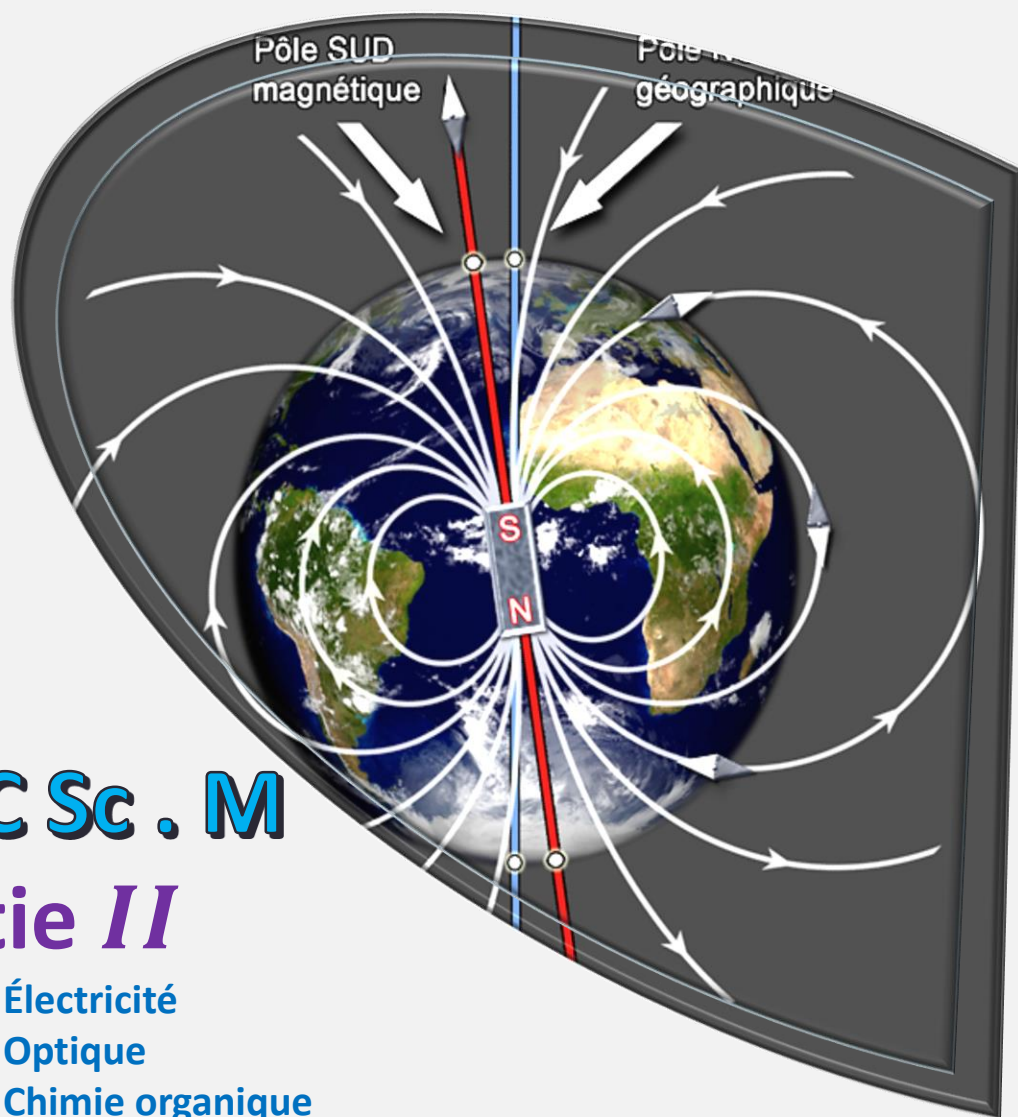


ÉLECTRON

PHYSIQUE-CHIMIE

Programme
marocain



1BAC Sc . M

Partie II

- Électricité
- Optique
- Chimie organique

Réalisé par :

Guide prof

Sommaire

❖	Électricité	3
▪	Le champ électrostatique- Énergie potentielle électrostatique.....	4
▪	Transfert de l'énergie dans un circuit électrique- Puissance électrique.....	21
▪	Comportement global d'un circuit électrique	34
▪	Champ magnétique	50
▪	Champ magnétique créé par un courant électrique	61
▪	Forces magnétiques.....	75
❖	Optique	82
▪	Conditions de visibilité d'un objet	83
▪	L'image formée par un miroir plan	91
▪	L'image formée par une lentille convergente.....	96
❖	Chimie organique.....	107
▪	Expansion de la chimie organique.....	108
▪	Les molécules organiques et les squelettes carbonées	114
▪	Groupe caractéristiques - Réactivité des alcools.....	127
❖	Devoirs.....	139
❖	Bibliographies utilisées.....	153

PARTIE I : Électricité

1

Le champ électrostatique- Énergie potentielle électrostatique

2

Transfert de l'énergie dans un circuit électrique- Puissance électrique

3

Comportement global d'un circuit électrique

4

Champ magnétique

5

Champ magnétique créé par un courant électrique

6

Forces magnétiques



Le champ électrostatique- Énergie potentielle électrostatique



Accélérateur de Van de Graaff inventé en 1930

Situation-problème

Un accélérateur de particules est un instrument qui utilise des champs électriques pour amener des particules chargées électriquement à des vitesses élevées.

🤖 Qu'est-ce qu'un champ électrique ? Quelles sont ses caractéristiques? et comment le modéliser ?

Objectifs

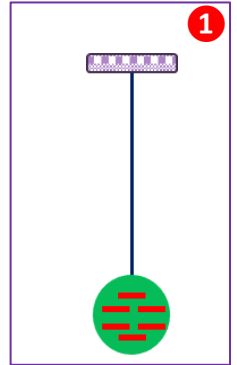
- 💡 Connaître la notion du champ électrostatique.
- 💡 Connaître la loi de Coulomb .
- 💡 Savoir déterminer les caractéristiques du champ électrostatique en un point de l'espace.
- 💡 Connaître et utiliser la relation $\vec{F} = q\vec{E}$
- 💡 Définir les lignes de champ électrostatique .
- 💡 Définir le champ électrique uniforme .
- 💡 Savoir calculer le travail d'une force électrostatique constante.
- 💡 Définir l'énergie potentielle électrostatique et savoir la calculer.
- 💡 Savoir que l'énergie mécanique d'une charge électrique ponctuelle se conserve.

I Le champ électrostatique-Loi de Coulomb

① Notion de champ électrostatique

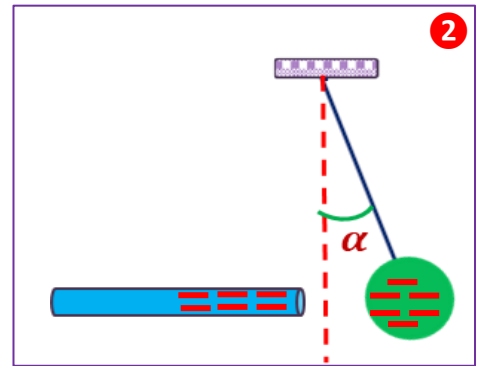
❖ Activité

On frotte une balle de plastique avec un chiffon puis l'accroche à l'extrémité libre d'un fil inextensible et de masse négligeable, l'autre extrémité du fil est liée à un support fixe (voir la figure ①)



① Faire le bilan des forces exercées sur la balle. Quelle égalité vectorielle existe-t-il entre ces forces ?

② On rapproche du ballon, un bâton en plastique frotté par le même chiffon. L'équilibre du pendule est atteint lorsque le fil forme un angle α avec sa direction initiale (voir la figure ②)

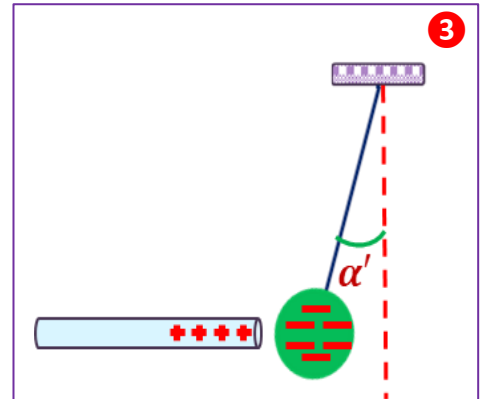


a – Que se passe-t-il lorsque l'on frotte un objet en plastique par un chiffon ?

b – Faire l'inventaire des forces exercées sur la balle

c – Quelle est la force responsable de la déviation du pendule et quelle sa source

③ On rapproche du ballon un autre bâton en verre, frotté et constante qu'elle s'attire vers lui (voir la figure ③)



a – Que se passe-t-il lorsque l'on frotte un objet en verre par un chiffon ?

b – Que peut-on conclure à propos du sens de la force électrostatique ?

① Les forces exercées sur la balle sont :

- $\vec{P}$: son poids
- $\vec{T}$: tension du fil

La balle est en équilibre donc: $\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$

② a – Lorsqu'on frotte un corps de plastique avec un chiffon, celui-ci acquiert une charge négative tandis que le chiffon capte une charge négative. Ce phénomène est appelé électrisation de la matière par frottement.

② *a* – Lorsqu'on frotte un corps de plastique par un chiffon, celui-ci acquiert une charge électrique négative tandis que le chiffon capte une charge positive.

b – Les forces exercées sur la balle sont :

- $\vec{P}$: son poids
- $\vec{T}$: tension du fil
- $\vec{F}$: force électrostatique

c – La force électrique $\vec{F}$ est celle qui responsable de la déviation du pendule. Cette force est générée par un champ électrostatique créé par la charge du bâton de plastique.

③ *a* – Lorsqu'on frotte un corps de verre par un chiffon, celui-ci acquiert une charge électrique positive tandis que le chiffon capte une charge électrique négative. électrisation de la matière par frottement

b – On conclut que le sens de la force électrostatique dépend de signe de la charge du bâton et le signe de la charge de la balle. « les charges de même signe se repoussent et les charges de signes opposées s'attirent »

❖ Conclusion

Toute charge électrique provoque une modification des propriétés de l'espace qui l'entoure. Cette modification est appelée champ électrique.

On modélise le champ électrique en un point M de l'espace par une grandeur vectorielle appelée vecteur du champ électrique noté $\vec{E}(M)$.

Lorsque la charge électrique est fixe par rapport au référentiel d'étude le champ est appelé électrostatique.

② La loi de coulomb

❖ Enoncé de la loi de Coulomb

Deux corps A et B de charges respectivement q_A et q_B s'attirent ou se repoussent sous l'action de deux forces dont l'intensité est proportionnelle au produit de leurs charges et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare.

❖ Formulation mathématique de la loi de Coulomb

On considère deux corps A et B de charges respectivement q_A et q_B séparés par une distance r .

L'intensité commune des forces électrostatiques agissants entre A et B.

$$F = F_{A/B} = F_{B/A} = K \frac{|q_A| \times |q_B|}{r^2} \text{ tel que :}$$

- F : l'intensité de la force électrostatique en (N)
- q_A et q_B : les charges électriques en coulomb (C)
- r : la distance séparant les deux corps A et B en (m)
- K : constante de coulomb : $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ en $N.m^2.C^{-2}$ où ϵ_0 est la permittivité du vide $\epsilon_0 = 8,84 \times 10^{-12}$ (SI)

Les forces électrostatiques $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ ont la même direction.

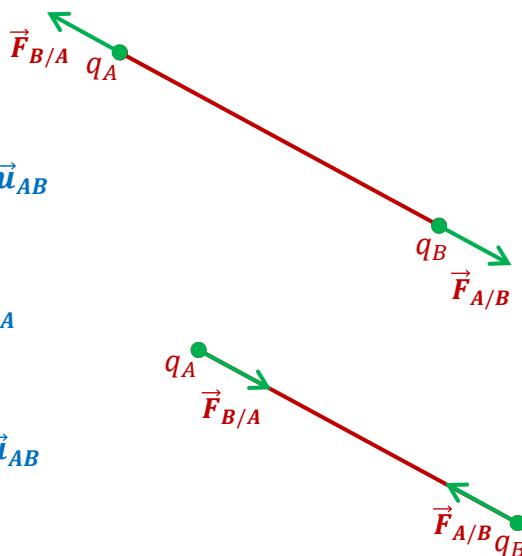
Les sens des force électrostatiques $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ dépend des signes des charges q_A et q_B :

- Si les charges q_A et q_B ont le même signe donc les forces $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ sont répulsives.

$$\vec{F}_{A/B} = K \frac{|q_A| \times |q_B|}{r^2} \vec{u}_{AB} \text{ et } \vec{F}_{B/A} = -K \frac{|q_A| \times |q_B|}{r^2} \vec{u}_{AB}$$

- Si les charges q_A et q_B ont des mêmes signes opposés donc les force $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ sont attractives.

$$\vec{F}_{A/B} = -K \frac{|q_A| \times |q_B|}{r^2} \vec{u}_{AB} \text{ et } \vec{F}_{B/A} = K \frac{|q_A| \times |q_B|}{r^2} \vec{u}_{AB}$$

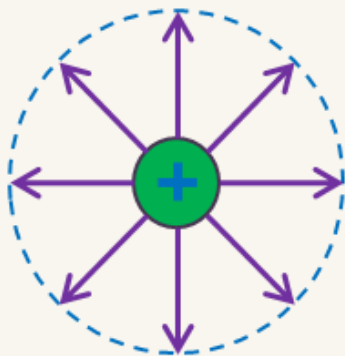


II Champ électrostatique créé par une charge ponctuelle

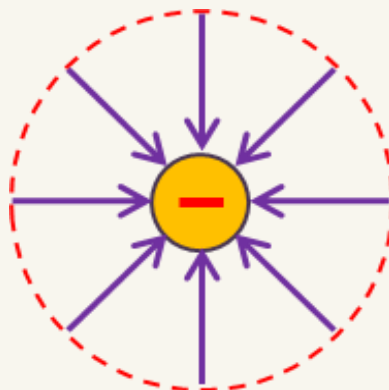
① Le vecteur du champ électrostatique

Une charge électrique ponctuelle q placée en un point O , crée en un point M de l'espace qui l'entoure, un champ électrostatique de vecteur : $\vec{E}(M) = K \frac{q}{r^2} \vec{u}_{OM}$

Le vecteur du champ $\vec{E}(M)$ est centrifuge si la charge est positive ($q > 0$).



Le vecteur du champ $\vec{E}(M)$ est centripète si la charge est négative ($q < 0$).



② Force électrostatique

Toute charge ponctuelle placée dans une région de l'espace où règne un champ électrostatique $\vec{E}$ est soumise à une force électrostatique $\vec{F}$ tel que : $\vec{F} = q\vec{E}$

- q : la charge électrique en (C).
- E : l'intensité du champ électrostatique en $(V.m^{-1})$ ou $(N.C^{-1})$.
- F : l'intensité de la force électrostatique en (N).

③ Superposition de deux champs électrostatiques

Le vecteur du champ électrostatique créé en un point M par deux charges électriques q_1 et q_2 est : $\vec{E}(M) = \vec{E}_1(M) + \vec{E}_2(M)$ avec :

- $\vec{E}_1(M)$: est le champ électrostatique créé par la charge q_1
- $\vec{E}_2(M)$: est le champ électrostatique créé par la charge q_2

❖ Application

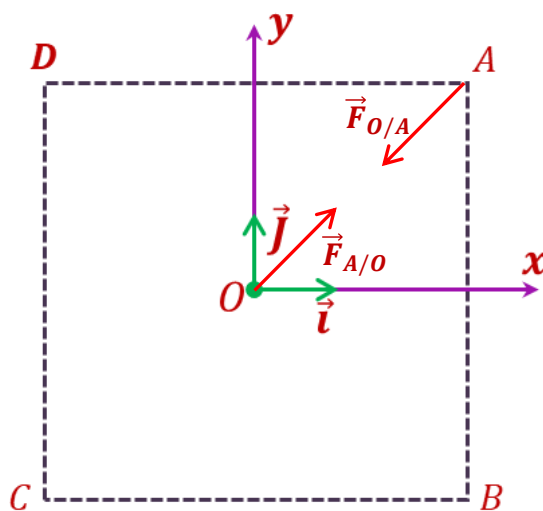
On considère une charge électrique ponctuelle $q_0 = 4,8 \times 10^{-8} C$ placée au centre d'un rectangle $ABCD$ de côté $a = 4cm$ (voir la figure ci-contre)

① Déterminer les caractéristiques du vecteur du champ électrostatique au sommets A et B .

② On place une autre charge électrique

$q_A = -3,2 \times 10^{-8} C$ au point A .

a – Déterminer les caractéristiques de la force électrostatique $\vec{F}_{A/O}$



b – Représenter les forces $\vec{F}_{A/O}$ et $\vec{F}_{O/A}$ en utilisant une échelle convenable.

c – Exprimer dans le repère $R(O, \vec{i}, \vec{j})$, le vecteur du champ électrostatique $\vec{E}_T(B)$ créé au sommet **B**, puis calculer sa valeur.

Donnée : la constante du Coulomb $K = 9 \times 10^9 N.m^2.C^{-2}$

❶ Les caractéristiques du vecteur du champ électrostatique au sommets **A** et **B**.

Vecteur du champ	Origine	Direction	Sens	Intensité
$\vec{E}_O(A)$	A	La droite passant par O et forme un angle $\alpha = \frac{\pi}{4}$ avec l'axe (Ox)	À droite vers le haut	$E(A) = K \frac{q_o}{(\sqrt{2} a)^2}$ $E(A) = 9 \times 10^9 \times \frac{4,8 \times 10^{-8}}{(2,83 \times 10^{-2})^2}$ $E(A) = 5,4 \times 10^5 V.m^{-1}$
$\vec{E}_O(B)$	B	La droite passant par O et forme un angle $\alpha = -\frac{\pi}{4}$ avec l'axe (Ox)	À droite vers le bas	$E(B) = K \frac{q_o}{(r)^2}$ $E(B) = 9 \times 10^9 \times \frac{4,8 \times 10^{-8}}{(2,83 \times 10^{-2})^2}$ $E(B) = 5,4 \times 10^5 V.m^{-1}$

❷ **a** – Les caractéristiques des force électrostatique $\vec{F}_{A/O}$

Force	Origine	Direction	Sens	Intensité
$\vec{F}_{O/A}$	A	La droite passant par O et forme un angle $\alpha = \frac{\pi}{4}$ avec l'axe (Ox)	À gauche vers le bas	$F_{O/A} = q_A . E(A)$ $F_{O/A} = 3,2 \times 10^{-8} \times 5,4 \times 10^5$ $F_{O/A} = 1,73 \times 10^{-2} N$

b – On représente les deux forces $\vec{F}_{A/O}$ et $\vec{F}_{O/A}$ par l'échelle $1cm \rightarrow 1,73 \times 10^{-2} N$ (voir la figure de la page précédente)

c – L'expression du champ électrostatique au sommet **B**

On a $E_A(B) = K \frac{|q_A|}{(a)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{3,2 \times 10^{-8}}{(0,04)^2} = 1,8 \times 10^5 V.m^{-1}$ et $E_O(B) = 5,4 \times 10^5 V.m^{-1}$

Et on sait que : $\vec{E}_T(B) = \vec{E}_O(B) + \vec{E}_A(B)$ avec :

$$\vec{E}_O(B) \begin{cases} E_{xO} = E_O(B). \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) = 3,82 \times 10^5 V.m^{-1} \\ E_{yO} = -E_O(B). \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = -3,82 \times 10^5 V.m^{-1} \end{cases}$$

$$\vec{E}_A(B) \begin{cases} E_{xA} = 0 \\ E_{yA} = E_A(B) = 1,8 \times 10^5 V.m^{-1} \end{cases}$$

$$\text{Donc : } \vec{E}_T(B) \begin{cases} E_{xT} = E_{x0} + E_{xA} = 3,82 \times 10^5 + 0 = 3,82 \times 10^5 \text{ V.m}^{-1} \\ E_{yT} = E_{y0} + E_{yA} = -3,82 \times 10^9 + 1,8 \times 10^9 = -2,02 \times 10^5 \text{ V.m}^{-1} \end{cases}$$

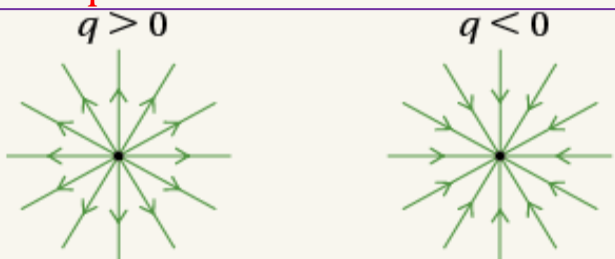
$$\text{D'où : } \vec{E}_T(B) = 3,82 \times 10^5 \vec{i} \pm 2,02 \times 10^5 \vec{j}$$

$$\text{Et } E_T(B) = \sqrt{E_{xT}^2 + E_{yT}^2} = \sqrt{(3,82 \times 10^5)^2 + (-2,02 \times 10^5)^2} = 4,32 \times 10^5 \text{ V.m}^{-1}$$

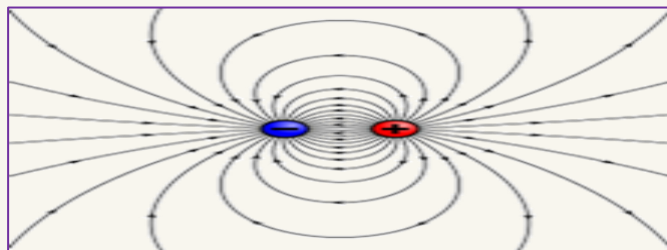
③ Les lignes de champ électrostatique

- La ligne de champ électrostatique est une courbe qui, en chacun de ses points, est tangente au vecteur champ électrostatique définie en ce point.
- L'ensemble de lignes du champ constitués le spectre électrostatique.
- Les lignes de champ sont orientées dans le sens du vecteur champ électrostatique (de la charge positive vers la charge négative)

Exemple :



Lignes de champ électrostatique créé par une charge ponctuelle.



Lignes de champ électrostatique créé par deux charges ponctuelles de signes opposés

III Champ électrostatique uniforme

① Définition

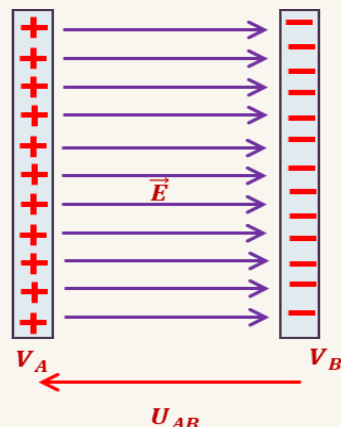
Le champ électrostatique est uniforme dans une région de l'espace si le vecteur champ électrique $\vec{E}$ conserve en tout point de cette région la même direction, le même sens et la même intensité.

Les lignes de champ électrostatique uniforme sont des droites parallèles orientées de la charge positive vers la charge négative.

