S_B) est modélisée par l'équation:

A	$C_2H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_2H_5NH_{(aq)}^- + H_3O_{(aq)}^+$
B	$C_2H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_2H_5NH_{3(aq)}^+ + HO_{(aq)}^-$
C	$C_2H_5NH_{2(aq)} + H_3O_{(aq)}^+ \rightleftharpoons C_2H_5NH_{3(aq)}^+ + H_2O_{(l)}$
D	$C_2H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_2H_5NH_{(aq)}^- + HO_{(aq)}^-$
E	$C_2H_5NH_{2(aq)} + HO_{(aq)}^- \rightleftharpoons C_2H_5NH_{(aq)}^- + H_2O_{(l)}$

Q57. L'expression du taux d'avancement final de la réaction est :

A	$\tau = \frac{10^{-pH}}{C_B}$	B	$\tau = \frac{10^{pH-pK_e}}{C_B}$	C	$\tau = \frac{10^{pK_e-pH}}{C_B}$	D	$\tau = \frac{10^{-pH}}{C_B \cdot pK_e}$	E	$\tau = \frac{pH}{C_B \cdot pK_e}$
---	-------------------------------	---	-----------------------------------	---	-----------------------------------	---	--	---	------------------------------------

Q58. La valeur du taux d'avancement final de la réaction est :

A	$\tau = 0,08$	B	$\tau = 0,10$	C	$\tau = 0,16$	D	$\tau = 0,30$	E	$\tau = 0,45$
---	---------------	---	---------------	---	---------------	---	---------------	---	---------------

Q59. La valeur du quotient de réaction $Q_{r,eq}$ à l'état d'équilibre du système est :

A	$Q_{r,eq} = 6 \cdot 10^{-4}$	B	$Q_{r,eq} = 8 \cdot 10^{-4}$	C	$Q_{r,eq} = 3 \cdot 10^{-4}$
D	$Q_{r,eq} = 5 \cdot 10^{-5}$	E	$Q_{r,eq} = 8 \cdot 10^{-5}$		

Q60. La valeur de la constante d'acidité du couple ($C_2H_5NH_{3(aq)}^+ / C_2H_5NH_{2(aq)}$) est :

A	$K_A = 2,67 \cdot 10^{-10}$	B	$K_A = 3,25 \cdot 10^{-11}$	C	$K_A = 3,25 \cdot 10^{-10}$
D	$K_A = 5,85 \cdot 10^{-11}$	E	$K_A = 1,67 \cdot 10^{-11}$		

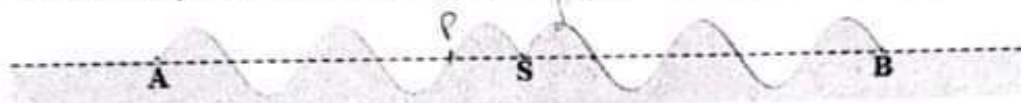
Composant 2 : Physique

Coefficient : 1

Ondes à la surface de l'eau : (4 points)

Sur la surface de l'eau contenue dans une cuve à onde, on crée à l'instant $t_0 = 0$, une onde progressive sinusoïdale de fréquence N , en un point S , à l'aide d'une pointe liée à un vibreur. Cette onde se propage sans amortissement et sans réflexion avec une vitesse constante.

Le document ci-dessous représente une section de la surface de l'eau suivant un plan vertical passant par le point S à un instant t_1 . L'élongation de la source est $y_S(t) = 10^{-2} \cdot \sin(100\pi t)$ (m).



Données : $N = 50 \text{ Hz}$; $AB = 10 \text{ cm}$

Q21. La valeur de l'instant t_1 est :

A	$t_1 = 0,6 \text{ ms}$	B	$t_1 = 14 \text{ ms}$	C	$t_1 = 21 \text{ ms}$	D	$t_1 = 50 \text{ ms}$	E	$t_1 = 100 \text{ ms}$
---	------------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	------------------------

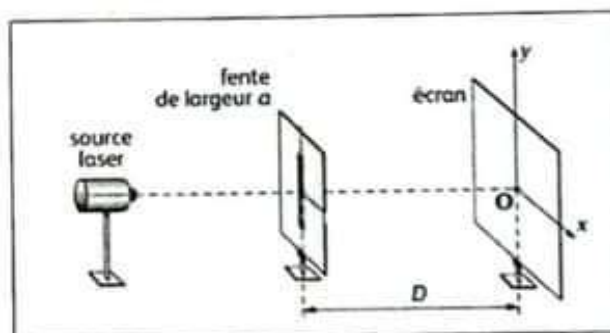
Q22. On considère un point P de la surface de l'eau. À l'instant t , P appartient à la crête numéro 4. L'élongation du point P à l'instant t est :