Exemple : On crée un champ électrique uniforme en appliquant une tension électrique constante entre deux plaques conductrices

Dans ce cas l'intensité du champ électrique est : $E = \frac{U_{AB}}{d} = \frac{V_A - V_B}{d}$

- U_{AB} : la tension entre les deux plaques en (V)
- d : la distance séparant les deux plaques en (m)
- E : l'intensité du champ électrique entre les deux plaques en (V.m^{-1})



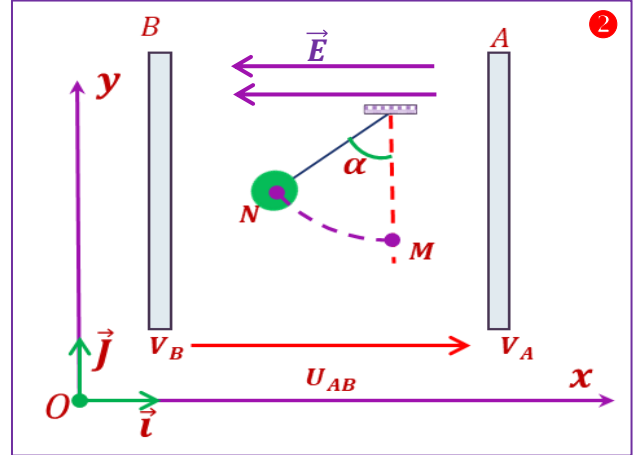
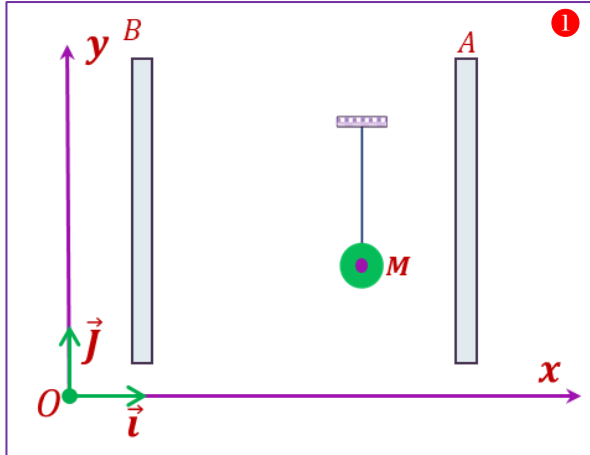
IV L'énergie potentielle électrostatique

① Travail d'une force électrostatique constante

❖ Activité

On place un pendule électrostatique portant une charge électrique positive ($q > 0$), entre deux plaques planes et parallèles (voir la figure ①).

On applique entre les deux plaques une tension électrique constante et on constate que la balle du pendule se déplace vers la plaque B



- ① Comparer les potentiels V_A et V_B et déduire le signe de la tension U_{AB}
- ② Représenter sur la figure ② les lignes de champ électrostatique entre les deux plaques.
- ③ Montrer que la force électrostatique exercée sur la balle du pendule est constante.
- ④ Exprimer le travail de la force électrostatique exercée sur la balle lors du déplacement de la position M à la position N , en fonction de x_N , x_M , E et q .
- ⑤ Puisque la balle du pendule a dévié vers la plaque B donc $V_A > V_B$ et d'où $U_{AB} > 0$
- ⑥ Voir la figure ② (les lignes de champ électrostatique sont des droites parallèles orientées de la plaque A vers la plaque B).
- ⑦ Puisque la tension U_{AB} est constante, alors le champ électrostatique entre les deux plaques est uniforme : $\vec{E} = E\vec{e}$
et puisque $\vec{F} = q\vec{E}$ donc $\vec{F} = \text{constante}$
- ⑧ La force électrostatique est constante donc son travail est : $W_{MN}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{MN}$
avec $\vec{F} = -q \cdot E \cdot \vec{e}$ et $\overrightarrow{MN} = (x_N - x_M)\vec{e} + (y_N - y_M)\vec{j}$
donc $W_{MN}(\vec{F}) = -q \cdot E \cdot (x_N - x_M) = q \cdot E \cdot (x_M - x_N)$

❖ Conclusion

Le travail $W_{AB}(\vec{F})$ de la force électrostatique exercée sur une particule dans un champ électrique uniforme ne dépend pas de chemin suivi, mais il dépend de la tension électrique entre les deux points A et B.

❖ Conclusion

La force électrostatique créée par un champ électrostatique uniforme est conservative.

On considère à un repère $R(O, \vec{i}, \vec{j})$ d'axe (Ox) parallèle à la direction du vecteur du champ électrostatique uniforme $\vec{E}$ et de sens opposé à celui de $\vec{E}$.

Le travail de la force électrostatique lors d'un déplacement d'un point M à un point N est:

$$W_{MN}(\vec{F}) = \vec{F} * \overrightarrow{MN} = q \cdot E \cdot (x_M - x_N)$$

② Le potentiel électrostatique

❖ Définition

L'état électrique de chaque point M du champ électrostatique est caractérisé par une grandeur physique appelée potentielle électrostatique noté V

Pour un champ électrostatique de sens opposé à celui de l'axe (Ox) on a : $V = E \cdot x + V_0$

- V : le potentiel électrostatique en (V) .
- E : l'intensité du champ électrostatique en V^{-1} .
- x : l'abscisse du point M en (m)
- V_0 : est une constante qui dépend de l'état de référence du potentiel électrostatique.

▪ Remarque

- Si le vecteur du champ électrostatique s'oriente selon l'axe (Ox) , le potentiel électrostatique est : $V = -x \cdot E + V_0$
- Généralement on choisit le sol comme référence du potentiel électrostatique: $V_{sol} = 0$

❖ La différence de potentiel électrostatique

La différence potentiel électrostatique entre deux points A et B du champ électrostatique est : $U_{AB} = V_A - V_B$ avec $V_A = x_A \cdot E + V_0$ et $V_B = x_B \cdot E + V_0$

Donc : $U_{AB} = x_A \cdot E - x_B \cdot E = E(x_A - x_B)$ avec $E(x_A - x_B) = -E(x_B - x_A) = \vec{E} \cdot \overrightarrow{AB}$

D'où : $U_{AB} = \vec{E} \cdot \overrightarrow{AB}$

La différence de potentielle entre deux points A et B d'une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme est égale au produit scalaire du vecteur du champ électrique $\vec{E}$ par le vecteur de $\overrightarrow{AB}$: $V_A - V_B = \vec{E} \cdot \overrightarrow{AB}$

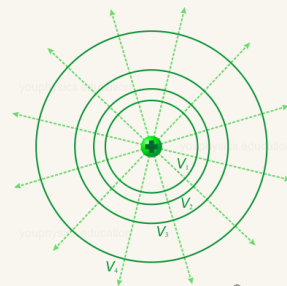
❖ Surfaces équipotentielles

La surface équipotentielle est une région de l'espace où le potentiel électrostatique est le même en tout point : $V = Cte$

Les surfaces équipotentielles sont toujours perpendiculaires aux lignes du champs électrostatiques

Exemple :

Les surfaces équipotentielles d'une charge ponctuelle sont des sphères concentriques centrées sur cette charge.

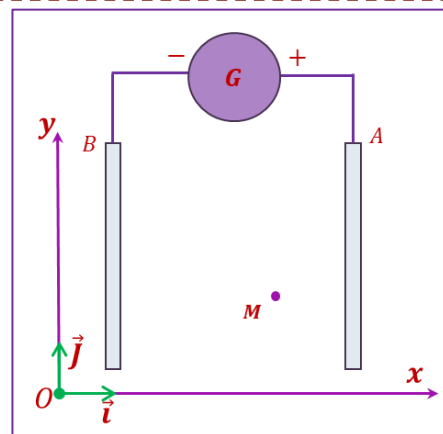


■ Application

Un ion d'aluminium Al^{3+} est placé entre deux plaques conductrices AB séparés par une distance $d = 10cm$.

Initialement l'ion Al^{3+} se trouve en un point M situé d'une distance $d_M = 3cm$ de la plaque A (voir la figure ci-contre)

On relie ces deux plaques à un générateur électrique de tension $U_{PN} = 12V$.



- ① Quelle est la nature du champ électrostatique entre les deux plaques ?
 - ② Indiquer sur la figure le sens du vecteur du champ électrostatique ainsi que le sens de déplacement de l'ion d'aluminium Al^{3+} .
 - ③ Calculer l'intensité du champ électrostatique entre les deux plaques.
 - ④ Calculer l'intensité de la force électrostatique exercée sur l'ion Al^{3+} .
 - ⑤ Calculer le travail de la force électrostatique lors d'un déplacement d'un point M à un point N situé à un distant $d_N = 2cm$ de la plaque B .
 - ⑥ Calculer la valeur du potentiel électrostatique au point M et au point N . On choisit la plaque B comme référence du potentiel électrostatique ($V_B = 0V$)
- Donnée : la charge élémentaire: $e = 1,6 \times 10^{-19}C$
- ① Les plaques sont soumises à une tension électrique constante, donc le champ électrique entre elles est uniforme.
 - ② Le vecteur du champ électrostatique se dirige de la plaque liée au pôle positif du générateur vers la plaque liée au pôle négatif du générateur (de A vers B).
L'ion Al^{3+} se déplace vers la plaque B (la plaque dont le potentiel électrostatique le plus petit)
 - ③ Calculons l'intensité du champ électrostatique entre les deux plaques.

$$\text{On a : } E = \frac{U_{AB}}{d}$$

$$\text{A.N : } E = \frac{24}{10 \times 10^{-2}} = 240V.m^{-1}$$

④ Calculons l'intensité de la force électrostatique exercée sur l'ion Al^{3+}

On a : $F = 3e \cdot E$

A.N: $F = 3 \times 1,6 \times 10^{-19} \times 240 = 1,15 \times 10^{-16} N$

⑤ Calculons le travail de la force électrostatique lors d'un déplacement d'un point M à un point N situé à un distant $d_N = 2cm$ de la plaque B .

On a : $W_{MN}(\vec{F}) = F \cdot (x_M - x_N)$ avec : $x_M - x_N = d - d_M - d_N$

Donc : $W_{MN}(\vec{F}) = F \cdot (d - d_M - d_N)$

A.N: $W_{MN}(\vec{F}) = 1,15 \times 10^{-16} \times (10 - 3 - 2) \times 10^{-2} = 5,75 \times 10^{-17} J$

⑥ Calculons la valeur du potentiel électrostatique au point M

On a : $U_{AM} = \vec{E} * \overrightarrow{AM}$ avec $\vec{E} = -E \cdot \vec{i}$ et $\overrightarrow{AM} = (x_M - x_A) \cdot \vec{i} + (y_M - y_A) \cdot \vec{j}$

Donc : $V_A - V_M = -E \cdot (x_M - x_A) = E \cdot (x_A - x_M)$

D'où : $V_M = V_A - E \cdot d_M$

A.N: $V_M = 24 - 240 \times 3 \times 10^{-2} = 16,8V$

De même façon on trouve : $V_N - V_B = E \cdot d_M$

Donc $V_N = E \cdot d_M + V_B$

A.N: $V_N = 240 \times 2 \times 10^{-2} + 0 = 4,8V$

③ L'énergie potentielle électrostatique

❖ Définition

L'énergie potentiel électrostatique d'une charge q placée en un point d'abscisse x d'une région où règne un champ électrostatique $\vec{E}$ est : $E_{pe} = q \cdot E \cdot x + C = q \cdot V + C'$ tel que :

- E_{pe} : l'énergie potentiel électrostatique en (J)
- q : la charge électrique en (C)
- E : l'intensité du champ électrostatique en $V \cdot m^{-1}$
- V : Le potentiel électrostatique en (V)

❖ La variation de l'énergie potentiel électrostatique

La variation de l'énergie potentiel électrostatique entre deux points A et B est :

$\Delta E_{peAB} = E_{pe}(B) - E_{pe}(A)$ avec $E_{pe} = q \cdot E \cdot x + C$

Donc : $\Delta E_{peAB} = -q \cdot E(x_A - x_B)$ avec : $W_{AB}(\vec{F}) = q \cdot E(x_A - x_B)$

D'où : $\Delta E_{peAB} = -W_{AB}(\vec{F})$

La variation de l'énergie potentiel électrostatique d'une charge électrique posée dans un champ électrostatique est égale à l'opposé du travail de la force électrostatique .

④ L'énergie mécanique d'une particule chargée

L'énergie mécanique d'une particule chargée est égale à la somme de son énergie potentielle élastique et son énergie cinétique : $E_m = E_c + E_{pe} = \frac{1}{2}mV^2 + q.V + C$

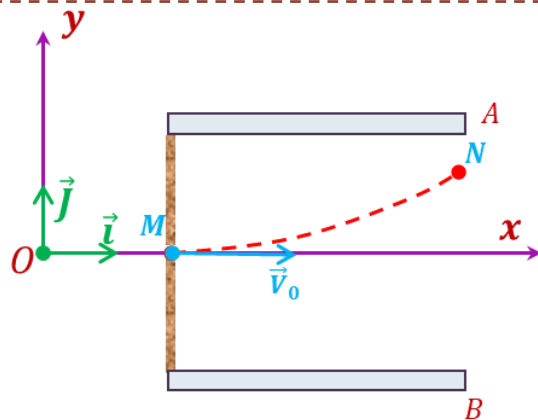
L'énergie mécanique d'une particule chargée se déplaçant dans un champ électrostatique uniforme se conserve $E_m = cte$

❖ Application

On crée entre deux plaques planes conductrices séparées par une distance $d = 2,3\text{cm}$, un champ électrostatique uniforme en appliquant entre ces deux plaques une tension électrique de valeur absolue

$$|U_{AB}| = 520\text{V}.$$

Un électron pénètre à partir d'un point **M** avec une vitesse $V_0 = 7,8 \times 10^7 \text{ m.s}^{-1}$ dans la région où règne un champ électrostatique uniforme et sort à partir d'un point **N** d'ordonnée $y_N = 1,7 \times 10^{-2}\text{m}$ (voir la figure ci-contre)



- ① Quel est le signe de la tension U_{AB} ? Justifier la réponse.
- ② Indiquer sur la figure, le sens du vecteur du champ électrostatique .Calculer sa valeur.
- ③ On choisit le plan vertical passant par **M** comme référence de l'énergie potentiel électrostatique $E_{pe}(M) = 0$.
 - a** – Exprimer l'énergie potentielle électrostatique au point **N** en fonction de E et x_N et la charge élémentaire e .
 - b** – Calculer le potentiel électrostatique au point **N** .
- ④ Calculer l'intensité la force électrostatique exercée sur de l'électron dans le champ électrostatique uniforme et celle de poids . Que peut-on déduire ?
- ⑤ Par application du théorème de l'énergie cinétique entre **M** et **N** calculer la vitesse de l'électron au point **N**.

Données

- La charge élémentaire: $e = 1,6 \times 10^{-19}\text{C}$
- La masse de l'électron : $m_e = 9,1 \times 10^{-31}\text{Kg}$
- L'intensité de pesanteur : $g = 10\text{N.Kg}^{-1}$

- ① L'électron porte une charge électrique négative et sera donc attiré vers la plaque ayant le potentiel le plus grand donc $V_A > V_B$ c-à-d $U_{AB} > 0$
- ② Le vecteur du champ électrostatique s'oriente de la plaque de potentiel le plus élevé vers la plaque du petit potentiel le plus faible, donc de A vers B .

$$\text{On a : } E = \frac{U_{AB}}{d} \quad \text{A.N: } E = \frac{520}{2,3 \times 10^{-2}} = 2,26 \times 10^4 \text{V.m}^{-1}$$

③ a – L'expression de l'énergie potentielle électrostatique au point N

$$\text{On a : } E_{pe} = q \cdot E \cdot y + C$$

$$\text{au point M on a : } E_{pe}(M) = 0 \Leftrightarrow q \cdot E \cdot y_M + C = 0 \text{ avec } y_M = 0$$

$$\Leftrightarrow C = 0$$

$$\text{Donc : } E_{pe}(N) = q \cdot E \cdot y_N \text{ avec } q = -e$$

$$\text{D'où : } E_{pe}(N) = -e \cdot E \cdot y_N$$

$$\text{A.N: } E_{pe}(N) = -1,6 \times 10^{-19} \times 2,26 \times 10^4 \times 1,7 \times 10^{-2} = -6,15 \times 10^{-17} J$$

b – Calculons le potentiel électrostatique au point N .

$$\text{On a : } E_{pe}(M) = -e \cdot V_N$$

$$\text{et d'après la question (③- a), on a : } E_{pe}(N) = -e \cdot E \cdot y_N$$

$$\text{Donc : } -e \cdot V_N = -e \cdot E \cdot y_N$$

$$\text{D'où : } V_N = E \cdot y_N$$

$$\text{A.N: } V_N = 2,26 \times 10^4 \times 1,7 \times 10^{-2} = 3,84 \times 10^2 V$$

④ Calculons l'intensité la force électrostatique exercée sur de l'électron dans le champ électrostatique:

$$\text{On a : } F = e \cdot E$$

$$\text{A.N: } F = 1,6 \times 10^{-19} \times 2,26 \times 10^4 = 3,62 \times 10^{-15} N$$

Calculons l'intensité du poids de l'électrons :

$$\text{On a : } P = m_e \cdot g = 9,1 \times 10^{-31} \times 10 = 9,1 \times 10^{-30} N$$

$$\text{On a : } \frac{F}{P} = \frac{3,62 \times 10^{-15}}{9,1 \times 10^{-30}} \approx 4 \times 10^{14}$$

Le poids de la particule est négligeable devant la force électrostatique .

⑤ Par application du théorème de l'énergie cinétique entre M et N on a :

$$\Delta E_C = \sum M_{\Delta}(\vec{F}_{ex})$$

$$E_C(N) - E_C(M) = M_{\Delta}(\vec{F}) \text{ avec } M_{\Delta}(\vec{F}) = -\Delta E_{peMN}$$

$$\text{Donc : } \frac{1}{2} m_e \cdot V_N^2 - \frac{1}{2} m_e \cdot V_0^2 = E_{pe}(M) - E_{pe}(N) \text{ avec } E_{pe}(M) = 0$$

$$\text{D'où : } V_N = \sqrt{V_0^2 - 2 \frac{E_{pe}(N)}{m_e}}$$

$$\text{A.N: } V_N = \sqrt{(7,8 \times 10^7)^2 + 2 \times \frac{6,15 \times 10^{-17}}{9,1 \times 10^{-31}}} = 7,89 \times 10^7 m \cdot s^{-2}$$

❖ Unité de l'énergie : électron-volt

Dans le système international des unités, l'énergie s'exprime en joule (J) .

À l'échelle microscopique (échelle des ions , des électrons, des ,...) cette unité est inadaptable, les particules ont des énergies très faibles, alors on privilégie une unité adaptable à l'échelle des particules .

Cette unité est appelée électron-volt de symbole **eV** tel que :

- Électronvolt (unité d'énergie) : est égal à l'énergie acquise par un électron accéléré par une tension d'un volt **$1eV = 1,6 \times 10^{-19}J$**
- On utilise aussi le méga-électron-volt tel que **$1MeV = 1,6 \times 10^{-13}J$**

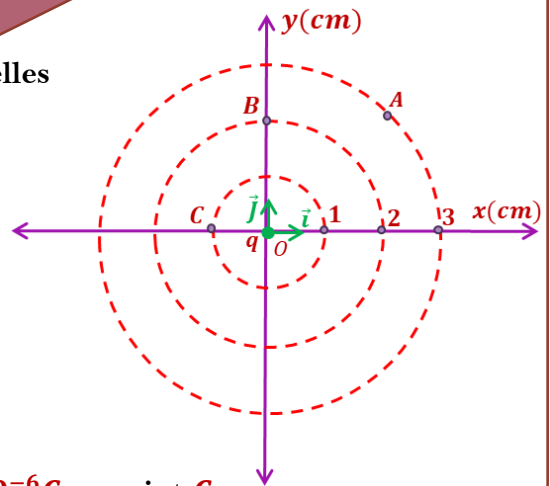
Exercice 1

① Répondre par vrai ou faux

- ☐ Les lignes du champ électrostatique créé par un électron sont centripètes
- ☐ L'intensité de la force électrostatique créée entre de charges électriques est proportionnelle à la distance qui les sépare.
- ☐ Le travail de la force électrostatique exercée sur une particule chargée se trouvant dans champ électrostatique variable est : $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} * \vec{AB}$
- ☐ Le potentiel électrostatique créé en un point **M** par une charge ponctuelle **q** placée à l'origine **O** d'un repère $R(O, \vec{i}, \vec{j})$ est : $V = K \frac{q}{OM} + C$
- ☐ La variation de l'énergie potentielle électrostatique entre deux points **A** et **B** est égale au travail de la force électrostatique entre ces deux points.

Exercice 3

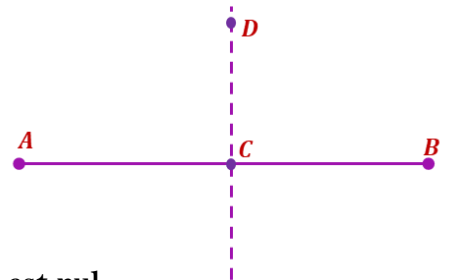
La figure ci-contre représente les surfaces équipotentielles d'une charge électrique ponctuelle $q = 6,4 \times 10^{-6} C$ placée à l'origine d'un repère $R(O, \vec{i}, \vec{j})$



- ① Calculer la valeur du potentiel électrostatique aux points **A**, **B** et **C**. Sachant qu'à l'infinie le potentiel électrostatique est nul ($V \rightarrow 0$ lorsque $r \rightarrow \infty$)
- ② Déduire l'intensité du champ électrostatique en **C**.
- ③ On place une autre charge ponctuelle $q' = -4,8 \times 10^{-6} C$ au point **C**
 - a** – Déterminer les caractéristiques la force électrostatique exercée sur la charge q' .
 - b** – Calculer l'intensité du champ électrostatique créé par la charge q' au point **B**
 - c** – Exprimer dans le repère $R(O, \vec{i}, \vec{j})$ le vecteur du champ électrostatique créé au point **B** par les deux charges q et q' .