A	$y_P(t) = 10^{-2} \cdot \sin(100\pi t)$	B	$y_P(t) = 10^{-2} \cdot \sin(100\pi t - \frac{\pi}{2})$	C	$y_P(t) = 10^{-2} \cdot \sin(100\pi t + \frac{\pi}{2})$
D	$y_P(t) = 10^{-2} \cdot \sin(100t)$	E	$y_P(t) = 10^{-2} \cdot \sin(100\pi t - \pi)$		

Diffraction de la lumière par une fente : (4 points)

On réalise la diffraction de la lumière en utilisant le dispositif ci-contre.

On réalise dans l'air, quatre expériences en utilisant deux lasers produisant deux radiations de longueurs d'onde respectives λ_1 et λ_2 . Pour différentes valeurs de la largeur a de la fente, on obtient les résultats indiqués dans le tableau ci-dessous.



Expérience	Longueur d'onde	Largeur de la fente	Distance à l'écran	Largeur de la tache centrale	Ecart angulaire de diffraction
1	λ_1	$a_1 = a$	D	$L_1 = 3,2 \text{ cm}$	$\theta_1 = 10^{-2} \text{ rad}$
2	$\lambda_2 = 632,8 \text{ nm}$	$a_2 = a$	D	$L_2 = 5,0 \text{ cm}$	θ_2
3	$\lambda_2 = 632,8 \text{ nm}$	$a_3 = \frac{a}{2}$	D	$L_3 = 2 \cdot L_2$	θ_3
4	$\lambda_2 = 632,8 \text{ nm}$	$a_4 = 2a$	D	$L_4 = \frac{L_2}{2}$	θ_4

Données: $\tan \theta = \theta (\text{rad})$; $632,8 \times 3,2 = 2.10^3$

Q23. La valeur de la largeur de la fente est :

A	$a = 10 \mu m$	B	$a = 25 \mu m$	C	$a = 40 \mu m$	D	$a = 65 \mu m$	E	$a = 100 \mu m$
---	----------------	---	----------------	---	----------------	---	----------------	---	-----------------

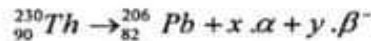
Q24. Les écarts angulaires de diffraction dans les quatre expériences sont tels que :

A	$\theta_1 > \theta_2 > \theta_3 > \theta_4$	B	$\theta_3 > \theta_1 > \theta_2 > \theta_4$	C	$\theta_4 > \theta_1 > \theta_2 > \theta_3$
D	$\theta_3 > \theta_2 > \theta_1 > \theta_4$	E	$\theta_3 > \theta_2 > \theta_4 > \theta_1$		

Radioactivité du thorium : (6 points)

Le noyau de thorium ${}_{90}^{230}\text{Th}$ subit une série de désintégrations successives de types α et β^- qui conduisent à la formation du noyau de plomb ${}_{82}^{206}\text{Pb}$, stable.

L'équation globale des désintégrations subie par le thorium s'écrit :



On dispose d'un échantillon contenant N_0 noyaux de thorium à l'instant $t_0 = 0$.

L'échantillon contient à un instant t , après une série de désintégrations 0,25 mmol de thorium ${}_{90}^{230}\text{Th}$ et 0,75 mmol de plomb ${}_{82}^{206}\text{Pb}$.

Données : constante radioactive du thorium : $\lambda = 8,7.10^{-6} \text{ an}^{-1}$; $\ln 2 = 0,7$

Q25. Les valeurs de x et y sont :

A	$x = 4$ $y = 6$	B	$x = 2$ $y = 4$	C	$x = 4$ $y = 4$	D	$x = 6$ $y = 4$	E	$x = 4$ $y = 2$
---	--------------------	---	--------------------	---	--------------------	---	--------------------	---	--------------------

Q26. La valeur de la demi-vie du thorium est :

A	$t_{1/2} = 1,4.10^4 \text{ ans}$	B	$t_{1/2} = 5,5.10^4 \text{ ans}$	C	$t_{1/2} = 8,0.10^4 \text{ ans}$
D	$t_{1/2} = 4.10^5 \text{ ans}$	E	$t_{1/2} = 8.10^5 \text{ ans}$		

Q27. L'âge de l'échantillon est :