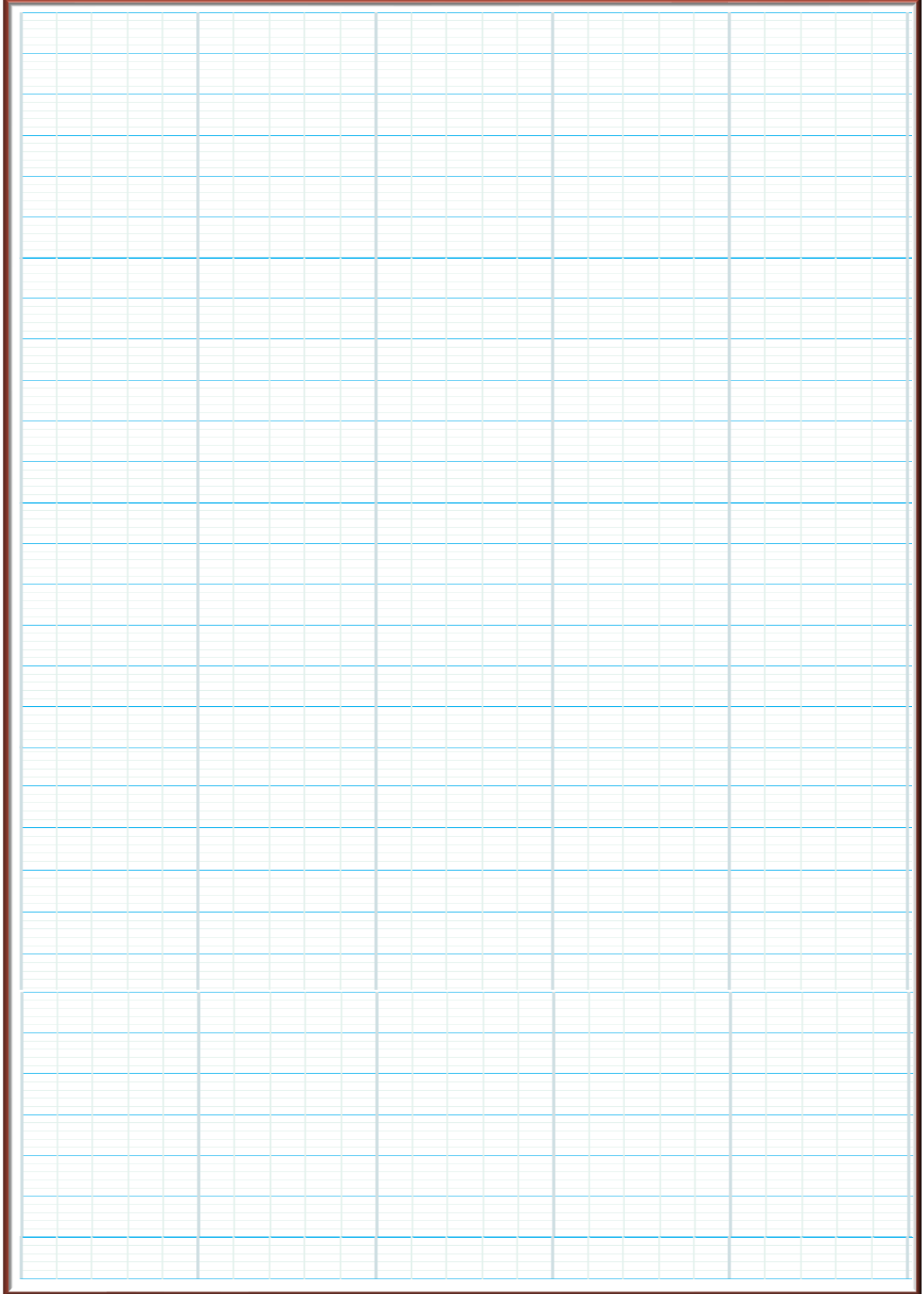
Exercice 4

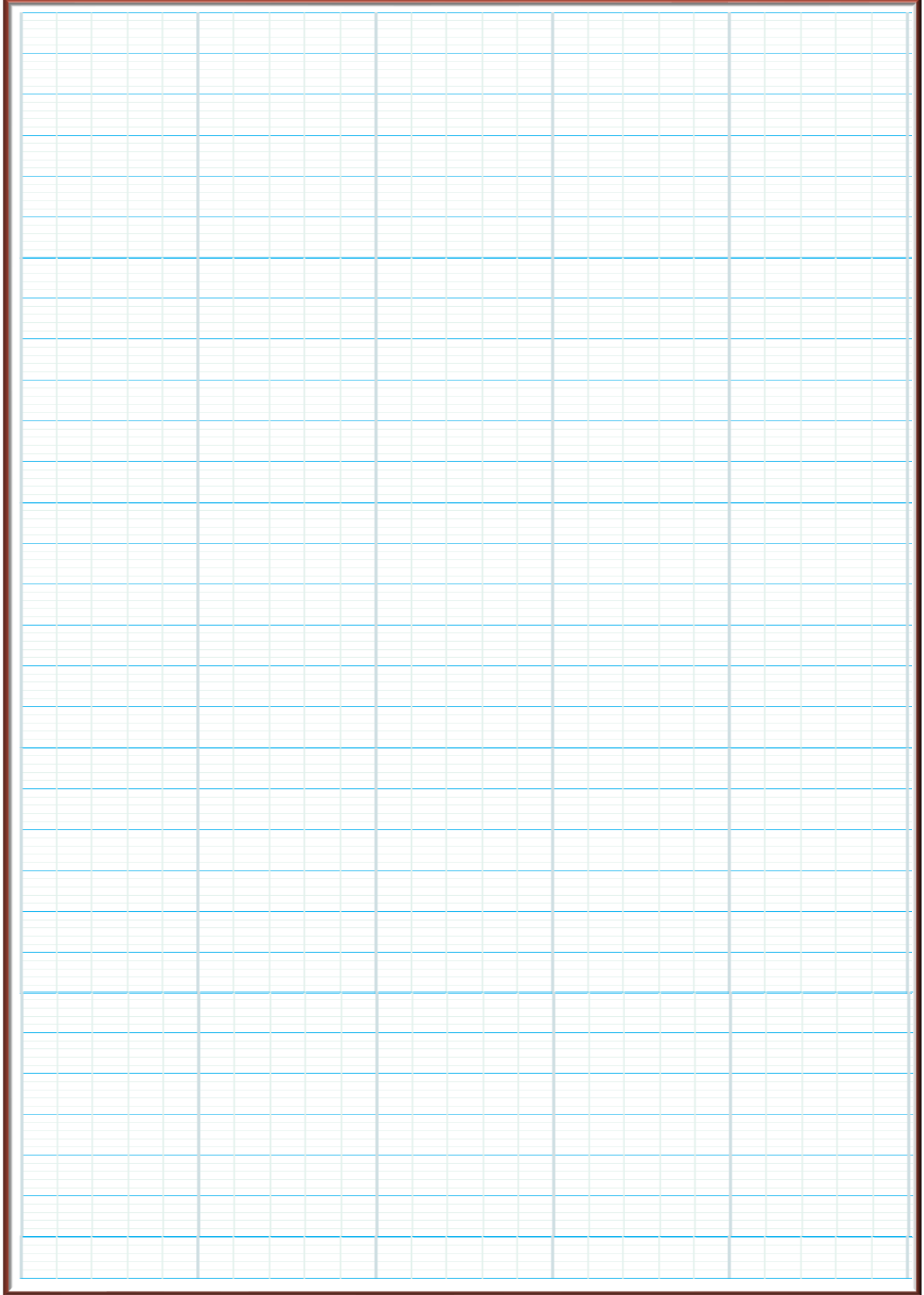
On considère deux charges électriques ponctuelles de valeur $q = 7 \times 10^{-5} C$, l'une est posée en un point **A** et l'autre est posée en un point **B** tel que $AB = 12cm$. La droite (CD) étant le médiateur du segment $[AB]$



- ① Montrer que le champ créé par les deux charges au point **C** est nul.
- ② Calculer les intensités des champs électrostatiques créés par les deux charges au point **D**.
- ③ Déterminer les caractéristiques du champ électrostatique totale créé au point **D**.

On donne : $CD = 4cm$.





Transfert d'énergie dans un circuit électrique



Situation-problème

L'éolienne convertit l'énergie mécanique du vent en énergie électrique tandis que la lampe convertit l'énergie électrique en énergie lumineuse .

- 💡 Quelles sont les transformations énergétiques qui se produisent dans un circuit électrique?
- 💡 Pourquoi les appareils s'échauffent-ils lors du fonctionnement du circuit électrique?

Objectifs

- 💡 Définir le récepteur et le générateur électrique .
- 💡 Connaître les transformations énergétiques qui se produisent au niveau de quelques dipôles électriques
- 💡 Savoir calculer l'énergie fournie par un générateur électrique.
- 💡 Savoir calculer l'énergie reçue par un récepteur électrique.
- 💡 Définir la loi de Joule et savoir l'exploiter pour calculer l'énergie dissipée au niveau d'un dipôle électrique .

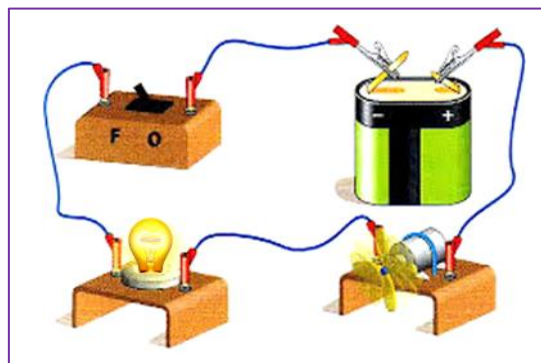
I Transfert d'énergie au niveau d'un récepteur électrique

① Le récepteur électrique

❖ Activité

On réalise le montage électrique schématisé dans la figure ci-contre et qui comporte :

- Une pile.
- Une lampe.
- Un moteur électrique.
- Un interrupteur

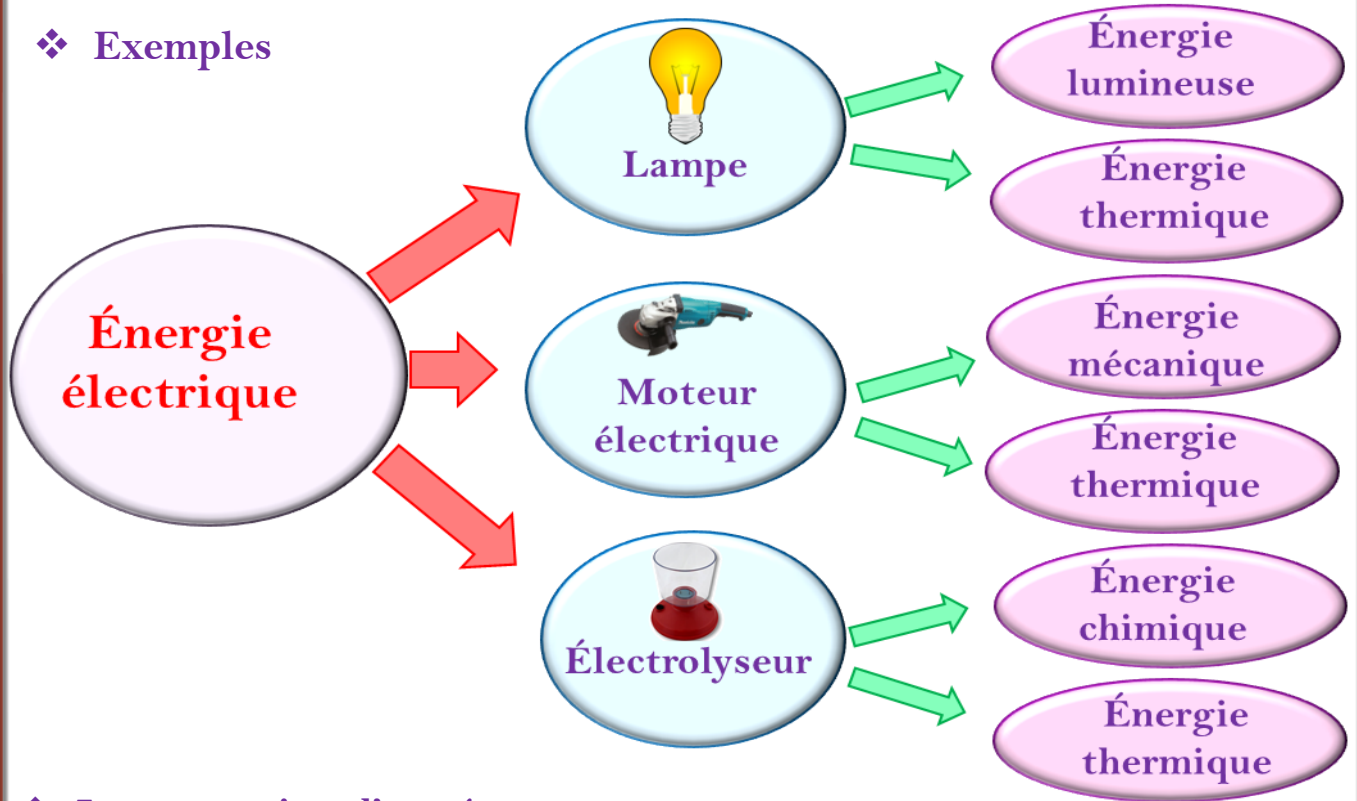


- ① Que se passe-t-il au niveau de chaque dipôle après la fermeture de l'interrupteur.
 - ② Quels les transformations énergétiques qui se produisent au niveau de chaque dipôle.
 - ③ La lampe, le moteur sont appelés récepteurs électriques. Proposer une définition d'un récepteur électrique
- ① Lorsqu'on ferme l'interrupteur on constate que :
- La lampe brille et s'échauffe
 - Le moteur tourne et s'échauffe
- ② Les transformations énergétiques dans le circuit
- La lampe convertit l'énergie électrique en énergie lumineuse et énergie thermique.
 - Le moteur convertit l'énergie électrique en énergie mécanique et énergie thermique.
 - La pile convertit l'énergie chimique en énergie électrique et énergie thermique.
- ③ Le récepteur électrique est un dipôle qui reçoit de l'énergie électrique et la convertit en d'autres formes d'énergie.

❖ Définition

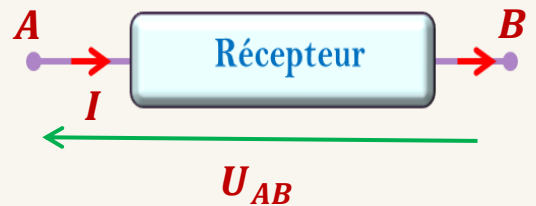
Le récepteur électrique est un dipôle qui reçoit de l'énergie électrique et la convertit en d'autres formes d'énergie.

❖ Exemples



❖ La convention d'un récepteur

- On représente la tension aux bornes d'un récepteur électrique par une flèche de sens opposé à celui du courant électrique qui le traverse.



② L'énergie électrique reçue par un récepteur électrique

Lors du fonctionnement d'un récepteur électrique en régime permanent pendant une durée de temps Δt , il reçoit une énergie électrique $W_e = U_{AB} \cdot I \cdot \Delta t$ tel que :

- W_e : l'énergie reçue par le récepteur en (J)
- U_{AB} : la tension aux bornes du récepteur en (V)
- I : L'intensité du courant traversant le récepteur en (A)
- Δt : la durée du fonctionnement du récepteur en (s)

③ La puissance électrique reçue par un récepteur électrique

- On définit la puissance électrique reçue par un récepteur électrique en régime permanent par la relation suivante : $P_e = \frac{W_e}{\Delta t} = U_{AB} \cdot I$ tel que :
 - l'unité de la puissance électrique en (S.I) est le watt de symbole (W)
- La puissance électrique est la vitesse de transfert d'énergie.

❖ Application

Un électrolyseur est parcouru par un courant électrique d'intensité $I = 0,67A$ et la tension entre ses bornes est: $U_{AB} = 24V$.

❶ Calculer la puissance reçue par l'électrolyseur .

❷ Calculer l'énergie reçue par cet électrolyseur pendant une demi-heure

❶ Calculons puissance reçue par l'électrolyseur .

$$\text{On a : } P_e = U_{AB} \cdot I$$

$$\text{A.N : } P_e = 24 \times 0,67$$

$$\text{On trouve : } P_r = 1,61 \times 10^1 W.$$

❷ Calculer l'énergie reçue par l'électrolyseur pendant une demi-heure

$$\text{On a : } W_e = U_{AB} \cdot I \cdot \Delta t \text{ avec } P_r = U_{AB} \cdot I$$

$$\text{A.N : } W_e = 1,61 \times 10^1 \times 30 \times 60$$

$$\text{On trouve : } W_e = 2,9 \times 10^4 J$$

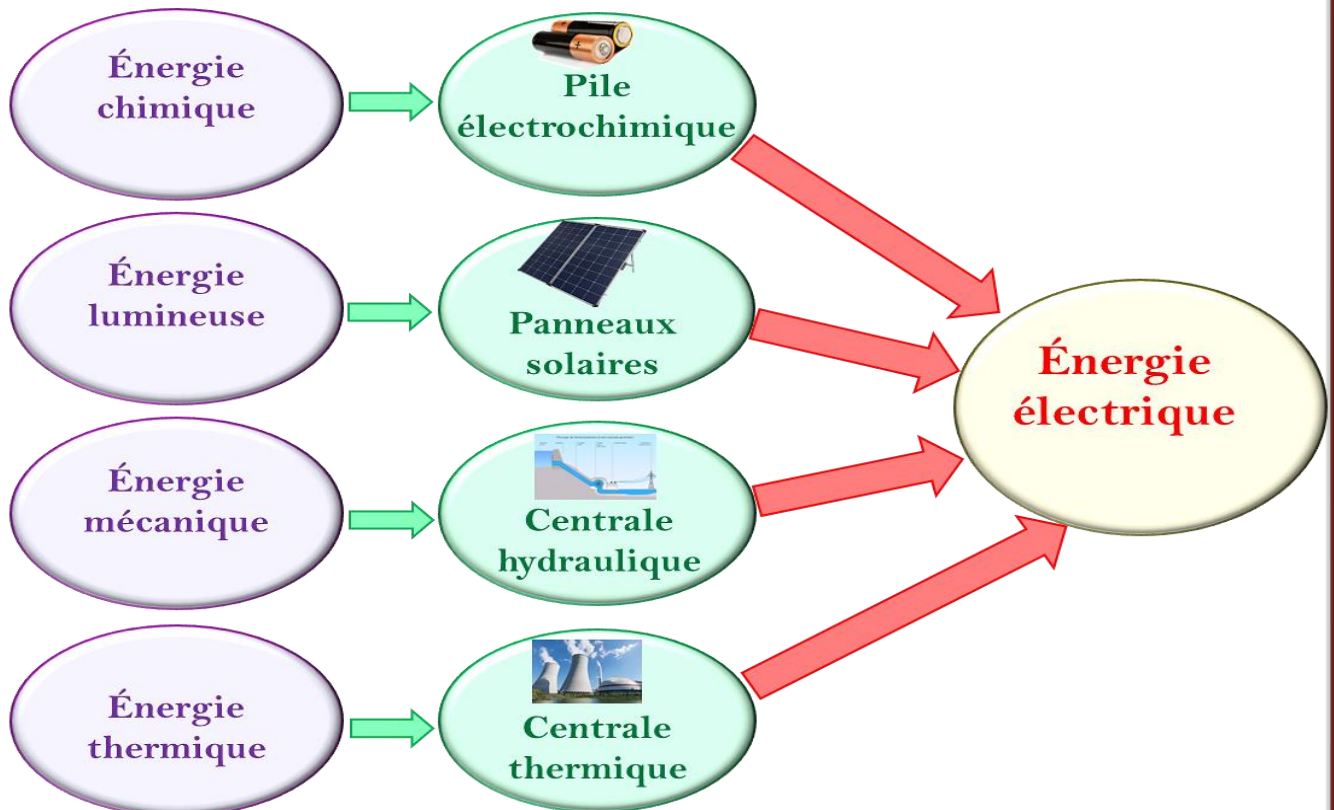
II Transfert d'énergie au niveau d'un générateur électrique

❶ Le générateur électrique

❖ Définition

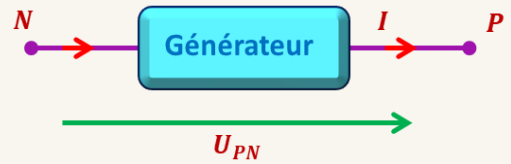
Le générateur électrique est un dipôle permettant de produire de l'énergie électrique en convertissant une autre forme de l'énergie.

❖ Exemples



❖ La convention d'un générateur

- On représente la tension aux bornes d'un générateur électrique par une flèche de sens identique celui du courant électrique qui le traverse .



② L'énergie électrique fournie par un générateur électrique

Lors du fonctionnement d'un générateur électrique en régime permanent, pendant une durée de temps Δt , il fournit au circuit électrique, une énergie électrique W_e tel que :

$$W_e = U_{PN} \cdot I \cdot \Delta t \text{ avec :}$$

- W_e : l'énergie fournie par le générateur en (J)
- U_{PN} : la tension aux bornes du générateur en (V)
- I : L'intensité du courant traversant le générateur en (A)
- Δt : la durée du fonctionnement du générateur en (s)

③ La puissance électrique fournit par un générateur électrique

- On définit la puissance électrique fournie par un générateur électrique en régime permanent par la relation suivante : $P_e = \frac{W_e}{\Delta t} = U_e \cdot I$ tel que :
- L'unité de la puissance électrique en (S.I) est le watt de symbole (W)

❖ Application

La tension électrique aux bornes d'une pile est : $U_{PN} = 4,5V$, cette pile fournit à un circuit électrique, un courant électrique d'intensité $I = 5mA$ pendant une heure.

- Calculer la puissance électrique fournie par la pile.
- Calculer l'énergie électrique fournie par la pile pendant une heure.

- Calculons puissance électrique fournie par la pile.

$$\text{On a : } P_e = U_{PN} \cdot I$$

$$\text{A.N : } P_e = 4,5 \times 5 \times 10^{-3}$$

$$\text{On trouve : } P_e = 2,25 \times 10^{-2} W.$$

- Calculons l'énergie fournie par la pile pendant une heure

$$\text{On a : } W_e = P_e \cdot \Delta t$$

$$\text{A.N : } W_e = 2,25 \times 10^{-2} \times 3600$$

$$\text{On trouve : } W_e = 81J$$

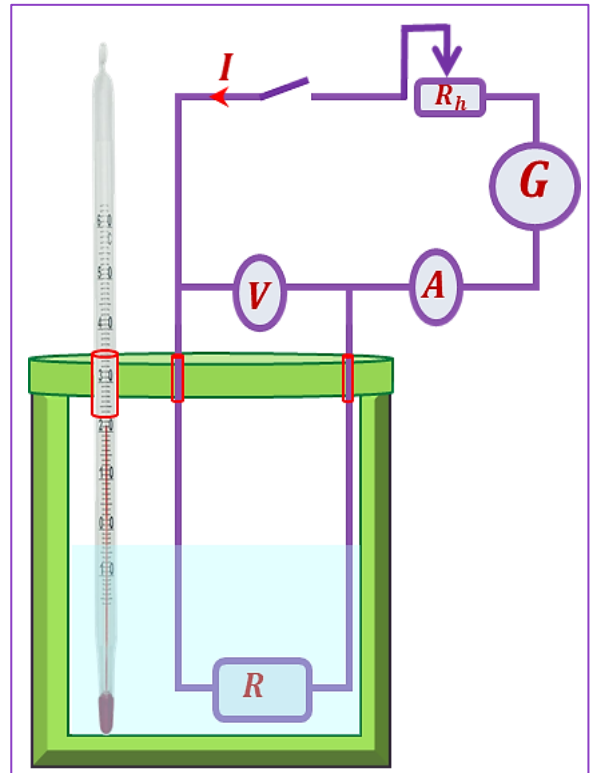
III Effet de joule dans les conducteurs ohmiques

① Activité : mise en évidence l'effet de Joule

On introduit une masse $m = 80g$ de l'eau froide dans un calorimètre et on réalise le montage de la figure ci-contre.

Après avoir inséré le résistor de résistance $R = 4,5\Omega$ et le thermomètre dans le calorimètre, on ferme le circuit électrique et on règle le rhéostat pour que l'intensité du courant qui traverse le circuit soit égale à $I = 2A$

On mesure la température initiale θ_0 de l'eau dans le calorimètre et on déclenche le chronomètre à un instant $t_0 = 0$. Au bout de chaque $3min$, on visualise la température indiquée par le thermomètre et on enregistre les résultats dans le tableau suivant.



$t(min)$	0	3	6	9	12	15	18
$\theta(^{\circ}C)$	25	33,5	42,1	50,6	59,1	67,6	76,2
$Q(KJ)$		3,23	6,50	9,73	12,96	16,19	19,46
$W_J(KJ)$		3,24	6,48	9,72	12,96	16,20	19,44

- Exprimer la tension u_R aux bornes du résistor en fonction de I et R .
- Trouver l'expression de l'énergie électrique reçue par le résistor à un instant t en fonction de I , R , et t
- Trouver l'expression de la quantité de chaleur reçue par l'eau à un instant t en fonction de θ_0 , $\theta(t)$ et μ (μ la capacité calorifique du calorimètre et l'eau).
- Compléter le tableau ci-dessus. Que peut-on déduire ?

On donne : la capacité calorifique du calorimètre et l'eau est $\mu = 380J.K^{-1}$

❶ D'après la loi d'Ohm on a : $u_R = R \cdot I$

❷ Déterminons l'expression de l'énergie électrique reçue par le résistor à un instant t .

On a : $W_J = u_R \cdot I \cdot \Delta t$ avec $u_R = R \cdot I$ et $\Delta t = t - t_0$ ($t_0 = 0$)

Donc : $W_J = R \cdot I^2 \cdot t$

❸ L'expression de la quantité de chaleur reçue par l'eau à un instant t est :

$$Q = \mu \cdot (\theta(t) - \theta_0)$$

❹ D'après les résultats du tableau, on constate que l'énergie reçus par le résistor est égale à la quantité de chaleur reçue par l'eau dans le calorimètre.

On déduit que le résistor convertit l'énergie électrique qu'il reçoit en chaleur (énergie thermique). Ce phénomène est appelé effet de Joule.

② L'effet de Joule

- Le passage du courant électrique dans un conducteur ohmique provoque une augmentation de sa température, ce phénomène est appelé effet de Joule (Ce phénomène a été découvert par physicien anglais James Prescott Joule en 1840.)

③ La loi de Joule

- L'énergie électrique reçue par un conducteur ohmique, et dissipée par effet Joule est proportionnelle au carré de l'intensité du courant qui le traverse tel que :

$$W_J = U_R \cdot I \cdot \Delta t \text{ avec } U_R = R \cdot I$$

On trouve : $W_J = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$

- W_J : l'énergie dissipée par effet Joule ohmique en (J)
- U_R : la tension aux bornes du conducteur en (V)
- I : L'intensité du courant traversant le conducteur en (A)
- Δt : la durée du fonctionnement conducteur en (s)
- R : la résistance du conducteur en (s)

❖ Application

On considère un conducteur ohmique de résistance : $R = 20\Omega$, et parcouru par un courant électrique d'intensité $I = 10mA$ pendant une heure.

- Calculer l'énergie électrique dissipée par effet joule dans ce conducteur pendant une demi-heure
- Déduire la puissance électrique dissipée par effet joule dans ce conducteur.

- ❶ Calculons l'énergie électrique dissipée par effet joule dans le conducteur

$$\text{On a : } W_J = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$$

$$\text{A.N : } W_J = 20 \times (10 \times 10^{-3})^2 \times 30 \times 60$$

$$\text{On trouve : } W_J = 3,6J$$

- ❷ Calculons la puissance électrique dissipée par effet joule dans ce conducteur.

$$\text{On a : } P_J = \frac{W_J}{\Delta t} \text{ A.N : } P_J = \frac{3,6}{1800}$$

$$\text{On trouve : } P_J = 2 \times 10^{-3}J$$

④ Quelques applications de l'effet de Joule dans la vie quotidienne

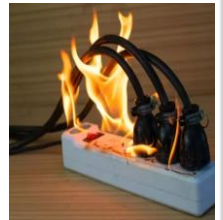
- ❑ L'effet Joule a de nombreuses applications dans notre vie quotidienne, notamment :

- Les appareils de chauffage: le fer à repasser ; le four électrique ; le radiateur électrique ...
- Les appareils d'éclairage: la lampe à incandescence (cette lampe a été inventé par le physicien américain Thomas Edison en 1878)
- Les visibles: le coupe-circuit à fusible est, en électricité et en électronique, un organe de sécurité dont le rôle est d'ouvrir le circuit électrique lorsque le courant électrique dans celui-ci atteint, ou dépasse, une valeur limite pendant un certain temps.



- ❑ Quelques inconvénients de l'effet Joule

- La dissipation de l'énergie électrique dans les appareils électriques
- Détérioration des appareils électriques lorsque l'échauffement est trop important.



Exercice 1

① Répondre par vrai ou faux

- ☐ Le générateur électrique transforme l'énergie électrique en chaleur.
- ☐ L'unité de la puissance électrique dans le système international des unités est le watt (W).
- ☐ La puissance électrique dissipée par effet joule dans un conducteur ohmique est proportionnelle à l'intensité du courant de qui le traverse.
- ☐ Le conducteur ohmique transforme complètement l'énergie électrique qu'il reçoit en énergie thermique.
- ☐ Une lampe porte les informations suivantes ; ($24V$; $0,2A$), sa puissance optimale est: $P_e = 4,8W$

Exercice 2

La tension aux bornes d'une batterie d'une automobile est : $U = 12V$ et l'intensité du courant qui la traverse est $I = 10,3A$

- ① Calculer la puissance fournie par cette batterie .
- ② Calculer l'énergie fournie par cette batterie pendant $12min$
- ③ La puissance produite par la batterie est : $P = 125,7W$
 - a – Calculer la puissance dissipée par effet joule dans la batterie.
 - b – Déduire la valeur de la résistance interne de la bobine.

Exercice 3

On applique aux bornes d'un moteur électrique une tension électrique continue : $U = 40V$
En régime permanent, l'intensité de courant qui traverse le moteur est $I = 1,4A$

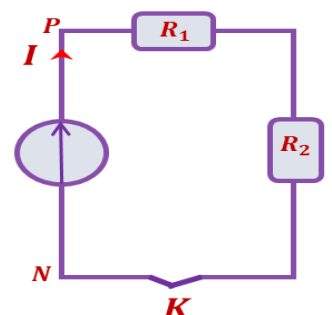
- ① Calculer la puissance électrique reçue par le moteur .
- ② Calculer l'énergie électrique reçue par le moteur pendant $\Delta t = 15min$.
- ③ Pendant la durée Δt , le moteur réalise $600trs$ avec une vitesse angulaire constante.
 - a – Calculer la vitesse angulaire du moteur.
 - b – Calculer la puissance mécanique(utile)produite par le moteur sachant que le moment de son couple est $M_c = 71,88N.m$
 - c – Déduire la puissance dissipée par effet joule dans le moteur .

Exercice 4

On considère le circuit électrique ci-contre qui comporte :

- Deux conducteurs ohmiques de résistances $R_1 = 15\Omega$ et $R_2 = 22\Omega$
- Un générateur de tension continue $U_{PN} = 30V$
- Un interrupteur K
- Fils de connexions

- ① Par application de la loi d'additivité des tensions déterminer la valeur de l'intensité du courant traversant le circuit.
- ② Calculer la puissance fournie par le générateur.
- ③ Calculer la puissance dissipée par effet Joule dans les deux conducteurs et déduire.

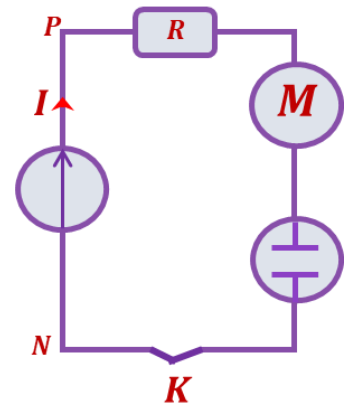


Exercice 5

On considère le circuit électrique ci-contre qui comporte :

- Un conducteur ohmique de résistance R
- Un générateur de tension continue $U_{PN} = 50V$
- Un moteur électrique .
- Un électrolyseur.
- Un interrupteur K
- Fils de connexions

En régime permanent, l'intensité du courant débité par le générateur est: $I = 1,6A$



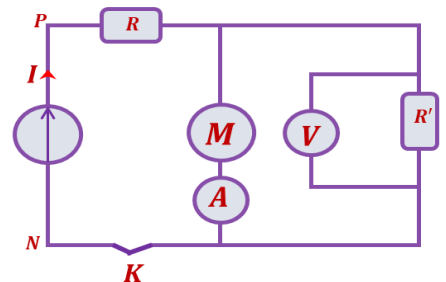
- ① Représenter la tension électrique aux bornes de chaque dipôle électrique.
- ② Calculer la puissance électrique fournie par le générateur.
- ③ Calculer la puissance reçue par l'électrolyseur.
- ④ Le moteur produit une puissance mécanique $P_m = 22,4W$ et sa résistance interne est: $r = 15\Omega$
 - a – Calculer la puissance dissipée par effet Joule dans le moteur.
 - b – Calculer la puissance électrique reçue par le moteur.
- ⑤ Calculer la puissance électrique dissipée par effet Joule dans le conducteur ohmique et déduire la valeur de sa résistance.

Exercice 6

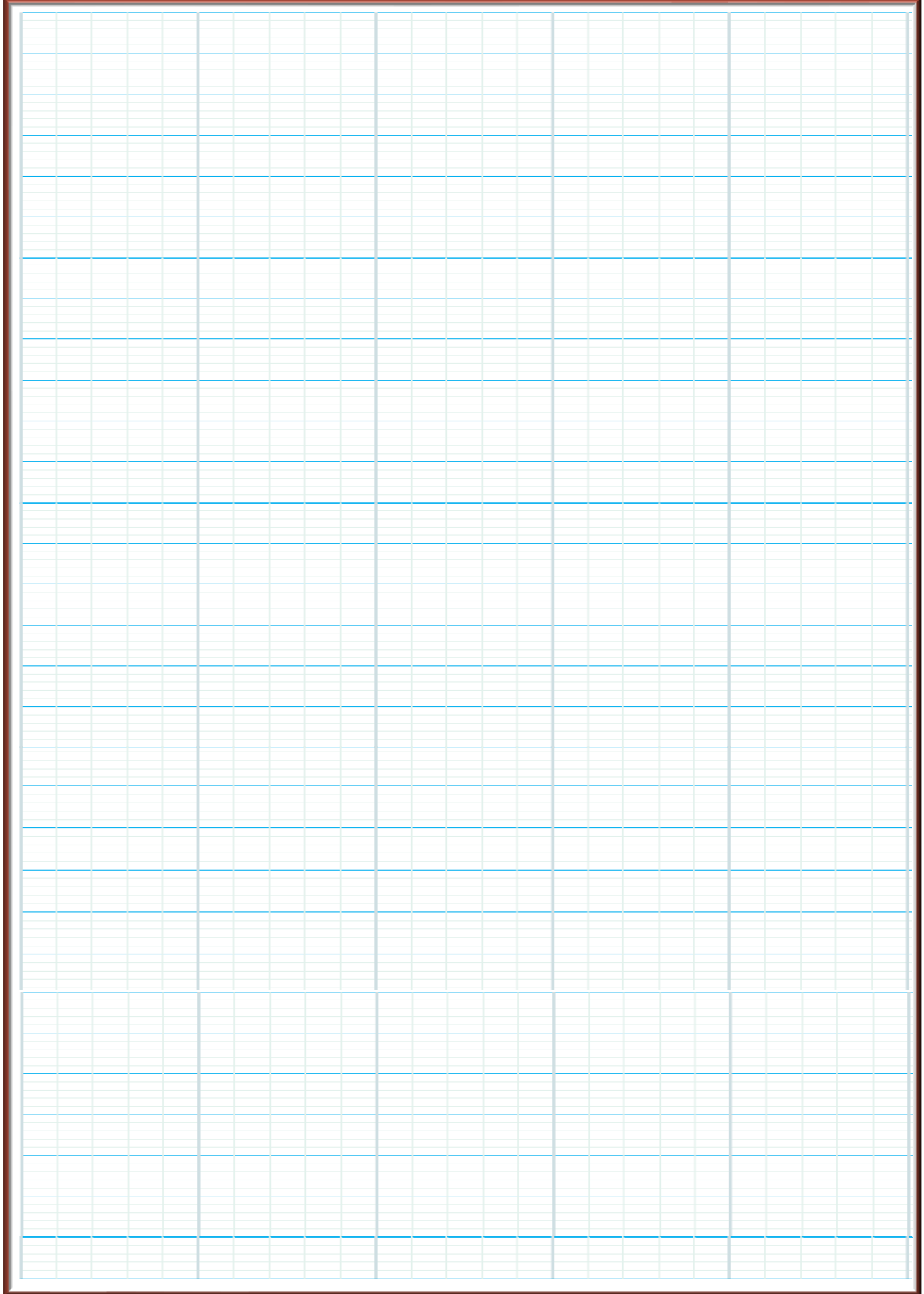
Le montage électrique schématisé ci-contre comporte :

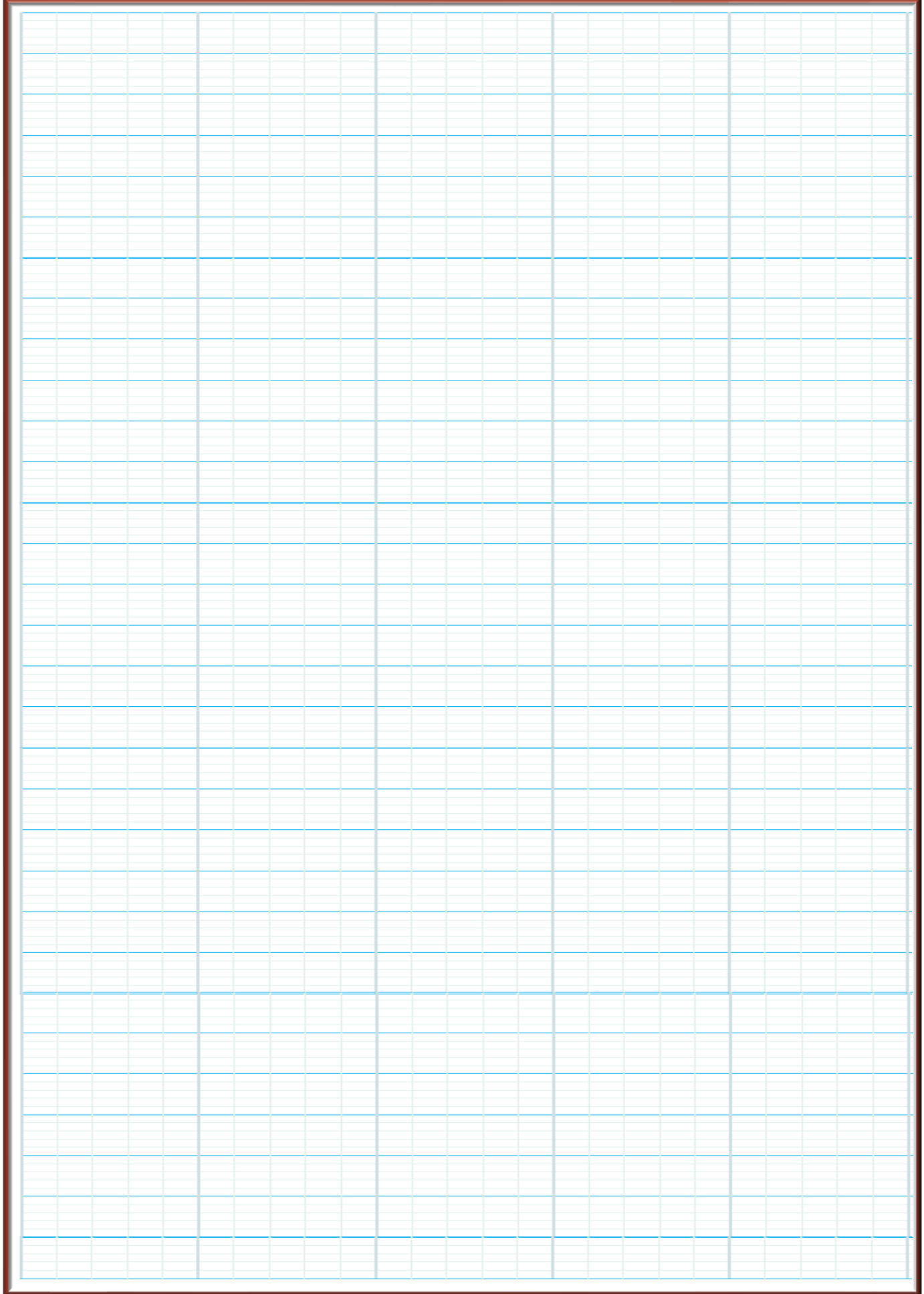
- Deux conducteurs ohmiques de résistances $R = 13,75\Omega$ et R'
- Un générateur de tension continue $U_{PN} = 50V$
- Un moteur électrique de résistance interne $r = 10V$.
- Un ampèremètre
- Un voltmètre
- Un interrupteur K
- Fils de connexions

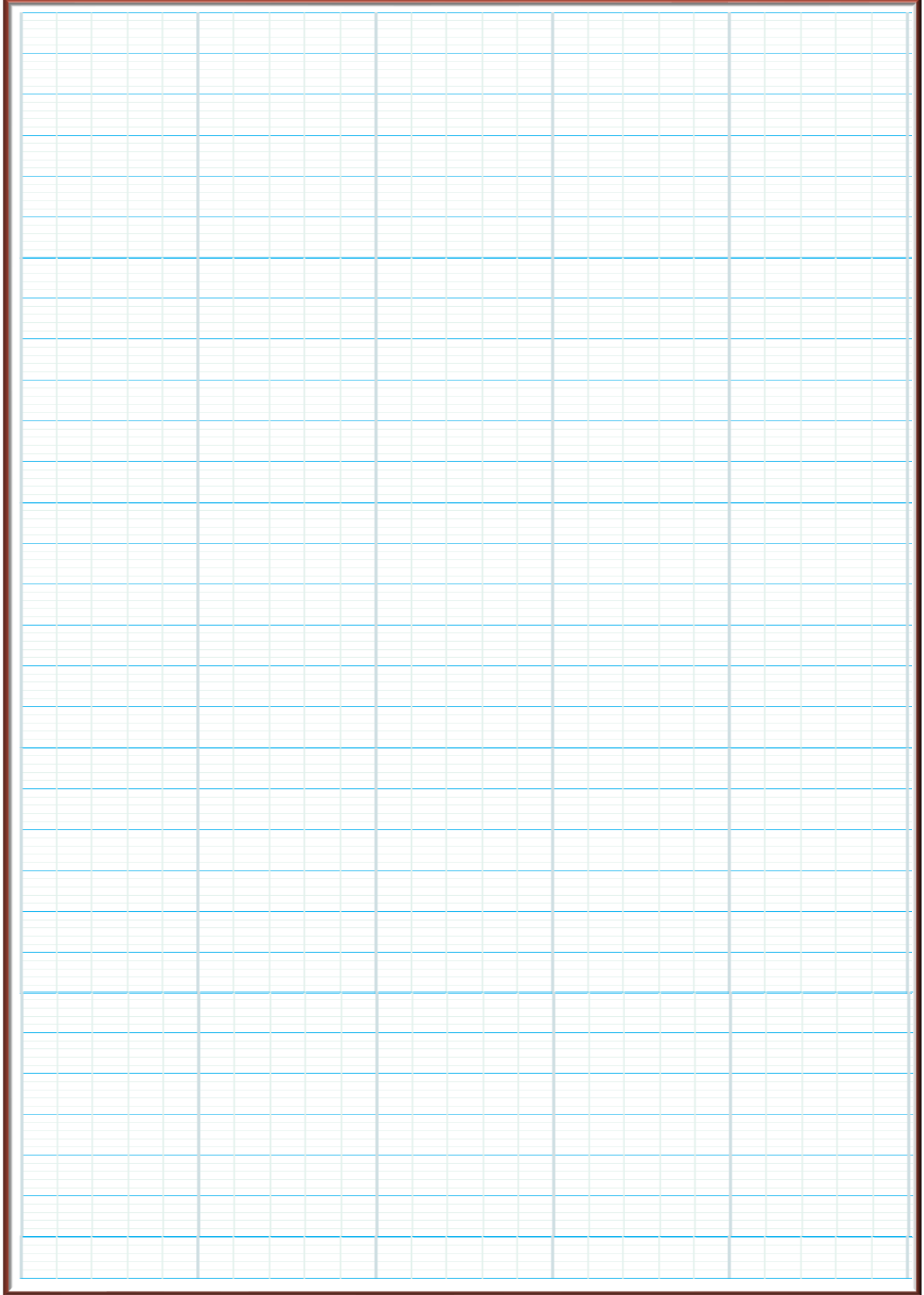
En régime permanent, le voltmètre indique $U'_R = 22,5V$ et le l'ampèremètre indique $I' = 1,5A$



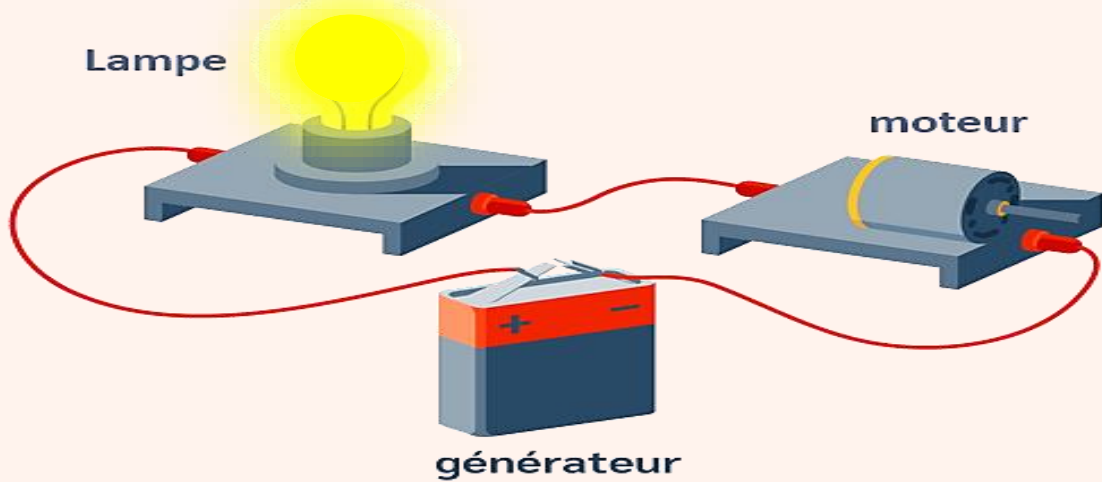
- ① Le moteur transforme **80%** de l'énergie électrique qu'il reçoit en énergie mécanique .
 - a – Calculer la puissance électrique reçue par le moteur.
 - b – Calculer la puissance dissipée par effet Joule dans le moteur.
 - c – Déduire mécanique produite par ce moteur.
- ② Calculer la puissance électrique fournie par le générateur .
- ③ Calculer la tension électrique aux bornes du conducteur ohmique R .
- ④ Calculer la puissance dissipée par effet Joule dans conducteur ohmique R .
- ⑤ En appliquant deux méthodes différentes, calculer l'intensité du courant I' qui travers le conducteur ohmique R'







Comportement global d'un circuit électrique



Situation-problème

Lors du fonctionnement du circuit électrique ci-dessus, le générateur fournit de l'énergie électrique aux autres composantes de ce circuit.



Comment se distribuer l'énergie électrique au niveau de chaque dipôle électrique?

Objectifs

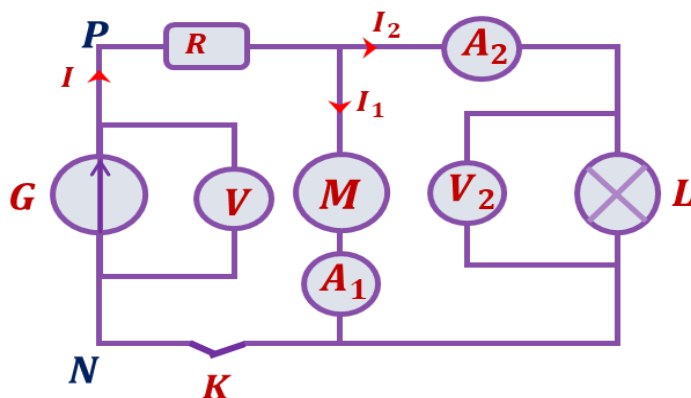
-  Savoir que l'énergie électrique fournie par le générateur est égale à la somme des énergies électriques reçues par les récepteurs.
-  Connaître la distribution de l'énergie électrique au niveau du générateur linéaire et savoir calculer son rendement.
-  Connaître la distribution de l'énergie électrique au niveau du récepteur linéaire et savoir calculer son rendement.
-  Savoir calculer le rendement d'un circuit électrique simple.
-  Connaître l'effet de la force électromotrice du générateur et l'effet de la résistance du circuit sur l'énergie fournie par le générateur.

I Principe de conservation de l'énergie électrique

① Activité

On réalise le montage électrique de la figure ci-contre qui comporte

- Un générateur électrique
- Une lampe.
- Un moteur électrique.
- Un conducteur ohmique de résistance $R = 20\Omega$
- Un interrupteur K
- Des ampèremètres
- Des voltmètres.



Le tableau suivant montre les valeurs indiquées par les instruments de mesure après avoir fermé l'interrupteur.

instrument	Ampèremètre A_1	Ampèremètre A_2	Voltmètre V	Voltmètre V_2
Valeur indiquée	$I_1 = 0,3A$	$I_2 = 0,2A$	$U = 24$	$U_2 = 14$

- 1 Calculer l'intensité du courant délivrée par le générateur.
- 2 Calculer la tension électrique aux bornes du conducteur ohmique.
- 3 Calculer la tension U_M aux bornes du moteur électrique.
- 4 Calculer la puissance électrique fournie par le générateur.
- 5 Calculer la puissance électrique reçue par la lampe et celle reçue par le moteur électrique.
- 6 Calculer la puissance dissipée par effet joule dans le conducteur ohmique.
- 7 Calculer la somme des puissances des récepteurs. Que peut-on déduire?