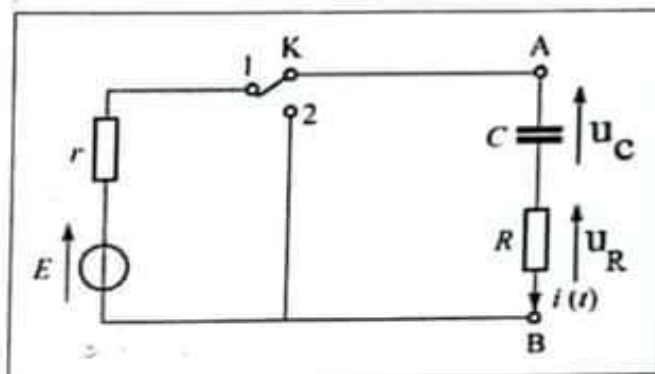
A	$t = 2,7.10^4 \text{ ans}$	B	$t = 1,6.10^5 \text{ ans}$	C	$t = 1,6.10^4 \text{ ans}$
D	$t = 2,4.10^5 \text{ ans}$	E	$t = 2,2.10^6 \text{ ans}$		

Charge et décharge d'un condensateur : (7 points)

On considère le montage schématisé sur la figure suivante. À l'instant $t_0 = 0$, on place l'interrupteur K en position (1).

Un système d'acquisition donne, l'expression numérique de l'intensité du courant qui circule dans le circuit : $i(t) = 6 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-\frac{1000}{33}t}$ (A).

Données : $E = 6,0V$; $R = 0,95 \text{ k}\Omega$



Q28. Les valeurs de la résistance r et de la capacité C sont :

A	$r = 50 \Omega$ $C = 10 \mu F$	B	$r = 20 \Omega$ $C = 33 \mu F$	C	$r = 10 \Omega$ $C = 55 \mu F$	D	$r = 50 \Omega$ $C = 33 \mu F$	E	$r = 50 \Omega$ $C = 50 \mu F$
---	-----------------------------------	---	-----------------------------------	---	-----------------------------------	---	-----------------------------------	---	-----------------------------------

Q29. La valeur de l'énergie électrique $\mathcal{E}_e$ emmagasinée dans le condensateur quand $u_C = 75\% \cdot E$ est :

A	$\mathcal{E}_e = 0,33 \text{ mJ}$	B	$\mathcal{E}_e = 2,64 \text{ mJ}$	C	$\mathcal{E}_e = 5,02 \text{ mJ}$	D	$\mathcal{E}_e = 8,65 \text{ mJ}$	E	$\mathcal{E}_e = 9,27 \text{ mJ}$
---	-----------------------------------	---	-----------------------------------	---	-----------------------------------	---	-----------------------------------	---	-----------------------------------

Q30. Lorsque le condensateur devient totalement chargé, on bascule K en position (2), à un instant pris comme nouvelle origine des dates ($t_0 = 0$).

L'expression numérique de la tension aux bornes du condensateur est :

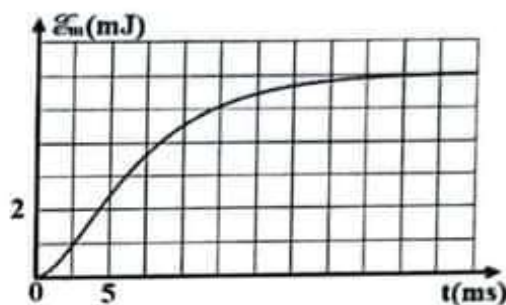
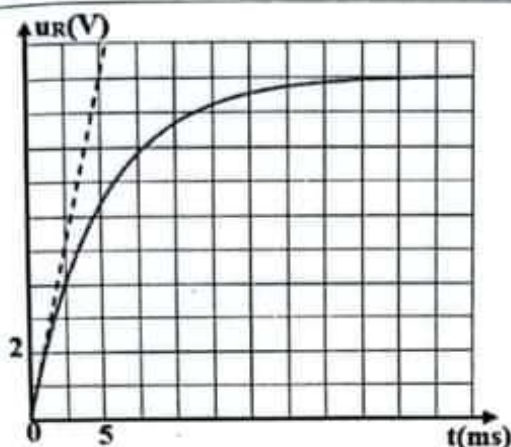
A	$u_c(t) = 6 \cdot e^{-\frac{1000}{31,35}t}$	B	$u_c(t) = 6 \cdot (1 - e^{-\frac{1000}{31,35}t})$	C	$u_c(t) = 4 \cdot e^{-\frac{1000}{50}t}$
D	$u_c(t) = 4 \cdot (1 - e^{-\frac{1000}{55,33}t})$	E	$u_c(t) = 6 \cdot e^{-\frac{1000}{25}t}$		

Q31. La valeur de la tension aux bornes du conducteur ohmique de résistance R à $t_0 = 0$ est :

A	$u_R = 6 \text{ V}$	B	$u_R = -6 \text{ V}$	C	$u_R = 0$	D	$u_R = 4,5 \text{ V}$	E	$u_R = -4,5 \text{ V}$
---	---------------------	---	----------------------	---	-----------	---	-----------------------	---	------------------------

Réponse d'un dipôle RL : (7 points)

On réalise un circuit électrique série comportant une bobine d'inductance L et de résistance r , un conducteur ohmique de résistance $R = 50 \Omega$, un générateur de tension de f.é.m E et un interrupteur K . À l'instant $t_0 = 0$, on ferme K . Un système d'acquisition donne l'évolution de la tension $u_R(t)$ aux bornes du conducteur ohmique et l'énergie magnétique $\mathcal{E}_m(t)$ emmagasinée dans la bobine (voir document suivant).



Document

Q32. L'équation différentielle vérifiée par l'intensité du courant qui traverse le circuit est :

A	$\frac{di}{dt} + \frac{L}{R+r} i = \frac{E}{L}$	B	$\frac{di}{dt} + \frac{R+r}{L} i = \frac{L}{E}$	C	$\frac{di}{dt} + \frac{L}{R+r} i = 0$
D	$\frac{di}{dt} + \frac{R+r}{L} i = \frac{E}{L}$	E	$\frac{di}{dt} + \frac{R+r}{L} i = 0$		

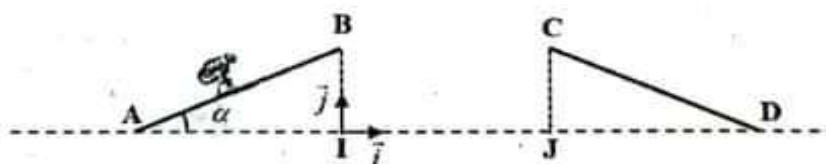
Q33. La valeur de la f.é.m est :

A	$E = 4,5 \text{ V}$	B	$E = 6 \text{ V}$	C	$E = 10 \text{ V}$	D	$E = 12 \text{ V}$	E	$E = 24 \text{ V}$
---	---------------------	---	-------------------	---	--------------------	---	--------------------	---	--------------------

Q34. Les valeurs des caractéristiques de la bobine sont :

A	$r = 10 \Omega ; L = 0,2 \text{ H}$	B	$r = 10 \Omega ; L = 0,3 \text{ H}$	C	$r = 8 \Omega ; L = 0,3 \text{ H}$
D	$r = 8 \Omega ; L = 0,2 \text{ H}$	E	$r = 4 \Omega ; L = 0,4 \text{ H}$		

Un skieur de masse m désire franchir l'espace entre deux tremplins symétriques ABI et CDJ (figure ci-dessous).



Pour cela, il aborde le premier tremplin en A avec une vitesse $\vec{v}_A$ tangente à (AB). Tous les frottements sont négligeables au cours de son mouvement.

Données : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$; $v_A = 20 \text{ m.s}^{-1}$; $\alpha = 30^\circ$; $\sin 60 = 0,866$; $BI = h = 10 \text{ m}$

Q35. La valeur de la vitesse du skieur en B est :

A	$v_B = 8,2 \text{ m.s}^{-1}$	B	$v_B = 10,1 \text{ m.s}^{-1}$	C	$v_B = 12,4 \text{ m.s}^{-1}$	D	$v_B = 14,1 \text{ m.s}^{-1}$	E	$v_B = 18,2 \text{ m.s}^{-1}$
---	------------------------------	---	-------------------------------	---	-------------------------------	---	-------------------------------	---	-------------------------------

Le skieur chute sur le deuxième tremplin dans la position C avec une vitesse $\vec{v}_C$ tangente à (CD).
Le mouvement est étudié dans le repère $(I, \vec{i}, \vec{j})$ supposé galiléen.

Q36. La valeur de la distance BC entre les deux tremplins est :

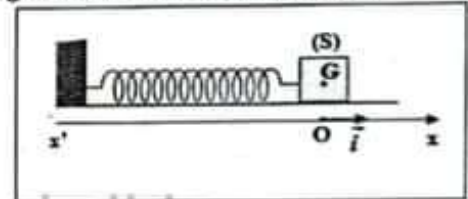
A	$BC = 7,2 \text{ m}$	B	$BC = 10,5 \text{ m}$	C	$BC = 13,2 \text{ m}$	D	$BC = 17,3 \text{ m}$	E	$BC = 28,6 \text{ m}$
---	----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------	---	-----------------------

Q37. L'expression de l'ordonnée du sommet S de la trajectoire du skieur est :