① D'après la loi des nœuds on a : $I = I_1 + I_2$

A.N: $I = 0,3 + 0,2 = 0,5A$

② D'après la loi d'ohm on a : $U_R = R \cdot I$

A.N : $U_R = 20 \times 0,5 = 10V$

③ La lampe et le moteur électrique sont montés en dérivation donc:

$U_M = U_2 = 14V$

④ Calculons la puissance électrique fournie par le générateur

On a : $P_e = U \cdot I$

A.N : $P_e = 0,5 \times 24 = 12W$

⑤ Calculons la puissance reçue par la lampe.

On a : $P_{r2} = U_2 \times I_2$

A.N : $P_{r2} = 14 \times 0,2 = 2,8W$

Calculer la puissance électrique reçue par le moteur électrique:

$$\text{On a : } P_{r1} = U_M \times I_1$$

$$\text{A.N : } P_{r2} = 14 \times 0,3 = 4,2W$$

⑥ Calculons la puissance dissipée par effet joule dans le conducteur ohmique:

$$\text{On a : } P_J = U_R \times I$$

$$\text{A.N : } P_J = 10 \times 0,5 = 5W$$

⑦ Calculons la somme des puissances des récepteurs:

$$\text{On a : } P_T = P_{r1} + P_{r2} + P_J$$

$$\text{A.N : } P_T = 2,8 + 4,2 + 5 = 12W$$

$$\text{On constate que : } P_T = P_e$$

On déduit qu'il y a conservation de la puissance électrique .

② Conclusion

- Lors du fonctionnement d'un circuit électrique, l'énergie électrique fournie par le générateur est égale à la somme des énergies électriques reçues par les récepteurs.
- On dit qu'il y a conservation de l'énergie électrique.

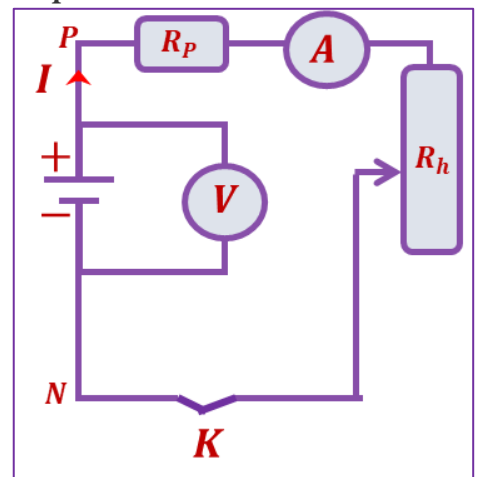
II Distribution de l'énergie au niveau d'un générateur

① Activité

On réalise le montage électrique de la figure ci-contre qui comporte

- Une pile
- Un rhéostat.
- Résistance de protection
- Un interrupteur K
- Un ampèremètre.
- Un voltmètre.

On fait varier la tension U_{PN} aux bornes du générateur, en changeant la résistance du rhéostat et à chaque fois en mesure la tension U_{PN} et l'intensité du courant I qui traverse le circuit . Les résultats obtenus ont permis de tracer la courbe ci-contre qui représente : $U_{PN} = f(I)$

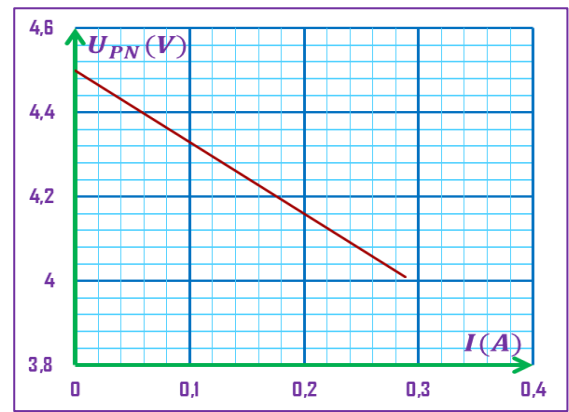


- ① Montrer que la tension aux bornes de la pile s'écrit sous la forme suivante: $U_{PN} = E - r \cdot I$ en déterminant les significations des valeurs de E et r .
- ② Exprimer la puissance P_e fournie par la pile au circuit en fonction de E , I et r .
- ③ Exprimer la puissance P_J dissipée par effet joule dans la pile en fonction de I et r .

④ Soit P_T la puissance totale produite par la pile .

Exprimer P_T en fonction de E et I .

⑤ Le rendement ρ d'un générateur est égal au rapport de P_e la puissance fournie par P_T la puissance produite par ce générateur . Exprimer le rendement ce cette pile en fonction de E , I et r , puis calculer sa valeur pour $I = 0,2A$.



① La courbe $U_{PN} = f(I)$ est une fonction

affine d'équation : $U_{PN} = a.I + b$

Avec $a = -r$ et $b = E$

Donc : $U_{PN} = E - r.I$

E : représente la force électromotrice de la pile (c'est la tension aux bornes de la pile lorsque $I = 0$)

d'après la courbe on trouve: $E = 4,5V$

r : est la résistance interne de la pile .

D'après la courbe: $a = \frac{4,5-4,16}{0-0,2} = -1,7\Omega$

Donc $r = 1,7\Omega$

② L'expression de la puissance électrique fournie par la pile :

On a : $P_e = U_{PN}.I$ avec $U_{PN} = E - r.I$

Donc : $P_e = (E - r.I).I$

On trouve : $P_e = EI - rI^2$

③ l'expression de la puissance dissipée par effet joule dans la pile :

On a : $P_J = rI^2$

④ L'expression de la puissance P_T de la pile

On a : $P_T = P_e + P_J$

Donc : $P_T = EI - rI^2 + rI^2$

On trouve : $P_T = EI$

⑤ Le rendement de la pile :

On a: $\rho = \frac{P_e}{P_T} \Leftrightarrow \rho = \frac{(E-r.I).I}{EI}$

$$\Leftrightarrow \rho = \frac{E-r.I}{E}$$

$$\Leftrightarrow \rho = 1 - \frac{r.I}{E}$$

Lorsque la pile débite courant intensité $I = 0,2A$

On trouve : $\rho = 1 - \frac{1,7 \times 0,2}{4,5} = 9,24 \times 10^{-2}$

Ou bien : $\rho = 9,24\%$

② Loi d'Ohm pour un générateur

La tension U_{PN} aux bornes d'un générateur électrique débite un courant d'intensité I est définie par relation suivante : $U_{PN} = E - r.I$ tel que :

- U_{PN} : la tension du générateur en (V)
- E : la force électromotrice du générateur en (V)
- r : la résistance interne du générateur en (Ω)
- I : l'intensité du courant circulant dans le générateur en (A)

On représente le générateur électrique par l'une des deux représentations suivantes :



③ Bilan énergétique d'un générateur

En régime permanent, l'énergie électrique fournie par un générateur pendant une durée Δt est : $W_e = U_{PN} \cdot I \cdot \Delta t$ avec : $U_{PN} = E - r \cdot I$

$$\Leftrightarrow W_e = E \cdot I \cdot \Delta t - r \cdot I^2 \cdot \Delta t$$

$$\Leftrightarrow W_e = W_T - W_J \text{ avec : } W_T = E \cdot I \cdot \Delta t \text{ et } W_J = r \cdot I^2 \cdot \Delta t$$

- W_e : l'énergie électrique fournie par le générateur en (J)
- W_J : l'énergie électrique dissipée par effet joule dans le générateur en (J)
- W_T : l'énergie électrique totale produite par le générateur en (J)



④ Rendement d'un générateur

Le rendement du générateur est égal au rapport de l'énergie électrique W_e fournie par le générateur sur l'énergie électrique W_T qu'il produit: $\rho = \frac{W_e}{W_T} = \frac{(E-r \cdot I) \cdot I \cdot \Delta t}{E \cdot I \cdot \Delta t} = \frac{E-r \cdot I}{E} = 1 - \frac{r \cdot I}{E}$

Le rendement est une grandeur sans unité peut-être exprimée en pourcentage .

❖ Application

Un générateur électrique ($E = 12V, r = 40\Omega$) débite un courant électrique d'intensité $I = 50mA$ pendant une demi-heure.

- ❶ Calculer l'énergie électrique totale produite par le générateur pendant une demi-heure.
- ❷ Calculer l'énergie dissipée par effet joule dans le générateur pendant une demi-heure.
- ❸ Calculer l'énergie fournie par le générateur pendant une demi-heure.

④ Calculer le rendement ρ du générateur .

① Calculons l'énergie électrique totale produite par le générateur pendant une demi-heure.

On a : $W_T = E \cdot I \cdot \Delta t$

A.N : $W_T = 12 \times 50 \times 10^{-3} \times 30 \times 60$

On trouve : $W_T = 1,08 \times 10^3 J$

② Calculons l'énergie dissipée par effet joule dans le générateur pendant une demi-heure.

On a : $W_J = r \cdot I^2 \cdot \Delta t$

A.N : $W_J = 40 \times (50 \times 10^{-3})^2 \times 30 \times 60$

On trouve : $W_J = 1,8 \times 10^2 J$

③ Calculons l'énergie fournie par le générateur

pendant une demi-heure.

On a : $W_e = W_T - W_J$

A.N: $W_e = 1,08 \times 10^3 - 1,8 \times 10^2$

On trouve : $W_e = 9 \times 10^2 J$

④ Calculons le rendement ρ du générateur .

On a : $\rho = 1 - \frac{r \cdot I}{E}$

A.N: $\rho = 1 - \frac{40 \times 50 \times 10^{-3}}{12}$

On trouve : $\rho = 83,33 \times 10^{-2} = 83,33\%$

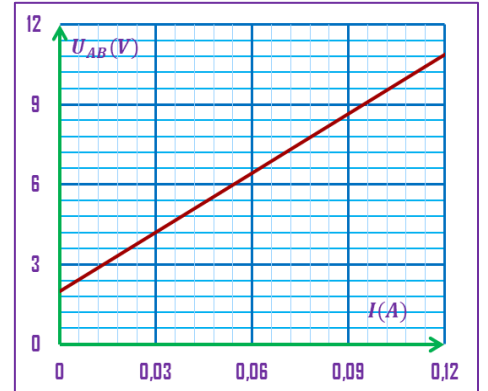
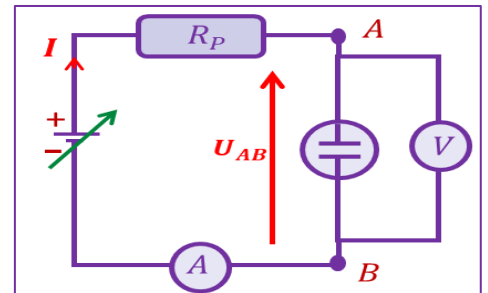
III Distribution de l'énergie au niveau d'un récepteur

① Activité

On réalise le montage électrique de la figure ci-contre qui comporte:

- Un générateur électrique de tension réglable
- Un électrolyseur contenant une solution ionique .
- Un interrupteur K
- Un ampèremètre.
- Un voltmètre.

On fait varier la tension U_{PN} aux bornes du générateur, et à chaque fois en mesure la tension U_{AB} aux bornes de l'électrolyseur et l'intensité du courant I qui traverse le circuit . Les résultats obtenus ont permis de tracer la courbe ci-contre qui représente : $U_{AB} = f(I)$



① Que se passe-t-il dans l'électrolyseur, lors du fonctionnement du circuit?

② Établir l'équation de la caractéristique $U_{AB} = f(I)$ de l'électrolyseur .

③ Exprimer la puissance P_e reçue par l'électrolyseur en fonction de I et r' et E'

④ Exprimer la puissance P_J dissipée par effet joule dans l'électrolyseur en fonction de I et r' .

⑤ La puissance utile P_u de l'électrolyseur est : $P_u = P_e - P_J$. Exprimer P_u en fonction de E' et I .

⑥ Le rendement ρ' de l'électrolyseur est le rapport de la puissance utile par la puissance reçue par l'électrolyseur. Exprimer ρ' en fonction de E' , r' et I .

① Lors du fonctionnement de l'électrolyseur, on constate un dégagement gazeux près de chaque électrode ce qui indique qu'une réaction chimique s'y est produite

② La courbe $U_{AB} = f(I)$ est une fonction affine d'équation : $U_{AB} = r' \cdot I + E'$

E' : représente la force contre

électromotrice de l'électrolyseur (c'est la tension aux bornes de l'électrolyseur lorsque $I = 0$)

D'après la courbe, on trouve: $E' = 2V$

r' : la résistance interne de l'électrolyseur

d'après la courbe on trouve: $r' = 74\Omega$

③ La puissance P_e reçue par l'électrolyseur est: $P_e = U_{AB} \cdot I$ avec: $U_{AB} = E' + r' \cdot I$

Donc : $P_e = E' \cdot I + r' \cdot I^2$

④ La puissance P_J dissipée par effet joule dans l'électrolyseur est: $P_J = r' \cdot I^2$

⑤ La puissance utile P_u de l'électrolyseur est : $P_u = P_e - P_J$

Donc : $P_u = E' \cdot I + r' \cdot I^2 - r' \cdot I^2$

On trouve : $P_u = E' \cdot I$

⑥ Le rendement ρ' de l'électrolyseur

est: $\rho' = \frac{P_u}{P_e}$

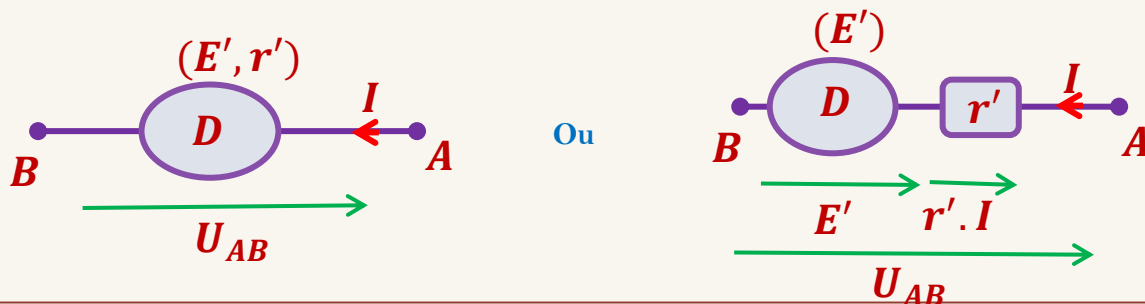
Donc : $\rho' = \frac{E' \cdot I}{E' \cdot I + r' \cdot I^2} = \frac{E'}{E' + r' \cdot I}$

② Loi d'Ohm pour un récepteur linéaire

La tension U_{AB} aux bornes d'un récepteur électrique (moteur électrique ou électrolyseur) parcouru par un courant d'intensité I est définie par relation suivante : $U_{AB} = E' + r' \cdot I$ telle que :

- U_{AB} : la tension du récepteur en (V)
- E' : la force contre électromotrice du récepteur en (V)
- r' : la résistance interne du récepteur en (Ω)
- I : l'intensité du courant circulant dans le récepteur en (A)

On représente le générateur électrique par l'une des deux représentations suivantes :



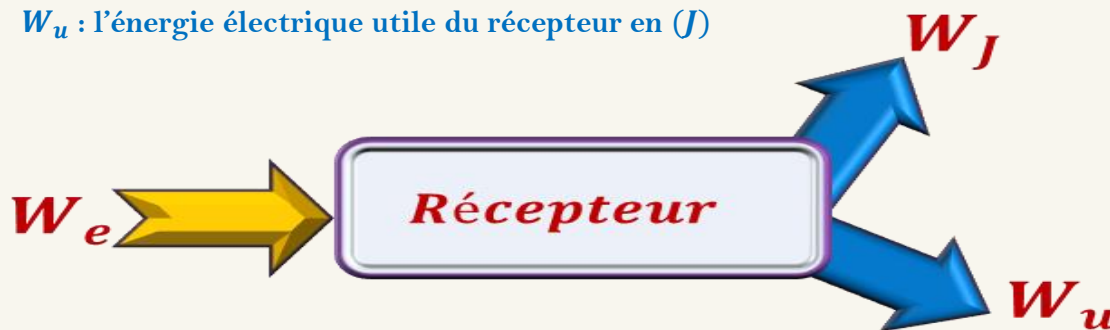
③ Bilan énergétique d'un récepteur linéaire

En régime permanent, l'énergie électrique reçue par un récepteur linéaire pendant une durée Δt est : $W_e = U_{AB} \cdot I \cdot \Delta t$ avec : $U_{AB} = E' + r' \cdot I$

$$\Leftrightarrow W_e = E' \cdot I \cdot \Delta t + r' \cdot I^2 \cdot \Delta t$$

$$\Leftrightarrow W_e = W_u + W_J \text{ avec : } W_u = E' \cdot I \cdot \Delta t \text{ et } W_J = r' \cdot I^2 \cdot \Delta t$$

- W_e : l'énergie électrique reçue par le récepteur en (J)
- W_J : l'énergie électrique dissipée par effet joule dans le récepteur en (J)
- W_u : l'énergie électrique utile du récepteur en (J)



④ Rendement d'un récepteur linéaire

Le rendement d'un récepteur linéaire est égal au rapport de son énergie électrique W_u par

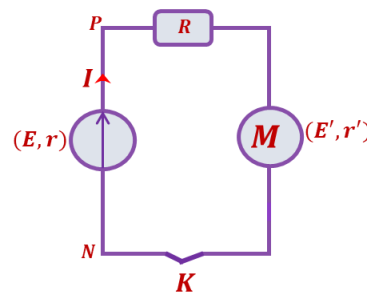
$$\text{l'énergie électrique } W_e \text{ qu'il reçoit : } \rho = \frac{W_u}{W_e} = \frac{E' \cdot I \cdot \Delta t}{(E' + r' \cdot I) \cdot I} = \frac{E'}{E' + r' \cdot I}$$

Le rendement est une grandeur sans unité peut-être exprimée en pourcentage .

⑤ Rendement d'un circuit électrique simple

On considère le montage électrique ci-contre qui comporte :

- Un générateur (E, r) .
- Un moteur électrique (E', r') .
- un conducteur ohmique de résistance R



Le rendement de ce circuit est égal au rapport de l'énergie utile W_u du moteur (énergie

$$\text{mécanique) par l'énergie totale } W_T \text{ du générateur : } \rho_C = \frac{W_u}{W_T} = \frac{W_u}{W_e} \times \frac{W_e}{W_T}$$

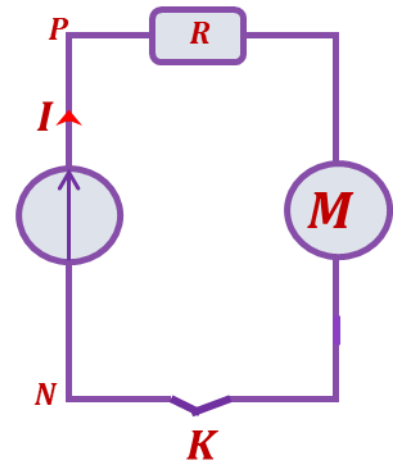
Donc $\rho_C = \rho' \times \rho$ tel que :

- ρ_C : le rendement du circuit .
- ρ' : le rendement du moteur électrique .
- ρ : le rendement du générateur .

❖ Application

Le montage électrique ci-contre comporte un générateur électrique ($E = 28V, r = 40\Omega$), un moteur électrique ($E' = 4V, r' = 30\Omega$) et un conducteur ohmique de résistance $R = 50\Omega$

- ❶ Par application de la loi d'additivité des tensions, calculer l'intensité du courant débitée par le générateur .
- ❷ Calculer puissance totale du générateur .
- ❸ Calculer la puissance électrique fournie par le générateur .
- ❹ Calculer la puissance électrique utile du moteur électrique.
- ❺ Calculer la puissance dissipée par effet joule dans le circuit.
- ❻ Calculer le rendement du moteur et celui du générateur .
- ❼ Déduire le rendement du circuit .



- ❶ Par application de la loi d'additivité des

tensions, on a : $U_{PN} - U_R - U_M = 0$

Donc : $E - r \cdot I - R \cdot I - E' - r' \cdot I = 0$

$$\Leftrightarrow -I(r + r' + R) = -E + E'$$

$$\Leftrightarrow I = \frac{E - E'}{r + r' + R}$$

A.N : $I = \frac{28 - 4}{30 + 40 + 50} = 0,2A$

- ❷ Calculons puissance totale du générateur :

On a : $P_T = E \cdot I$

A.N : $P_T = 28 \times 0,2 = 5,6W$

- ❸ Calculons la puissance électrique fournie par le générateur :

On a : $P_e = (E - r \cdot I) \cdot I$

A.N : $P_e = (28 - 40 \times 0,2) \times 0,2 = 4W$

- ❹ Calculons la puissance électrique utile du moteur électrique:

On a : $P_u = E' I$

A.N : $P_u = 4 \times 0,2 = 0,8W$

- ❺ Calculons la puissance dissipée par effet joule dans le circuit.

On a : $P_T = P_J + P_u$

Donc : $P_J = P_T - P_u$

A.N : $P_J = 5,6 - 0,8 = 4,8W$

- ❻ Calculons le rendement du moteur .

On a $\rho' = \frac{P_u}{P_e}$

A.N : $\rho' = \frac{0,8}{4} = 0,2 = 20\%$

Calculons le rendement du générateur.

On a : $\rho = \frac{P_e}{P_T}$

A.N : $\rho = \frac{4}{5,6} = 71,43 \times 10^{-2} = 71,43\%$

- ❼ Calculer le rendement du circuit .

On a : $\rho_C = \rho \times \rho'$

A.N : $\rho_C = 71,43 \times 10^{-2} \times 0,2$

On trouve : $\rho_C = 14,29 \times 10^{-2} = 14,29\%$

IV Les facteurs influençant l'énergie fournie par un générateur

① Les facteurs influençant l'énergie fournie par un générateur

On considère un générateur (E, r) monté dans un circuit électrique

Résistif de résistance équivalente R_{eq}

D'après la loi d'additivité des tensions on a : $U_{PN} - U_{AB} = 0$

$$\text{Donc : } E - r \cdot I - R_{\text{eq}} \cdot I = 0$$

$$\Leftrightarrow (R_{\text{eq}} + r) \cdot I = E$$

$$\Leftrightarrow I = \frac{E}{R_{\text{eq}} + r}$$

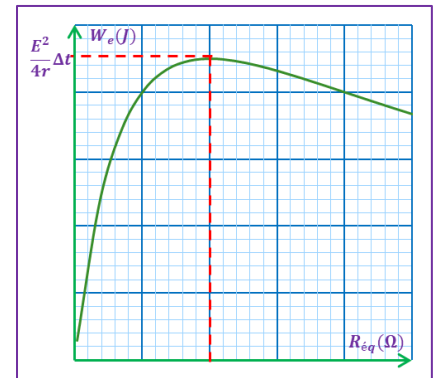
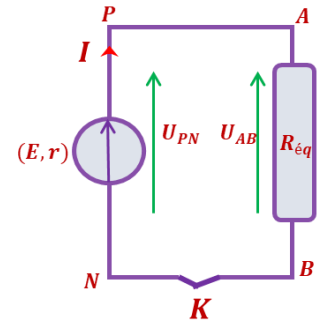
L'énergie fournie par le générateur pendant une durée Δt est : $W_e = W_J$ avec $W_J = R_{\text{eq}} \cdot I^2 \cdot \Delta t$

$$\text{Donc : } W_e = R_{\text{eq}} \cdot I^2 \cdot \Delta t \text{ avec } I = \frac{E}{R_{\text{eq}} + r}$$

$$\text{Alors : } W_e = R_{\text{eq}} \left(\frac{E}{R_{\text{eq}} + r} \right)^2 \cdot \Delta t = \frac{R_{\text{eq}}}{(R_{\text{eq}} + r)^2} E^2 \cdot \Delta t$$

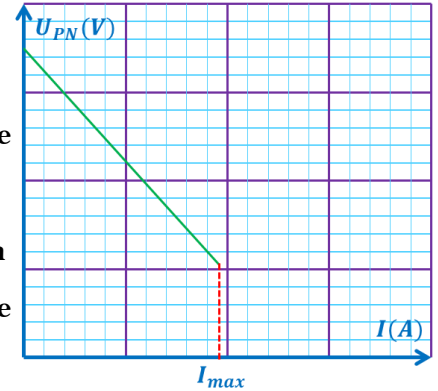
Cette relation montre que :

- L'énergie électrique fournie par un générateur à un circuit résistif pendant une durée Δt est proportionnelle au carré de sa force électromotrice E .
- L'énergie électrique fournie par un générateur à un circuit résistif pendant une durée Δt dépend de la résistance équivalente R_{eq} du circuit.
- L'énergie électrique fournie par un générateur à un circuit résistif pendant une durée Δt prend une valeur maximale lorsque $R_{\text{eq}} = r$ (voir la courbe ci-dessus)
- Si le générateur est idéal ($r = 0$) on aura : $W_e = \frac{E^2 \cdot \Delta t}{R_{\text{eq}}^2}$. Dans ce cas, l'énergie électrique fournie par un générateur à un circuit résistif pendant une durée Δt est inversement proportionnelle au carré de la résistance équivalente R_{eq} du circuit.