A	$y_s = \frac{v_B^2 \cdot \sin^2 \alpha}{g}$	B	$y_s = \frac{v_B^2 \cdot \sin \alpha}{2g} + h$	C	$y_s = \frac{v_B^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g} + h$
D	$y_s = \frac{v_B \cdot \sin^2 \alpha}{g} + h$	E	$y_s = \frac{v_B \cdot \sin \alpha}{2g} + h$		

Etude d'un oscillateur mécanique : (6 points)

On considère l'oscillateur {solide (S) - ressort} représenté sur la figure. Le ressort est à spires non jointives, d'axe horizontal, de masse négligeable et de raideur K.
On étudie le mouvement du centre d'inertie G du solide (S) de masse m dans un repère $(O, \vec{i})$ lié à la Terre supposé galiléen.



On écarte (S) de sa position d'équilibre et on l'abandonne sans vitesse initiale. À l'instant $t_0 = 0$, choisi comme origine des dates, l'abscisse de G est $x_{0G} = -2 \text{ cm}$ et la coordonnée de sa vitesse dans le repère $(O, \vec{i})$ est $v_{0G} = 0,2 \text{ m.s}^{-1}$.

On choisit l'état où le ressort n'est pas déformé comme référence de l'énergie potentielle élastique E_{pe} et le plan horizontal contenant G comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} .

Données : $m = 100 \text{ g}$; $K = 10 \text{ N.m}^{-1}$; les frottements sont négligeables.

Q38. la valeur de l'énergie mécanique de l'oscillateur est :

A	$\mathcal{E} = 20 \text{ mJ}$	B	$\mathcal{E} = 15 \text{ mJ}$	C	$\mathcal{E} = 12 \text{ mJ}$	D	$\mathcal{E} = 7 \text{ mJ}$	E	$\mathcal{E} = 4 \text{ mJ}$
---	-------------------------------	---	-------------------------------	---	-------------------------------	---	------------------------------	---	------------------------------

Q39. L'expression numérique de l'équation horaire de mouvement du solide (S) en mètre (m) est :

A	$x(t) = 2\sqrt{2} \cdot 10^{-2} \cdot \cos(10 \cdot t - \frac{5\pi}{2})$	B	$x(t) = 2\sqrt{2} \cdot 10^{-2} \cdot \cos(10 \cdot t + \frac{5\pi}{4})$	C	$x(t) = \sqrt{2} \cdot 10^{-2} \cdot \cos(10 \cdot \pi \cdot t + \frac{5\pi}{2})$
D	$x(t) = \sqrt{2} \cdot 10^{-2} \cdot \cos(10 \cdot \pi \cdot t)$	E	$x(t) = 2\sqrt{2} \cdot 10^{-2} \cdot \cos(10 \cdot t + \frac{\pi}{3})$		

Q40. La valeur de la vitesse de passage de G par la position d'équilibre dans le sens positif est :

A	$v_{eq} = 2,82 \text{ m.s}^{-1}$	B	$v_{eq} = 1,78 \text{ m.s}^{-1}$	C	$v_{eq} = 1,20 \text{ m.s}^{-1}$	D	$v_{eq} = 0,52 \text{ m.s}^{-1}$	E	$v_{eq} = 0,28 \text{ m.s}^{-1}$
---	----------------------------------	---	----------------------------------	---	----------------------------------	---	----------------------------------	---	----------------------------------

Composant 3 : Chimie

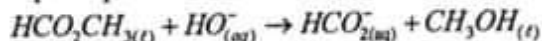
Coefficient : 1

Suivi temporel d'une transformation chimique : (6 points)

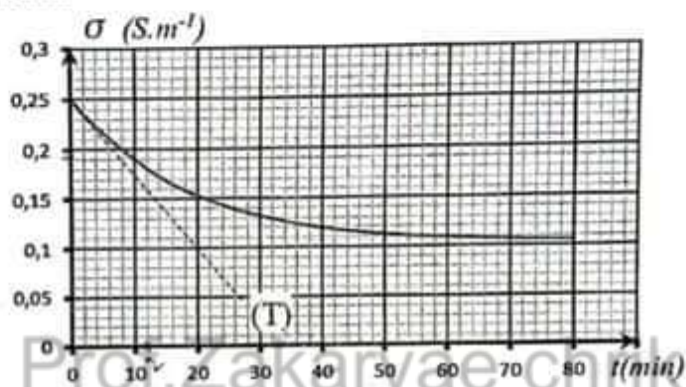
On verse dans un bécher le volume $V = 2.10^{-4} m^3$ d'une solution (S_R) d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_R = 10 mol.m^{-3}$, et on y ajoute, à l'instant $t_0 = 0$, une quantité de matière n_x de méthanoate de méthyle égale à la quantité de matière n_R d'hydroxyde de sodium dans la solution (S_R).