② Limite de fonctionnement d'un générateur électrique

- Chaque générateur est caractérisé par une intensité maximale I_{max} (Le courant qui ne doit pas être dépassé pour ne pas endommager le générateur) et par sa puissance maximale $P_{max} = E \cdot I_{max}$
- Pour qu'un générateur se fonctionne correctement dans un circuit électrique, il faut qu'il débite un courant électrique d'intensité I inférieure à la valeur maximale ($I < I_{max}$)



③ Limite de fonctionnement d'un conducteur ohmique

Généralement, le fabricant indique sur le conducteur ohmique la valeur de sa résistance R ainsi que la valeur de la puissance maximale P_{max} que le conducteur peut supporter, tel

que : $P_{max} = R \cdot I_{max}^2 = \frac{U_{max}^2}{R}$

Pour que le conducteur ohmique se fonctionne correctement, il doit être branché dans un circuit électrique dont l'intensité du courant I est inférieure à la valeur maximale I_{max} , tel

que : $I_{max} = \sqrt{\frac{P_{max}}{R}}$

Exercice 1

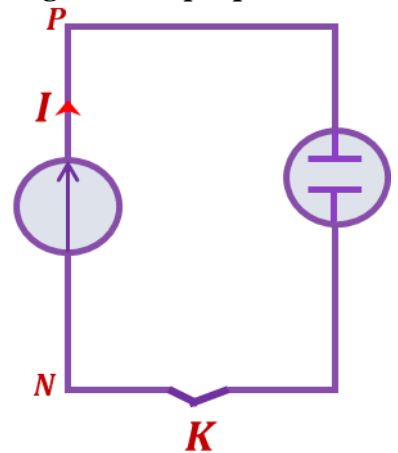
1 Répondre par vrai ou faux

- ☐ La caractéristique $U_{PN} = f(I)$ d'un générateur est une fonction linéaire .
- ☐ La puissance mécanique produite par un moteur électrique est : $P_m = E' \cdot I$
- ☐ La puissance dissipée par effet joule dans un récepteur électrique linéaire est proportionnelle au carré de l'intensité du courant qui le traverse.
- ☐ La puissance électrique fournie par un générateur à un circuit électrique résistif est la même soit les conducteurs ohmiques sont montés en série ou en dérivation.
- ☐ La puissance électrique fournie par un générateur à un circuit augmente en augmentant la résistance du circuit.

Exercice 2

Le montage électrique ci-contre comporte un générateur électrique ($E = 18V, r = 25\Omega$) et un électrolyseur ($E' = 6V, r' = 30\Omega$) . On fait fonctionner ce montage électrique pendant une durée: $\Delta t = 12min$

- 1 Par application de la loi d'additivité des tensions, calculer l'intensité du courant débitée par le générateur .
- 2 Calculer l'énergie électrique totale du générateur .
- 3 Calculer l'énergie dissipée par effet dans le générateur et déduire l'énergie électrique reçue par l'électrolyseur .
- 4 Calculer l'énergie chimique produite par l'électrolyseur.
- 5 Calculer la puissance dissipée par effet joule dans le circuit.
- 6 Calculer l'énergie dissipée par effet joule dans l'électrolyseur.
- 7 Déduire le rendement du circuit .



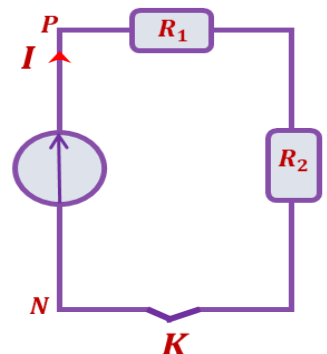
Exercice 3

On considère le circuit électrique ci-contre qui comporte :

- Deux conducteurs ohmiques de résistances $R_1 = 80\Omega$ et $R_2 = 100\Omega$
- Un générateur électrique ($E = 40, r = 20\Omega$)
- Un interrupteur K

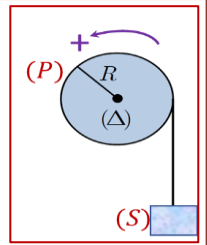
Lorsqu'on ferme l'interrupteur K , le générateur débite un courant d'intensité $I = 200mA$

- 1 Calculer la puissance électrique totale du générateur.
- 2 Calculer la puissance dissipée par effet joule dans le générateur.
- 3 Déduire la puissance dissipée par effet Joule dans les deux conducteurs .
- 4 Calculer la valeur de la résistance R_2



Exercice 4

On soulève un corps solide (S) de masse $m = 25 \text{ Kg}$ à une vitesse constante à l'aide d'un moteur, constitué d'une poulie (P) de rayon $R = 10 \text{ cm}$ susceptible de tourner sans frottement autour d'un axe fixe (Δ) passant par son centre, et enrouler par un fil inextensible et de masse négligeable. (figure 1)



Le corps (S) parcourt la distance $d = 10 \text{ m}$ pendant une durée $\Delta t = 8 \text{ s}$

Le moteur est alimenté par un générateur idéal de force électromotrice : $E = 76 \text{ V}$

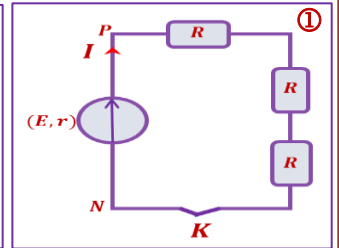
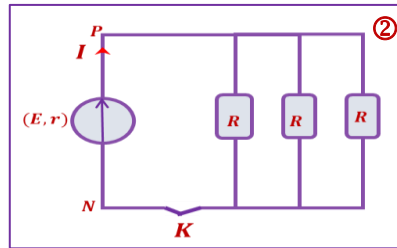
- ① Calculer la vitesse du corps (S) et déduire la vitesse angulaire de la poulie.
- ② Le calculer le poids du corps (S) et déduire l'intensité de la tension du fil.
- ③ Calculer le moment du couple du moteur et déduire sa puissance mécanique P_m .
- ④ Le rendement du moteur est $\rho' = 66\%$ et sa force contre électromotrice est $E' = 25 \text{ V}$
Calculer la puissance reçue par le moteur et l'intensité du courant qui le traverse.
- ⑤ Calculer la puissance totale du générateur et déduire la résistance totale du circuit.

Exercice 5

Pour étudier l'influence de l'association des conducteurs sur la puissance électrique fournie par un générateur, on réalise les deux montages électriques schématisés ci-dessous.

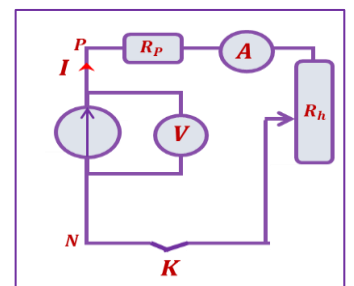
Données: $R = 90 \Omega$, $r = 30 \Omega$, $E = 15 \text{ V}$

- ① Répondre aux questions suivantes pour les deux montages
 - a – Exprimer la résistance équivalente des trois conducteurs en fonction de R .
 - b – Exprimer l'intensité du courant en fonction de R , r et E et calculer sa valeur.
 - c – Trouver l'expression de la puissance électrique fournie par le générateur en fonction de R , r et E et calculer sa valeur.
- ② Comparer la puissance fournie par le générateur pour les deux montages. Déduire

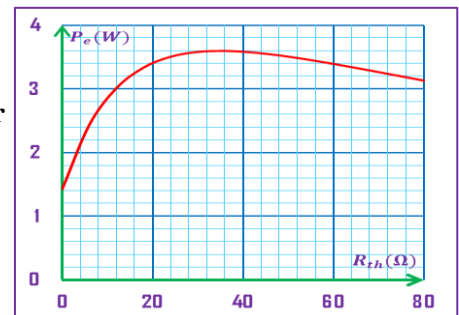


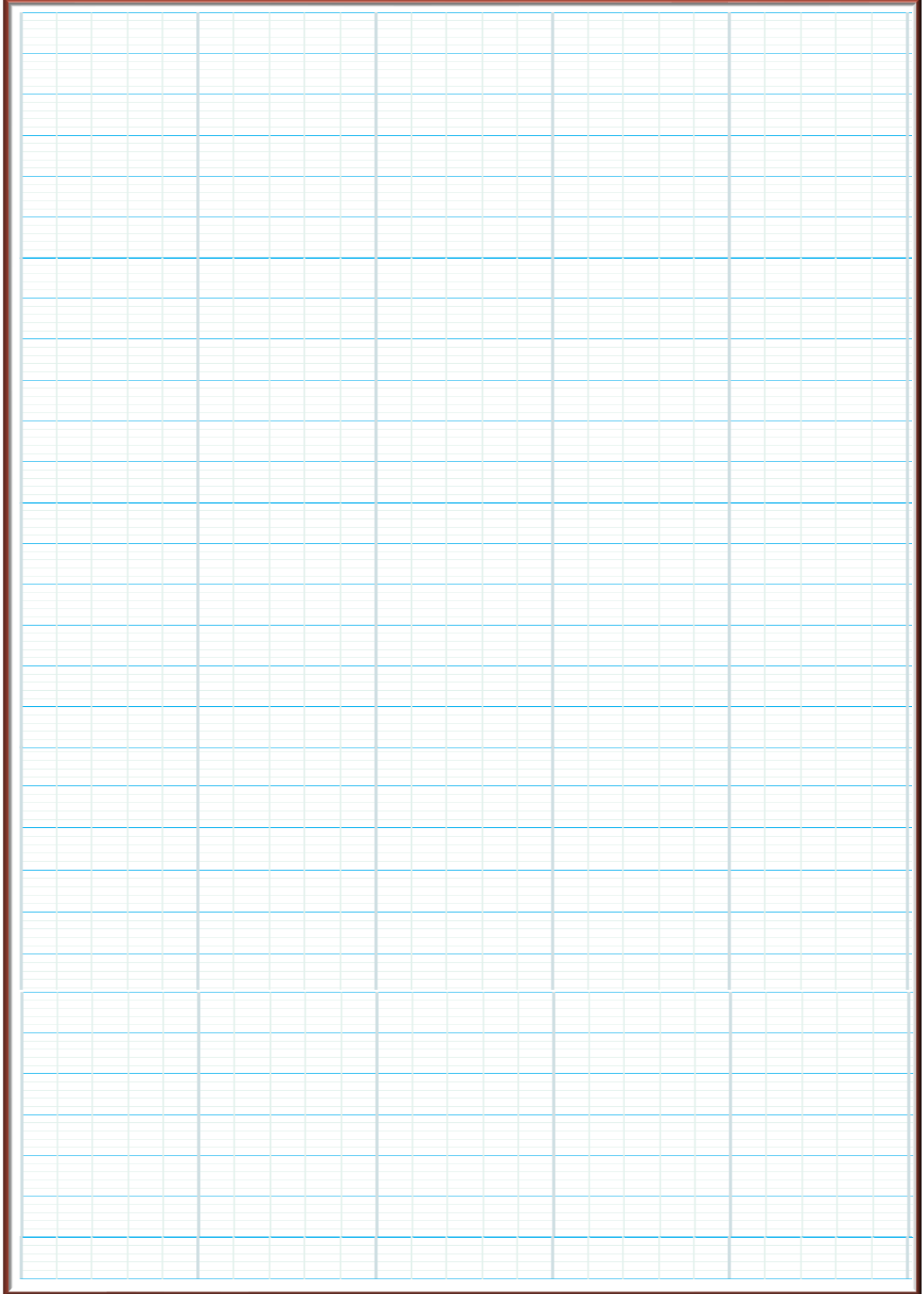
Exercice 6

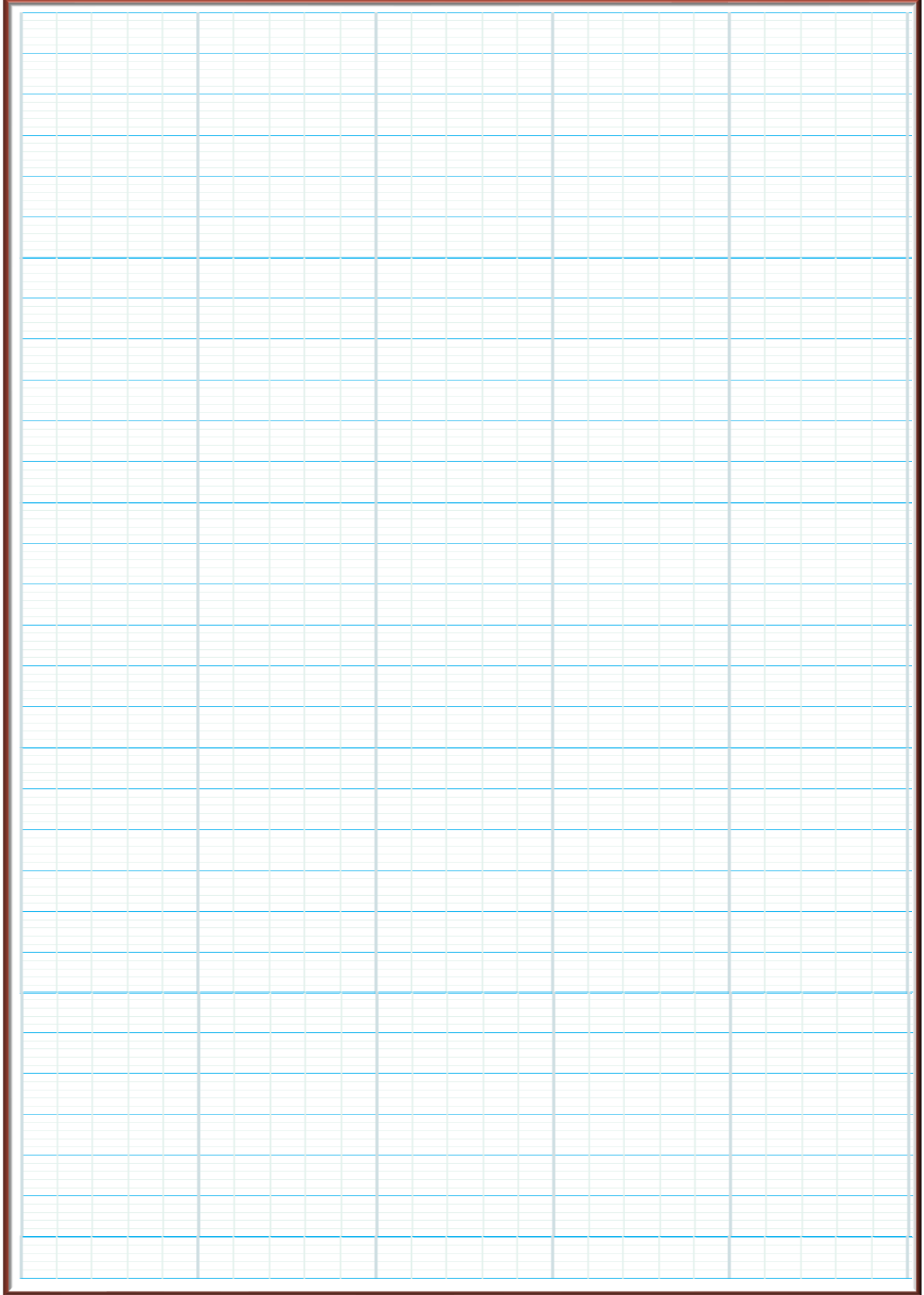
Pour étudier l'influence de la résistance sur la puissance électrique fournie par un générateur, on réalise le montage électrique schématisé ci-dessous. On change la valeur de la résistance du rhéostat et à chaque fois en mesure la tension aux bornes du générateur et celle de l'intensité du courant qui le traverse, l'ensemble des résultats obtenues ont permis de tracer la courbe $P_e = f(R_{th})$ qui représente les variations de la puissance fournie par le générateur en fonction de la résistance du rhéostat.

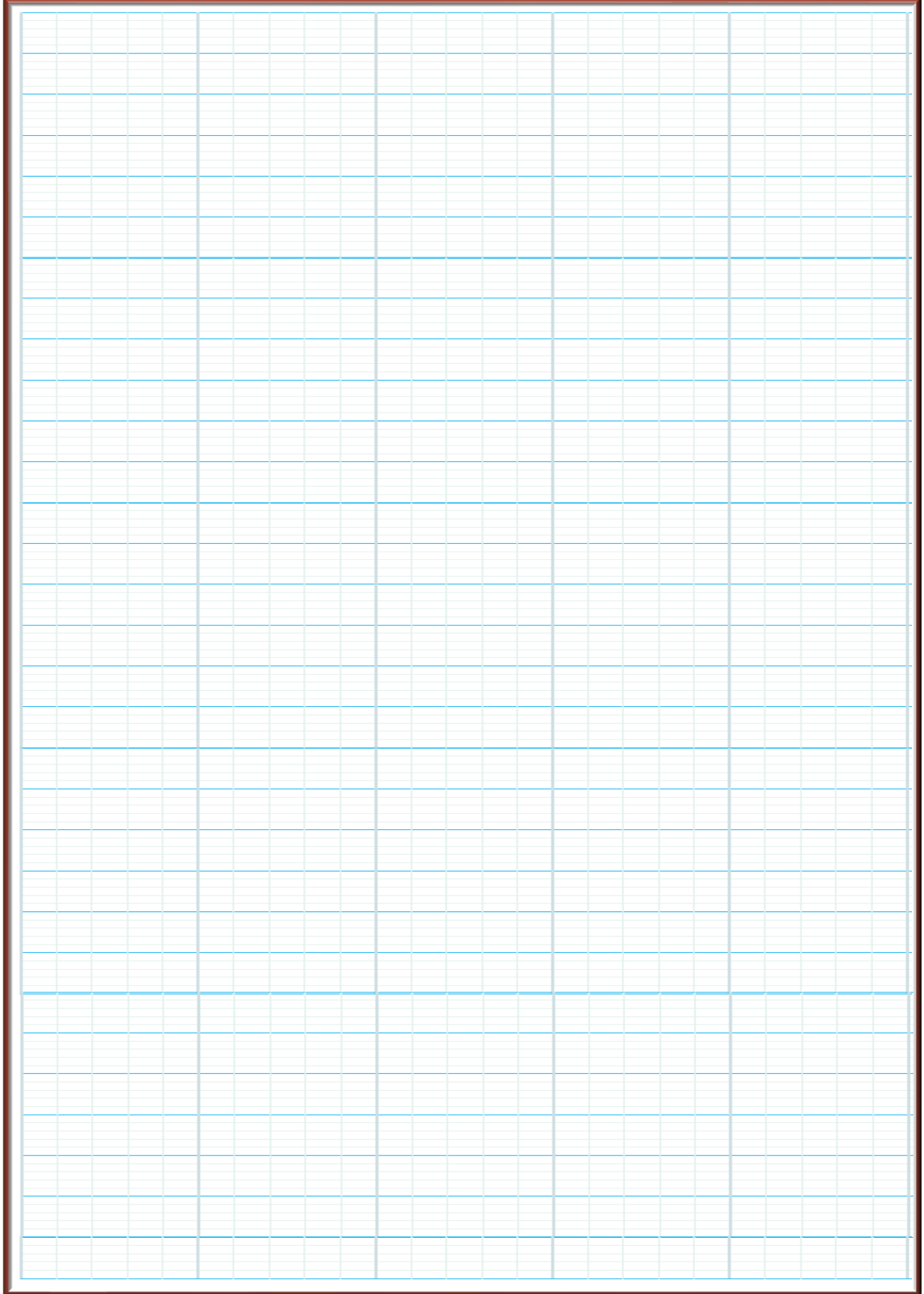


- ① Trouver l'expression de la puissance «électrique fournie par le générateur en fonction de R_{th} , R_p , r et E
- ② En exploitant la courbe $P_e = f(R_{th})$ déterminer :
 - a – La force électromotrice du générateur.
 - b – La résistance interne du générateur.
 - c – La valeur de la résistance R_p









Le champ magnétique



Situation-problème

Depuis l'antiquité, les marins utilisent la boussole pour savoir des directions.



Qu'est-ce qu'une boussole ? et quel est son principe de fonctionnement ?

Objectifs



Définir la boussole et voir l'utiliser pour détecter la présence d'un champ magnétique.



Définir l'aimant et connaître ses pôles.



Mettre en évidence l'existence d'un champ magnétique.



Savoir déterminer les caractéristiques du champ magnétique en un point de l'espace.



Réaliser le spectre magnétique de quelques aimants.



Mettre en évidence l'existence du champ magnétique terrestre.

I Le champ magnétique créé par aimant

① La boussole

- La boussole est une aiguille aimantée mobile pivotant autour d'un axe vertical, elle permet de détecter l'existence d'un champ magnétique et de préciser son sens et sa direction.



Boussole

② L'aimant

❖ Définition

Un aimant est tout corps capable d'attirer le fer, le nickel, le cobalt et certains alliages contenant le fer (l'acier par exemple)

❖ Remarque

On distingue deux types d'aimants:

- Aimant naturel (pierre d'aimant): est l'oxyde de fer naturel ou magnétite de formule chimique Fe_3O_4 et de couleur généralement noire, ayant la propriété d'attirer les métaux ferromagnétiques (le fer , le nickel,...)
- Aimant artificiel: est un alliage constitué principalement de cobalt, de fer et de nickel. Cet alliage conserve des propriétés similaires à celles de l'aimant naturel après avoir été exposé à un champ magnétique intense pendant un certain temps .

❖ Exemples de quelques aimants



Aimant naturel



Barreau aimanté



Aimant en U



Aimant circulaire

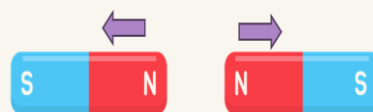
❖ Les deux pôles de l'aimant

Chaque aimant possède deux pôles ; sud (S) et nord (N) qui ne peuvent pas être séparés l'un de l'autre.

- Lorsque nous rapprochons deux pôles similaires, ils se repoussent.
- Lorsque nous rapprochons deux pôles différents, ils s'attirent.



Les deux pôles N et S s'attirent



Les deux pôles N et N se repoussent

II Les sources du champ magnétique

① Activité

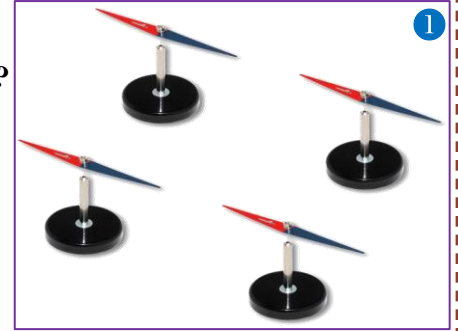
❖ Manipulation 1: mise en évidence le champ magnétique terrestre

On pose des aiguilles aimantées sur une table horizontale de sorte qu'elles soient éloignées les unes des autres. (la figure ①)

① Que remarquez-vous concernant l'orientation des aiguilles ?

② On écarte les aiguilles aimantées de leurs positions d'équilibre puis on les libère. Que remarquez-vous

③ Les aiguilles aimantées sont-elles soumises à un champ magnétique ? Quelle est sa source?



① On remarque que toutes les aiguilles aimantées s'orientent selon la même direction .

② On remarque toutes les aiguilles aimantées reviennent à leurs positions d'équilibre

③ Les aiguilles aimantées sont soumises à un champ magnétique créé par la terre, appelé champ magnétique terrestre

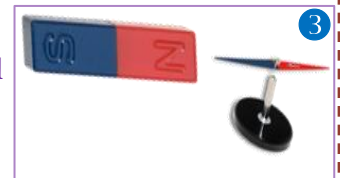
❖ Manipulation 2: mise en évidence le champ magnétique créé par un aimant

④ On rapproche le pôle Sud d'un aimant droit à une aiguille aimantée. (voir la figure ②) Que observez-vous ?

⑤ On retourne l'aimant puis on le rapproche à l'aiguille aimantée. (la figure ③). L'aiguille conserve-t-elle le même sens?

④ Lorsqu'on rapproche le pôle Sud de l'aimant, on constate que l'aiguille s'oriente afin que son pôle Nord se dirige vers le pôle Sud de l'aimant

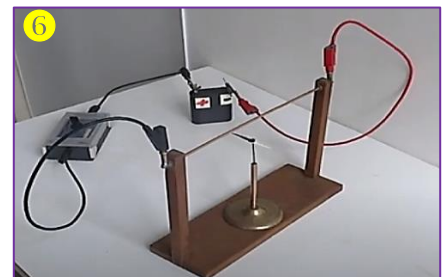
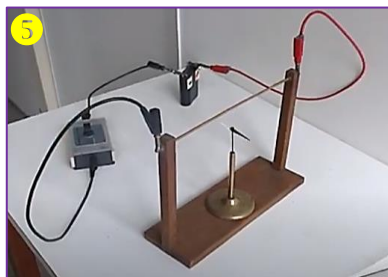
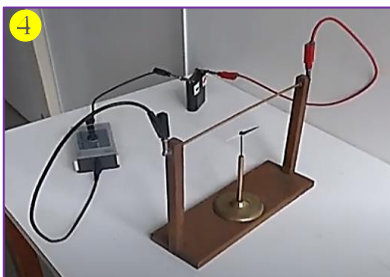
⑤ Lorsqu'on retourne l'aimant, on constate que l'aiguille s'oriente afin que son pôle Sud se dirige vers le pôle Nord de l'aimant.



❖ Manipulation 3: expérience de Oersted

On réalise le circuit électrique schématisé dans la figure ④ et qui comporte un générateur de tension, un interrupteur K et un fil AB de cuivre. On place une aiguille aimantée près du fil AB de sorte qu'elle soit au-dessous de celui-ci.

On ferme l'interrupteur K, donc un courant électrique traverse circuit (voir la figure ⑤).



- ⑥ Qu'arrive-t-il à l'aiguille après la fermeture du circuit?
- ⑦ On inverse le sens du courant électrique traversant le circuit (voire la figure ⑥).
Qu'arrive-t-il à l'aiguille après avoir inversé le sens du courant dans le circuit ?
- ⑧ Que montre cette expérience ?
- ⑥ On constate que l'aiguille aimantée dévie quand on ferme l'interrupteur.
- ⑦ On constate que l'aiguille aimantée dévie dans le sens inverse lorsqu'on change le sens du courant dans le circuit.
- ⑧ La déviation de l'aiguille, détecte la présence d'un champ magnétique par le courant.

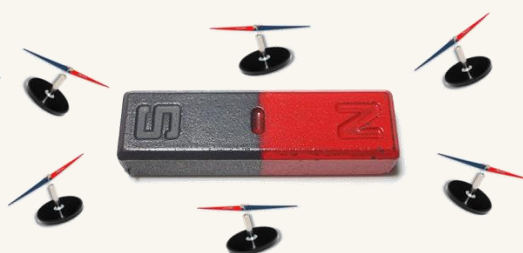
② Conclusion

- L'aimant provoque une modification des propriétés de l'espace qui l'entoure, dans cet espace l'aiguille aimantée est soumise à une force provenant de l'aimant. On dit que l'aimant crée un champ magnétique.
- La terre crée dans l'espace qui l'entoure un champ magnétique appelé champ magnétique terrestre.
- Le passage du courant dans un conducteur électrique crée un champ magnétique dans l'espace entourant ce conducteur.
- L'aiguille aimantée (la boussole) est un détecteur du champ magnétique. Elle possède deux pôles sud et nord

III Vecteur du champ magnétique

① Les caractéristiques du champ magnétique

- Lorsqu'on place des aiguilles aimantées dans l'espace entourant un aimant, on constate que chaque aiguille prend une direction et un sens bien précis.
- Pour décrire le champ magnétique en un point M de l'espace on l'associe un vecteur $\vec{B}(M)$ appelé vecteur champ magnétique.
- Les caractéristiques du vecteur champ magnétique $\vec{B}(M)$ sont:



- L'origine : le point M.
- La direction: la direction d'une aiguille aimantée placée en M.
- Le sens: du pôle Sud S et du pôle Nord N de l'aiguille aimantée placée en M ($\vec{B} = \overrightarrow{SN}$)
- L'intensité : se mesure en teslamètre et s'exprime par Tesla de symbole T.

❖ Application

L'intensité du champ magnétique crée par

l'aimant droit au point A est $B(A) = 0,4T$



A

- ❶ Déterminer la direction d'une aiguille aimantée placée en A.
- ❷ Détermine le sens du vecteur du champ magnétique en A
- ❸ Représenté le vecteur du champ magnétique $\vec{B}(A)$ en utilisant une échelle convenable.
- ❶ La direction de l'aiguille aimantée placée en A est la droite horizontale passant par ce point.
- ❷ Au point A le vecteur du champ magnétique $\vec{B}(A)$ s'oriente de A vers la droite
- ❸ On représente le vecteur du champ magnétique $\vec{B}(A)$ en utilisant une échelle : $1cm \rightarrow 0,2T$

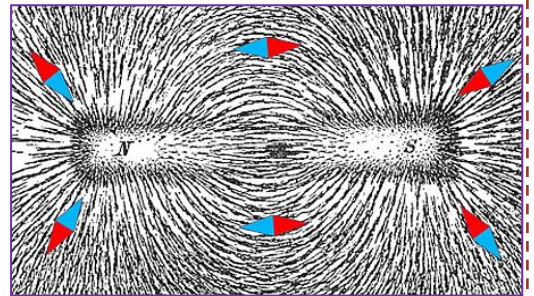


② Spectre magnétique et lignes de champ magnétique

❖ Activité

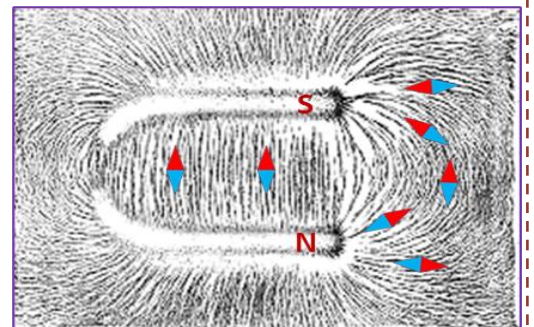
On place plaque transparente sur un aimant droit, puis disperse la limaille de fer sur cette plaque et on la tape légèrement.

On place des aiguilles aimantées dans différentes positions autour de l'aimant. La figure ❶ montre le résultat obtenu.



- ❶ Décrire le résultat obtenu.
- ❷ Comment les lignes de champ magnétique sont-elles orientées ?
- ❶ Lorsqu'on disperse de limaille de fer sur la plaque, les grains de fer sont magnétisés et alignés en formant des lignes du champ magnétiques.
- ❷ Les lignes du champ d'un aimant droit sont des courbes orientées du pôle Nord au pôle Sud de l'aimant.

- ❸ On refait la même expérience, en remplaçant l'aimant droit par un aimant de forme U, la figure montre le résultat obtenu.



a – Lorsqu'on disperse de limaille de fer sur la plaque on constate que:

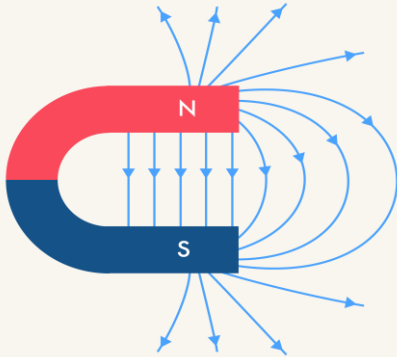
- Les ligne du champ de l'aimant de forme U sont des courbes orientés du pôle Nord au pôle Sud de l'aimant.
- À l'intérieur de l'aimant les lignes du champ sont des droites parallèles

b – À l'intérieur de l'aimant, le champ magnétique est uniforme.

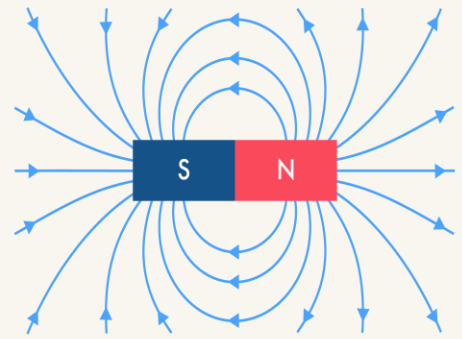
❖ Conclusion

- On appelle ligne de champ, la ligne à laquelle le vecteur champ magnétique est tangent à chacun de ses points .
- Les lignes du champ s'orientent du pôle Nord au pôle Sud de l'aimant.
- L'ensemble des lignes de champ constituent le spectre de champ magnétique
- Le champ magnétique est uniforme dans région de l'espace si le vecteur du champ magnétique conserve la même direction, la même intensité et le même sens.

Spectre magnétique d'un aimant de forme U



Spectre magnétique d'un aimant droit



③ Superposition de champs magnétiques

Le champ magnétique $\vec{B}(M)$ créé en un point M par plusieurs sources magnétique est égal la somme vectorielle des vecteurs du champ magnétique de ces sources $\vec{B}(M) = \sum \vec{B}_i(M)$.

❖ Application

On dispose de deux barreaux aimantés (A) et (B).

L'intensité du champ magnétique créé en un

point M par l'aimant (A) est $B_A = 0,4T$ et celle

créé par l'aimant (B) est $B_B = 0,6T$

① En utilisant l'échelle $1cm \rightarrow 0,2N$,représenter

les vecteurs du champ magnétique $\vec{B}_A(M)$, $\vec{B}_B(M)$

et le vecteur du champ magnétique résultant et $\vec{B}(M)$

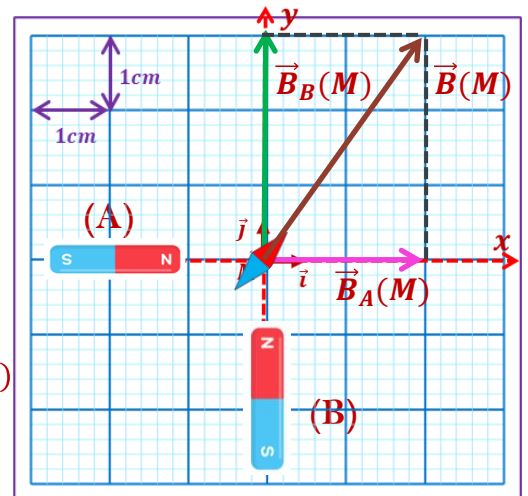
② Calculer l'intensité du champ magnétique en M

① Voir le schéma

② D'après le théorème de Pythagore on a : $B(M)^2 = B(M)_A^2 + B(M)_B^2$

$$\text{Donc : } B(M) = \sqrt{B(M)_A^2 + B(M)_B^2}$$

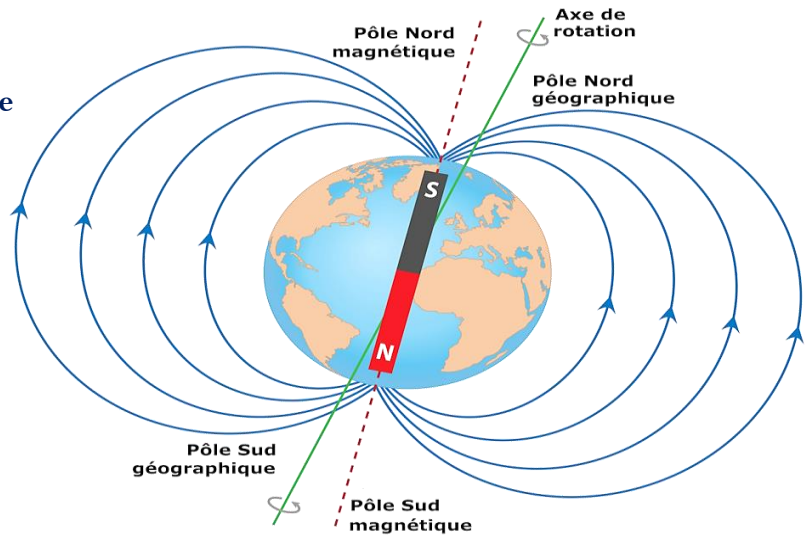
$$\text{A.N : } B(M) = \sqrt{(0,4)^2 + (0,6)^2} = 0,67T$$



④ Le champ magnétique terrestre

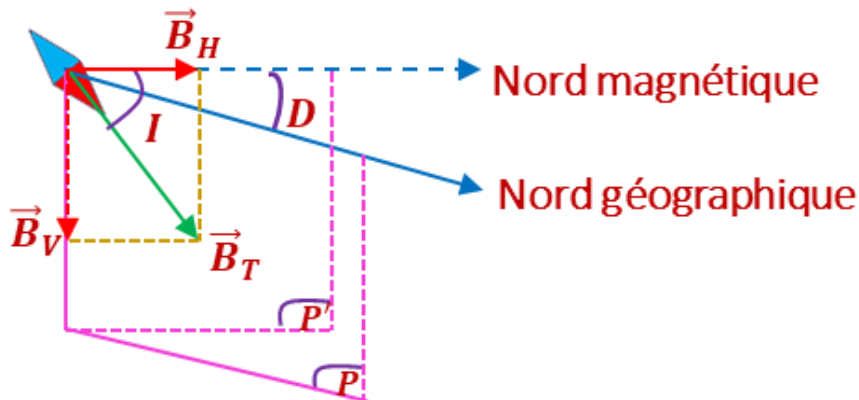
La terre est une source de champ magnétique, elle crée autour d'elle un champ magnétique qu'on appelle champ magnétique terrestre noté : $\vec{B}_T$

Le champ magnétique terrestre peut être considéré comme le champ créé par un aimant droit placé au centre de la Terre.



En un point **M** de la surface de la Terre, le champ magnétique terrestre possède deux composantes :

- Composante horizontale $\vec{B}_H$: Sa direction et son sens sont déterminés par une aiguille de boussole, sa valeur est : $B_H = 5 \times 10^{-5} T$
- Composante verticale $\vec{B}_V$: dirigée vers le centre de la Terre, son sens est centripète dans la moitié nord de la Terre et centrifuge dans la moitié sud de la Terre.



- **D** : Appelé angle de déviation magnétique c'est l'angle entre la ligne méridienne magnétique et la ligne méridienne géographique.
- **I** : Appelé angle de d'inclinaison, c'est l'angle entre le vecteur du champ magnétique terrestre

$\vec{B}_T$ et sa composante tangentielle $\vec{B}_H$ tel que : $\cos(I) = \frac{B_H}{B_T}$.

- **P'** : Est le plan vertical contenant le vecteur du champ $\vec{B}_T$.
- **P** : Est le plan contenant la méridienne géographique.

Exercice 1

① Répondre par vrai ou faux

- ☐ Les lignes du champ s'orientent du pôle sud au pôle nord de l'aimant.
- ☐ Le nord magnétique terrestre est confondu avec le nord géographique terrestre.
- ☐ En absence de toute source magnétique, l'aiguille aimantée s'oriente selon le nord magnétique terrestre.
- ☐ Les pôles d'un aimant peuvent être séparés en le divisant en deux parties égales.

Exercice 2

On mesure l'intensité du champ magnétique en un point **A** situé à proximité d'un aimant droit en trouve la valeur : **$B = 50\text{mT}$**

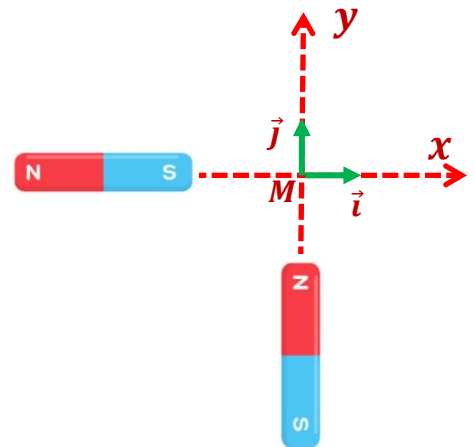


- ① Déterminer les caractéristiques du vecteur champ magnétique au point **A**.
- ② Représenter le vecteur du champ magnétique au point **A**.

Exercice 3

On dispose de deux barreaux aimantés (1) et (2).

L'intensité du champ magnétique créé en un point **M** par l'aimant (1) est **$B_1 = 20\text{mT}$** et celle créé par l'aimant (2) est **$B_2 = 25\text{mT}$**



- ① En utilisant l'échelle **$1\text{cm} \rightarrow 10\text{mT}$** , représenter les vecteurs du champ magnétique **$\vec{B}_1(M)$** , **$\vec{B}_2(M)$** et le vecteur du champ magnétique résultant **$\vec{B}(M)$**
- ② Déduire l'intensité du champ magnétique en **M**.
- ③ Dessiner une aiguille aimantée au point **M**.
- ④ En se basant sur une méthode analytique retrouver l'intensité du champ magnétique au point **M**.

Exercice 4

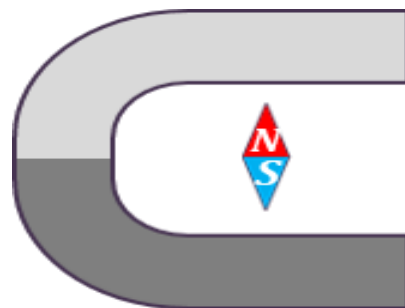
On place une aiguille aimantée en un point **M** de la surface de la Terre caractérisé par un angle d'inclinaison magnétique **$D = 13^\circ$**

- ① Calculer l'intensité du champ magnétique terrestre au point **M**.
- ② Calculer la valeur de la composante verticale du champ magnétique terrestre au point **M**.

On donne : **$B_H = 5 \times 10^{-5}\text{T}$**

Exercice 5

On place une aiguille aimantée en un point O situé entre les pôles (A) et (B) d'un aimant en U (voir la figure ci-contre)



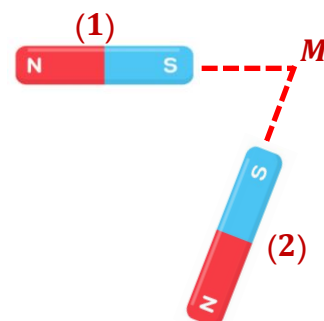
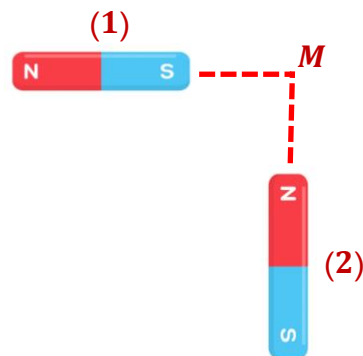
- ① Identifier en justifiant la réponse les deux pôles (A) et (B) de cet aimant.
- ② Représenter le spectre magnétique de cet aimant.
- ③ Quelle propriété possède le vecteur champ magnétique dans l'espace entre les pôles de l'aimant ? Comment appelle-t-on un tel champ magnétique ?