On suppose que le volume de la solution reste constant ($V = 2.10^{-4} m^3$).

On modélise la transformation qui se produit dans le milieu réactionnel par l'équation chimique:



La courbe de la figure ci-dessous représente les variations de la conductivité σ du mélange au cours du temps. L'expression de la conductivité σ à l'instant t est: $\sigma = -72.x + 0,25$ ($S.m^{-1}$), avec x l'avancement de la réaction.



Données :

- Conductivités molaires ioniques λ , des ions présents dans le mélange réactionnel :

Ion	Na^+	HO^-	HCO_2^-
λ ($mS.m^2.mol^{-1}$)	5,01	19,9	5,46

- On néglige l'effet des ions H_3O^+ sur la conductivité du mélange ;
- $75 \div 52 = 1,44$

Q41. La valeur de l'avancement maximal de la réaction est:

A	$x_{max} = 2.10^{-4} mol$	B	$x_{max} = 2.10^{-3} mol$	C	$x_{max} = 1.10^{-4} mol$
D	$x_{max} = 1.10^{-3} mol$	E	$x_{max} = 3.10^{-3} mol$		

Q42. La valeur du temps de demi-réaction est :

A	$t_{1/2} = 36 min$	B	$t_{1/2} = 32 min$	C	$t_{1/2} = 20 min$
D	$t_{1/2} = 12 min$	E	$t_{1/2} = 10 min$		

Q43. L'expression de la vitesse volumique de la réaction est :

A	$v = -\frac{1}{72.V} \cdot \frac{d\sigma}{dt}$	B	$v = -\frac{1}{36.V} \cdot \frac{d\sigma}{dt}$	C	$v = -\frac{1}{V} \cdot \frac{d\sigma}{dt}$
D	$v = -\frac{1}{32.V} \cdot \frac{d\sigma}{dt}$	E	$v = -\frac{1}{42.V} \cdot \frac{d\sigma}{dt}$		

Q44. La valeur de la vitesse volumique de la réaction à l'instant $t_0 = 0$ est :

A	$v = 1,23 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}^{-1}$	B	$v = 0,82 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}^{-1}$	C	$v = 1,05 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}^{-1}$
D	$v = 0,52 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}^{-1}$	E	$v = 0,32 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{min}^{-1}$		

Solution aqueuse d'acide éthanoïque : (4 points)

Une solution aqueuse (S) d'acide éthanoïque de concentration molaire $C = 1,10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ a une conductivité $\sigma = 5,2 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$.

Données :

- Conductivités molaires ioniques :

$$\lambda(\text{H}_3\text{O}^+) = \lambda_1 = 35,0 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1} ; \quad \lambda(\text{CH}_3\text{CO}_2^-) = \lambda_2 = 4,1 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

- On néglige l'effet des ions HO^- sur la conductivité de la solution.
- $52 \div 391 = 0,133$; $10^{0,63} = 4,26$

Q45. La valeur de la concentration molaire effective de l'ion oxonium en solution (S) est:

A	$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,33 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
B	$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,33 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
C	$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,33 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
D	$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,33 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
E	$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,33 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

On dilue 10 fois la solution (S) pour obtenir une solution (S_1) de concentration molaire C_1 et de $\text{pH} = 4,37$.

Q46. La valeur du taux d'avancement final de la réaction qui a eu lieu dans la solution (S_1) est :

A	$\tau_1 = 0,133$	B	$\tau_1 = 0,042$	C	$\tau_1 = 0,260$
D	$\tau_1 = 0,013$	E	$\tau_1 = 0,426$		

Solution aqueuse d'acide méthanoïque : (5 points)

Soit une solution aqueuse d'acide méthanoïque HCOOH de concentration molaire C .

On note K_A la constante d'acidité du couple ($\text{HCOOH}_{(\text{aq})} / \text{HCOO}^-_{(\text{aq})}$).

Q47. Le taux d'avancement final de la réaction entre l'acide méthanoïque et l'eau a pour expression :

A	$\tau = \frac{1}{1 + 10^{\text{pH} - \text{p}K_A}}$	B	$\tau = \frac{1}{1 - 10^{\text{p}K_A - \text{pH}}}$	C	$\tau = \frac{1}{1 + 10^{\text{p}K_A - \text{pH}}}$
D	$\tau = \frac{1}{1 + 10^{-(\text{p}K_A + \text{pH})}}$	E	$\tau = \frac{1}{1 + 10^{\text{p}K_A + \text{pH}}}$		

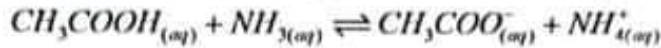
Q48. L'expression de la concentration molaire C est :

A	$10^{-\text{pH}} + 10^{\text{p}K_A + 2\text{pH}}$	B	$10^{-\text{pH}} + 10^{\text{p}K_A - 2\text{pH}}$	C	$10^{-\text{p}K_A} + 10^{-2\text{pH}}$
D	$10^{-\text{pH}} + 10^{2\text{pH} - \text{p}K_A}$	E	$10^{-2\text{pH}} + 10^{\text{p}K_A - \text{pH}}$		

Réaction entre l'acide éthanoïque et l'ammoniaque : (3 points)

On mélange un volume d'une solution aqueuse d'acide éthanoïque contenant la quantité de matière initiale $n_i(\text{CH}_3\text{COOH})$, avec un volume d'une solution aqueuse d'ammoniaque contenant la même quantité de matière initiale $n_i(\text{NH}_3) = n_i(\text{CH}_3\text{COOH})$.

L'équation modélisant la réaction entre l'acide CH_3COOH et la base NH_3 s'écrit :



Données : $pK_A(\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} / \text{CH}_3\text{COO}^-_{(aq)}) = pK_{A1}$; $pK_A(\text{NH}_4^+_{(aq)} / \text{NH}_{3(aq)}) = pK_{A2}$

Q49. L'expression de la constante d'équilibre associée à l'équation de la réaction étudiée est :

A	$K = 10^{pK_{A2} + pK_{A1}}$	B	$K = 10^{pK_{A1} - pK_{A2}}$	C	$K = \frac{K_{A2}}{K_{A1}}$
D	$K = K_{A1} \cdot K_{A2}$	E	$K = 10^{pK_{A2} - pK_{A1}}$		

Q50. L'expression de l'avancement final de cette réaction est :

A	$x_f = \frac{n_i \sqrt{K}}{1 + \sqrt{K}}$	B	$x_f = \frac{n_i (1 + \sqrt{K})}{\sqrt{K}}$	C	$x_f = \frac{n_i \sqrt{K}}{1 - \sqrt{K}}$
D	$x_f = \frac{1 + \sqrt{K}}{n_i \sqrt{K}}$	E	$x_f = \frac{\sqrt{K}}{n_i (1 + \sqrt{K})}$		

Critère d'évolution d'un système chimique : (4 points)

On considère un système chimique obtenu en mélangeant :

- le volume $V_1 = 15,0 \text{ mL}$ de solution d'acide borique H_3BO_3 de concentration molaire $C_1 = 1,10 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$;
- le volume $V_2 = 15,0 \text{ mL}$ de solution de borate de sodium $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{H}_2\text{BO}^-_{3(aq)}$ de concentration molaire $C_2 = 1,20 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$;
- le volume $V_3 = 10,0 \text{ mL}$ de solution de méthylamine CH_3NH_2 de concentration molaire $C_3 = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$;
- le volume $V_4 = 10,0 \text{ mL}$ de solution de chlorure de méthylammonium, $\text{CH}_3\text{NH}^+_{3(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$ de concentration molaire $C_4 = 1,50 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

L'équation la réaction modélisant la transformation qui se produit dans le mélange est :



Données :

- $pK_A(\text{H}_3\text{BO}_{3(aq)} / \text{H}_2\text{BO}^-_{3(aq)}) = pK_{A1} = 9,20$; $pK_A(\text{CH}_3\text{NH}^+_{3(aq)} / \text{CH}_3\text{NH}_{2(aq)}) = pK_{A2} = 10,7$
- $10^{0,5} = 3,16$; $\log \frac{725}{2775} = -0,58$; $\log \frac{3075}{375} = 0,9$

Q51. La valeur du quotient de réaction à l'état initial du système est :

A	$Q_{r,i} = 0,918$	B	$Q_{r,i} = 1,22$	C	$Q_{r,i} = 1,318$
D	$Q_{r,i} = 0,818$	E	$Q_{r,i} = 1$		

Q52. L'avancement final de la réaction est $x_f = 1,275 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$.

La valeur du pH du mélange est :

A	$\text{pH} = 10,1$	B	$\text{pH} = 11,1$	C	$\text{pH} = 9,95$	D	$\text{pH} = 8,1$	E	$\text{pH} = 5,1$
---	--------------------	---	--------------------	---	--------------------	---	-------------------	---	-------------------

Pile (Cadmium/Argent) : (8 points)

On réalise la pile (Cadmium/Argent) en utilisant une lame d'argent $Ag_{(s)}$ plongée dans une solution aqueuse de nitrate d'argent $Ag^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)}$ de concentration molaire initiale $C_1 = 0,4 \text{ mol.L}^{-1}$ et une lame de cadmium $Cd_{(s)}$ plongée dans une solution aqueuse de nitrate de cadmium $Cd^{2+}_{(aq)} + 2NO^-_{3(aq)}$ de concentration molaire initiale $C_2 = 0,2 \text{ mol.L}^{-1}$. Les deux solutions sont reliées par un pont salin. On branche entre les deux électrodes de la pile un conducteur ohmique montée en série avec un ampèremètre et un interrupteur. On ferme le circuit à un l'instant $t_0 = 0$. Un courant électrique d'intensité constante circule dans le circuit.

Données:

- Les deux solutions ont le même volume $V = 250 \text{ mL}$;
- $M(Ag) = 107,87 \text{ g.mol}^{-1}$;
- La valeur de la constante d'équilibre associée à l'équation chimique :
 $2Ag^+_{(aq)} + Cd_{(s)} \rightleftharpoons 2Ag_{(s)} + Cd^{2+}_{(aq)}$ est: $K = 5.10^{40}$ à $25^\circ C$;
- La quantité de matière de la partie immergée de l'électrode consommable est en excès ;
- F constante de Faraday.

Q53. L'expression de l'avancement de la réaction lors du fonctionnement la pile à un instant t est :

A	$x = \frac{F}{It}$	B	$x = \frac{2F}{It}$	C	$x = \frac{I}{2Ft}$	D	$x = \frac{It}{F}$	E	$x = \frac{It}{2F}$
---	--------------------	---	---------------------	---	---------------------	---	--------------------	---	---------------------

Q54. À un instant t_1 , les concentrations molaires effectives des ions $Ag^+_{(aq)}$ et $Cd^{2+}_{(aq)}$ sont :

$[Ag^+_{(aq)}]_1 = 8.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et $[Cd^{2+}_{(aq)}]_1 = 0,36 \text{ mol.L}^{-1}$.

La valeur du quotient de réaction à l'instant t_1 est :

A	$Q_{r,1} = 1,25$	B	$Q_{r,1} = 45,6$	C	$Q_{r,1} = 56,2$
D	$Q_{r,1} = 4,56$	E	$Q_{r,1} = 5,62$		

Q55. La valeur de la masse d'argent déposé sur l'électrode d'argent lorsque la pile sera usée est:

A	$m(Ag) = 5,398 \text{ g}$	B	$m(Ag) = 1,078 \text{ mg}$	C	$m(Ag) = 1,078 \text{ g}$
D	$m(Ag) = 10,787 \text{ mg}$	E	$m(Ag) = 10,787 \text{ g}$		

Méthode de contrôle de l'évolution d'un système chimique : (10 points)

On réalise un mélange équimolaire contenant $n_0 = 0,12 \text{ mol}$ d'un acide (A) et $n_0 = 0,12 \text{ mol}$ d'un alcool (B). On ajoute au mélange quelques gouttes d'acide sulfurique concentré et quelques grains de pierre ponce. Le dispositif expérimental utilisée est représenté sur la figure ci-contre. À la fin de la transformation on obtient la masse $m(E) = 12,64 \text{ g}$ d'un ester (E).

Données : $79 + 39 = 2$

Composé organique	Formule semi-développée	Masse molaire
L'alcool (B)	$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	
L'ester (E)	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \underset{\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3}{\overset{\text{O}}{\text{C}}}$	$M(E) = 158 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$



Q56. Le dispositif utilisé pour préparer cet ester s'appelle:

A	montage de distillation fractionnée
B	montage de chauffage à reflux
C	montage d'hydrodistillation
D	montage d'extraction par solvant
E	montage de chauffage sous vide

Q57. L'acide (A) utilisé est :

A	L'acide butanoïque
B	L'acide 3-méthyl butanoïque
C	L'acide pentanoïque
D	L'acide propanoïque
E	L'acide 2-méthyl butanoïque

Q58. La valeur de la constante d'équilibre associée à l'équation de la réaction qui s'est produite est :

A	$K = 3,85$	B	$K = 4,5$	C	$K = 4,2$	D	$K = 3,8$	E	$K = 4$
---	------------	---	-----------	---	-----------	---	-----------	---	---------

Q59. La valeur du rendement de cette réaction est :

A	65%	B	69%	C	67%	D	64%	E	68%
---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----