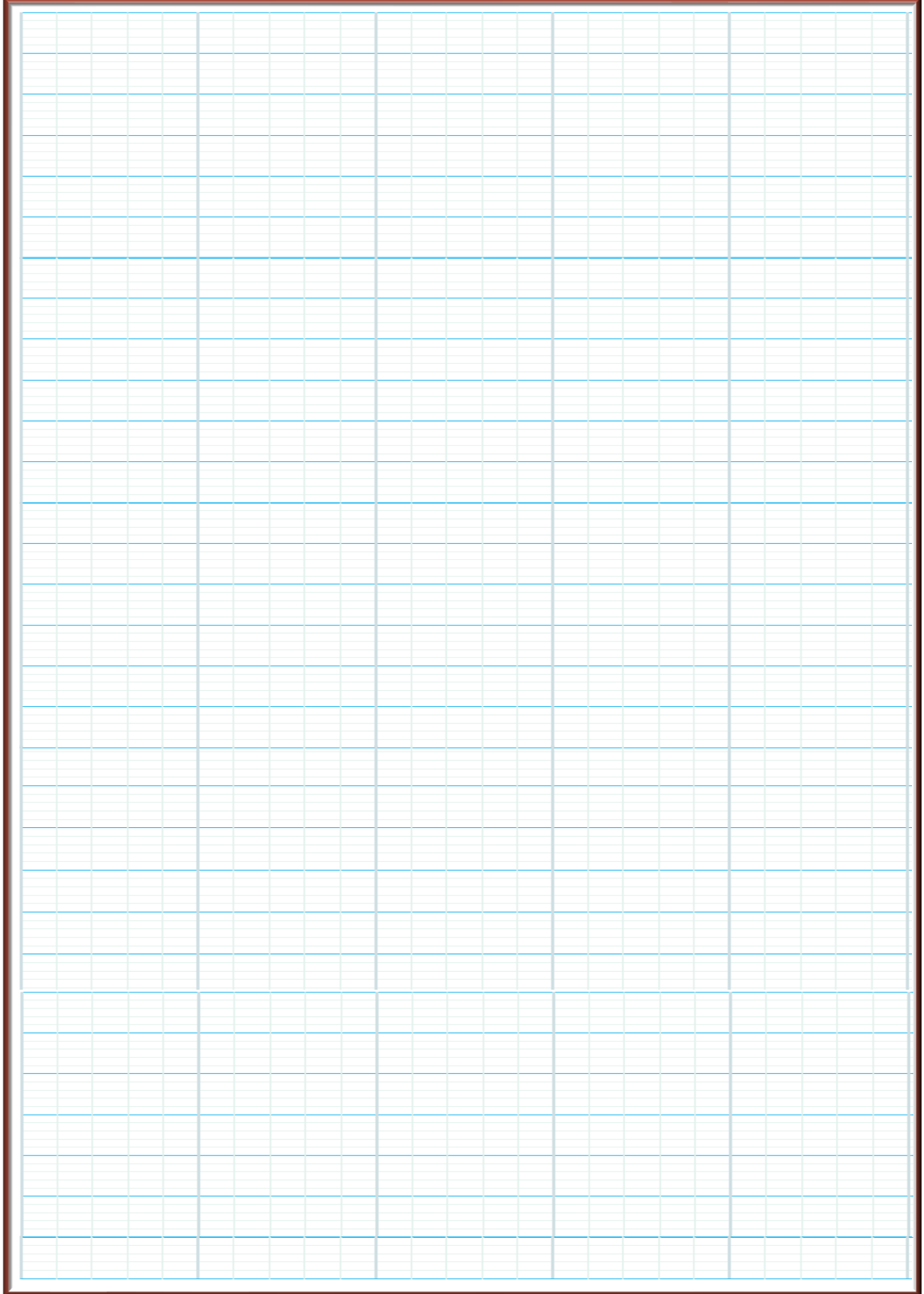
Exercice 6

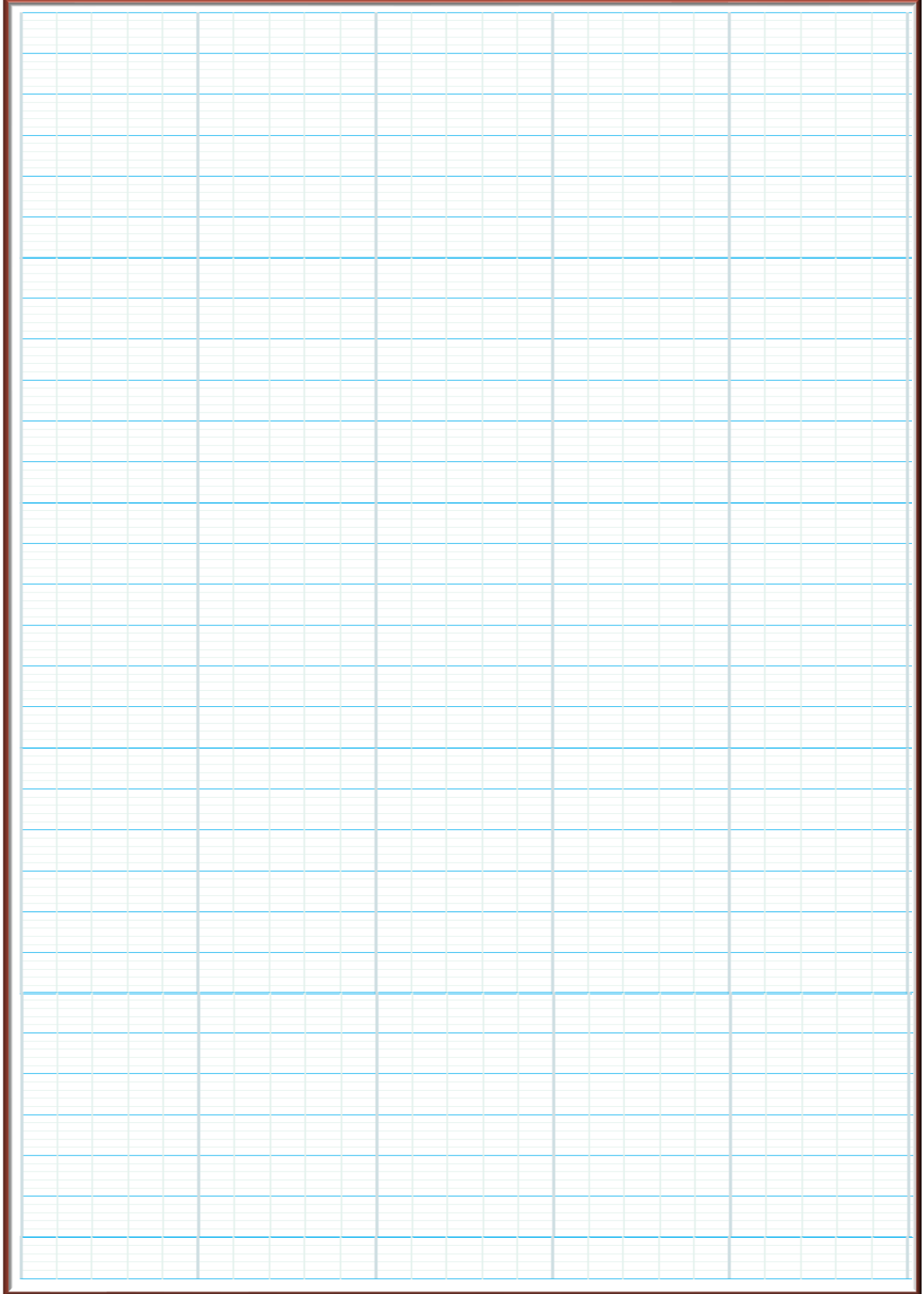
On dispose de deux barreaux aimantés (1) et (2) identiques et situés à la même distance d'un point M . L'intensité commune des deux aimant au point M est $B_1(M) = B_2(M) = 0,2T$

Répondre aux questions suivantes pour chacun des cas suivants.

- ① Représenter le vecteur du champ magnétique $\vec{B}(M)$ au point M .
- ② Déduire l'intensité du champ magnétique en M .
- ③ Dessiner une aiguille aimantée au point M .







Le champ magnétique créé par le courant électrique



Situation-problème

Grâce un conducteur parcouru par un courant électrique, la grue se comporte comme un gros aimant qui attire les morceaux de fer et les sépare de la ferraille.

🔧 Le champ magnétique créé par le courant électrique a-t-il les mêmes propriétés quelle que soit la forme du conducteur ?

Objectifs



Mise en évidence expérimental du spectre magnétique d'un conducteur rectiligne, d'une bobine plate et d'un solénoïde .



Connaître la règle du bonhomme d'ampère et la règle de la main droite et savoir l'exploiter pour déterminer le sens du vecteur du champ magnétique créé par un conducteur parcouru par un courant électrique en un point de l'espace.



Connaître l'expression de l'intensité du champ magnétique créé par un conducteur rectiligne, une bobine plate et un solénoïde.

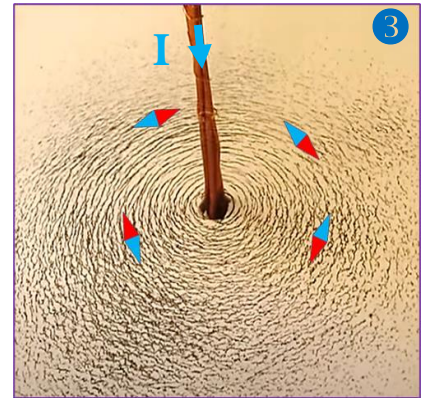
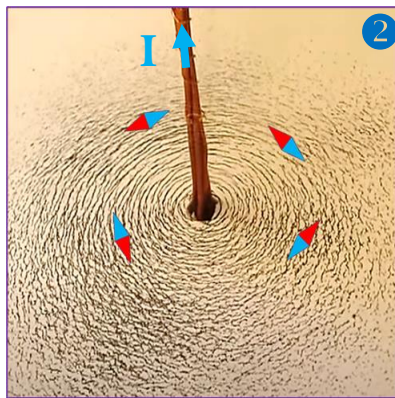
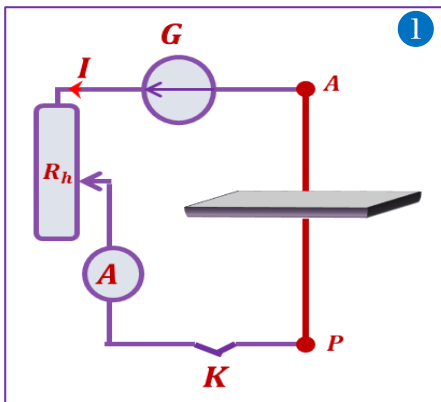
I Champ magnétique créé par conducteur électrique rectiligne

① Mise en évidence expérimental du champ magnétique créé par un conducteur rectiligne

❖ Activité

On réalise le montage électrique de la figure ① qui comporte un générateur électrique, un rhéostat, un interrupteur, un ampèremètre et un conducteur rectiligne **AB** traversant une plaque transparente horizontale.

On disperse la limaille de fer sur la plaque et on ferme l'interrupteur. La figure ② donne le résultat obtenu.



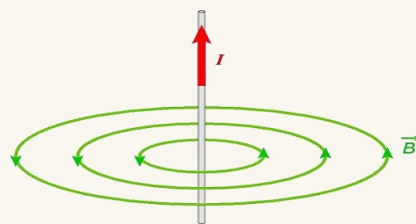
- ① Décrire le phénomène observé .
 - ② Quelle est la nature des lignes du champ d'un conducteur rectiligne ?
 - ③ On inverse le sens de l'intensité du courant traversant le conducteur et obtient la figure ③
Les aiguilles aimantées conservent-elles leurs sens ?
- ① Lorsqu'on ferme l'interrupteur, on constate que les grains de fer s'arrangent selon des cercles centrés sur le conducteur. On déduit que le passage du courant électrique dans le conducteur rectiligne produit un champ magnétique dans l'espace entourant ce conducteur.
 - ② Les lignes du champ d'un conducteur rectiligne sont des cercles centrés sur le conducteur et appartiennent au plan perpendiculaire à celui-ci.
 - ③ Lorsqu'on inverse le sens du courant électrique traversant le conducteur les des aiguilles aimantées changent leurs sens. On déduit que le sens du vecteur du champ magnétique en un point de l'espace entourant le conducteur rectiligne dépend du sens du courant électrique qui le traverse.

❖ Conclusion

- Le passage du courant électrique dans un conducteur rectiligne produit un champ magnétique dans l'espace qui l'entoure.

② Spectre de champ magnétique créé par un conducteur rectiligne

Les lignes de champ magnétique créé par un conducteur rectiligne sont des cercles centrés sur le conducteur et situés dans le plan perpendiculaire à celui-ci.

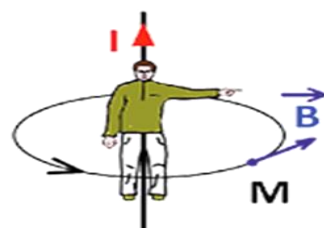


③ Sens de vecteur du champ magnétique créé par un conducteur rectiligne

- Le sens de vecteur du champ magnétique créé par un conducteur rectiligne est lié au sens du courant électrique qui le traverse.
- Le sens du vecteur champ magnétique en un point M de l'espace entourant le conducteur peut être déterminé en utilisant une aiguille aimantée ou par l'une des deux règles suivantes:

❖ Règle du bonhomme d'Ampère

On considère qu'un observateur placé sur le fil, où le courant entrant par ses pieds et sortant par sa tête, lorsque cet observateur regarde le point M, son bras gauche indique le sens de vecteur du champ magnétique à ce point $\vec{B}(M)$



❖ Règle de la main droite

Lorsque les doigts de la main droite sont enroulés autour du conducteur, le pouce indique le sens du courant électrique et le reste des doigts indique la direction et le sens du vecteur de champ magnétique $\vec{B}(M)$.

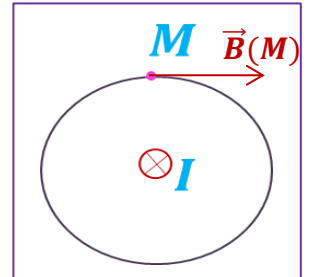
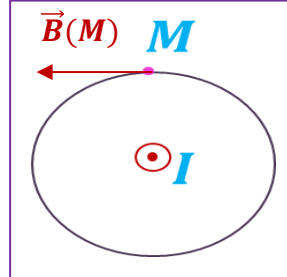
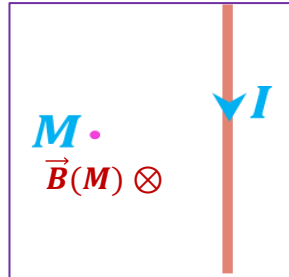
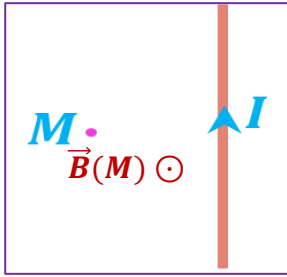


❖ Remarque

- Si le vecteur du champ magnétique est perpendiculaire au plan et dirigé vers l'avant on le représente par le symbole $\vec{B} \odot$
- Si le vecteur du champ magnétique est perpendiculaire au plan et dirigé vers l'arrière on le représente par le symbole $\vec{B} \otimes$

❖ Application

Déterminer le du vecteur de champ magnétique au point M dans chacun des cas suivants



④ l'intensité du champ magnétique créé par un conducteur rectiligne

L'intensité du champ magnétique d'un conducteur rectiligne parcouru par un courant

d'intensité I en un point M est donnée par la relation suivante : $B = \frac{\mu_0}{2\pi r} I$ tel que :

- B : l'intensité du champ magnétique en tesla (T)
- I : l'intensité du courant électrique en ampère (A)
- r : la distance entre le point M et le conducteur en mètre (m)
- μ_0 : la perméabilité magnétique du vide $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} (SI)$

❖ Application

Un conducteur rectiligne parcouru par un courant électrique d'intensité $I = 1,5A$ crée un champ magnétique dans la région de l'espace qui l'entoure.

① Calculer l'intensité du champ magnétique en un point M situé à une distance $d = 2cm$ du conducteur .

② Déterminer le rayon de la ligne du champ où l'intensité du champ magnétique soit $B' = 10\mu T$

① Calculons l'intensité du champ magnétique en un point M

$$\text{On a : } B = \frac{\mu_0}{2\pi d} I$$

$$\text{A.N: } B = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi \times 2 \times 10^{-2}} \times 1,5$$

$$\text{On trouve : } B = 1,5 \times 10^{-5} T$$

② Déterminons le rayon de la ligne du champ où l'intensité du champ magnétique soit:

$$B' = 10\mu T$$

$$\text{On a : } B' = \frac{\mu_0}{2\pi r} I$$

$$\text{Donc : } r = \frac{\mu_0}{2\pi B'} I$$

$$\text{A.N : } r = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi \times 10 \times 10^{-6}} \times 1,5 = 3 \times 10^{-2} m$$

II Champ magnétique créé par une bobine plate

① Définition de la bobine plate

- La bobine est un dipôle constitué d'un enroulement de fil conducteur sur un cylindre de rayon R
- Si la longueur L de la bobine est très faible par rapport son rayon R ($L \ll R$), on l'appelle bobine plate .

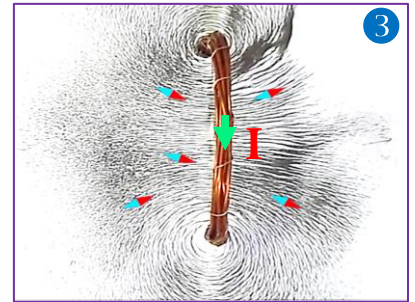
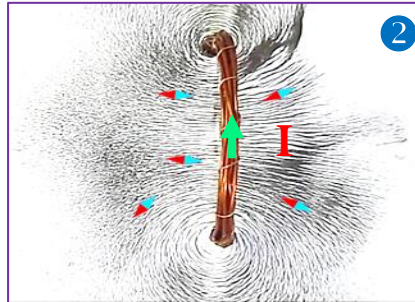
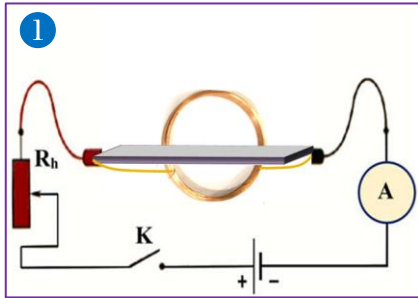


② Mise en évidence expérimental du champ magnétique créé par une bobine plate

❖ Activité

On réalise le montage électrique de la figure ① qui comporte un générateur électrique, un rhéostat, un ampèremètre, un interrupteur et une bobine plate traversant une plaque transparente horizontale.

On disperse la limaille de fer sur la plaque et on ferme l'interrupteur. La figure ② donne le résultat obtenu.



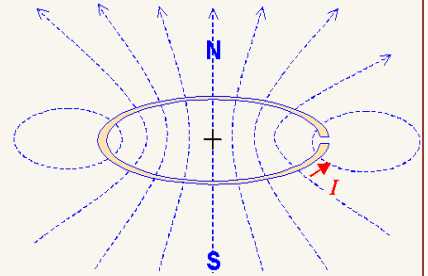
- ① Décrire le phénomène observé .
- ② Indiquer la face nord et la face sud de la bobine .
- ③ On inverse le sens de l'intensité du courant traversant la bobine et obtient la figure ③.
Les aiguilles aimantées conservent-elles leurs sens ?
- ① Lorsqu'on ferme l'interrupteur, on constate que les grains de fer s'arrangent selon des courbes appartenant au plan perpendiculaire à la bobine. On déduit que le passage du courant électrique dans la bobine produit un champ magnétique dans l'espace qui l'entoure.
- ② Les lignes du champ s'orientent du pôle Sud au pôle Nord de l'aiguille aimantée, donc la face gauche de la bobine constitue le pôle Nord de la bobine et sa face droite constitue son pôle Sud.
- ③ Lorsqu'on inverse le sens du courant électrique traversant la bobine, les aiguilles aimantées changent leurs sens. On déduit que le sens du vecteur du champ magnétique en un point de l'espace entourant la bobine dépend du sens du courant électrique qui la traverse.

❖ Conclusion

- Le passage du courant électrique dans bobine plate produit un champ magnétique dans la région de l'espace qui l'entoure.

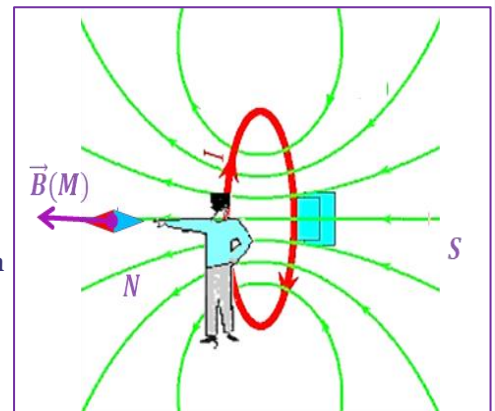
③ Spectre de champ magnétique créé par une bobine plate

Les lignes de champ magnétique d'une bobine plate sont des lignes droites près du centre de la bobine et perpendiculaires à son plan, et se courbent en s'éloignant du centre pour devenir circulaires près des fils conducteurs.



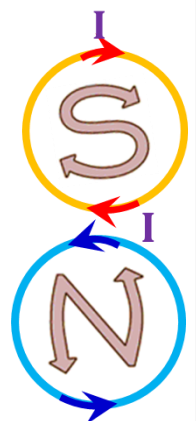
④ Sens de vecteur du champ magnétique créé par une bobine plate

- Le sens de vecteur du champ magnétique créé par une bobine plate est lié au sens du courant électrique qui la traverse.
- Le sens du vecteur champ magnétique en un point M de l'espace entourant la bobine peut être déterminé en utilisant une aiguille aimantée ou par l'une des deux règles notées précédemment.



⑤ Les deux faces d'une bobine plate

- La bobine plate possède deux pôles:
 - Pôle nord : est la face à partir de laquelle les lignes de champ magnétique sortent.
 - Pôle sud : est la face à partir de laquelle les lignes du champ entrent.
- On peut déterminer les pôles de la bobine de la manière suivante :
 - On suit le sens du courant électrique, donc si on dessine la lettre S, il s'agit du pôle Sud de la bobine.
 - On suit le sens du courant électrique, donc si on dessine la lettre N, il s'agit du pôle Nord de la bobine.



⑤ l'intensité du champ magnétique créé par une bobine plate

L'intensité du champ magnétique créé par une bobine plate en son centre est : $B = \frac{\mu_0 N I}{2R}$ tel que :

- B : l'intensité du champ magnétique en tesla (T).
- I : l'intensité du courant électrique en ampère (A).
- R : le rayon de la bobine en mètre (m).
- R : le nombre de spires de la bobine.
- μ_0 : la perméabilité magnétique du vide $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} (SI)$.

III Champ magnétique créé par un solénoïde

① Définition de la bobine plate

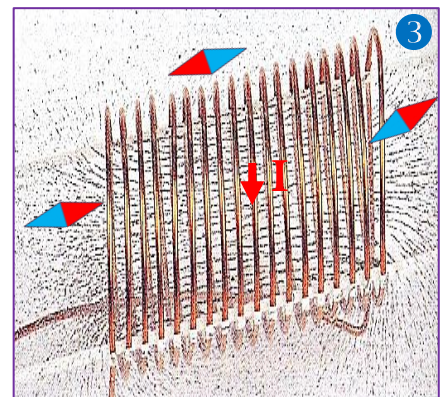
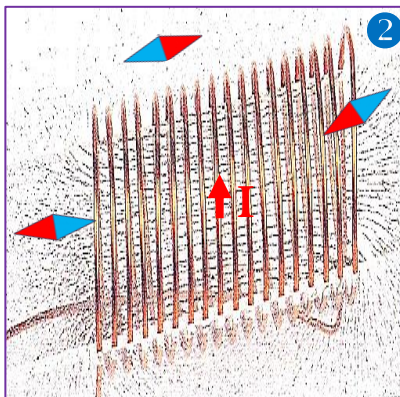
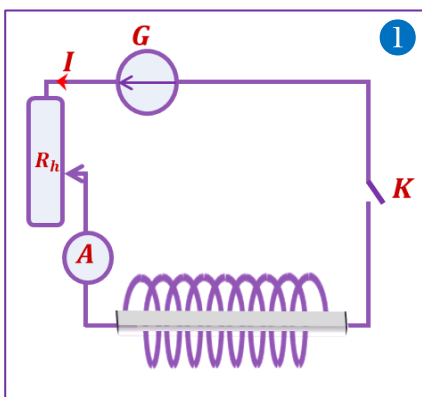
Le solénoïde est bobine dont la longueur est très supérieure au rayon ($L \gg R$)



② Mise en évidence expérimental du champ magnétique créé un solénoïde

❖ Activité

On réalise le montage électrique de la figure ① qui comporte un générateur électrique , un rhéostat, un ampèremètre, un interrupteur et un solénoïde traversant une plaque transparente horizontale. On disperse la limaille de fer sur la plaque et on ferme l'interrupteur. La figure ② donne le résultat obtenu.



- ① Décrire le spectre du champ magnétique créé par le solénoïde.
- ② Indiquer la face nord et la face sud du solénoïde.
- ③ On inverse le sens de l'intensité du courant traversant le solénoïde et obtient la figure ③ .
Comparer les orientations des aiguilles aimantées de cette figure avec les orientations de celles de la figure ② et déduire?

❶ Cette expérience montre :

- À l'intérieur du solénoïde les lignes du champ sont des droites parallèles.
- À l'extérieur du solénoïde les lignes du champ sont similaires à celles de l'aimant droit.

❷ Les lignes du champ s'orientent du pôle Sud au pôle Nord de l'aiguille aimantée, donc la face gauche du solénoïde constitue le pôle Nord du solénoïde et sa face droite constitue son pôle Sud.

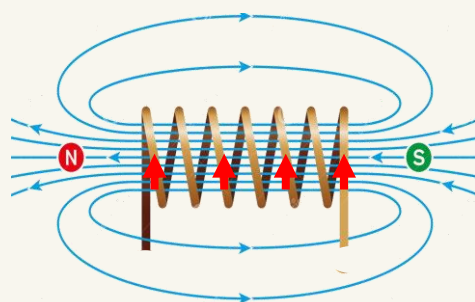
❸ Lorsqu'on inverse le sens du courant électrique traversant le solénoïde, les aiguilles aimantées changent leurs sens. On déduit que le sens du vecteur du champ magnétique en un point de l'espace entourant le solénoïde dépend du sens du courant qui le traverse.

❖ Conclusion

- Le passage du courant électrique dans un solénoïde produit un champ magnétique dans la région de l'espace qui l'entoure.

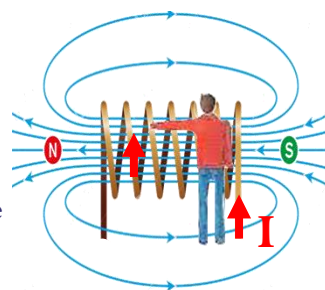
❸ Spectre de champ magnétique créé par un solénoïde

- À l'intérieur du solénoïde les lignes du champ sont des droites parallèles.
- À l'extérieur du solénoïde les lignes du champ sont similaires à celles de l'aimant droit.



❹ Sens du vecteur du champ magnétique créé par un solénoïde

- Le sens du vecteur du champ magnétique créé par un solénoïde est lié au sens du courant électrique qui le traverse.
- Le sens du vecteur champ magnétique en un point M de l'espace entourant le solénoïde peut être déterminé en utilisant une aiguille aimantée ou par l'une des deux méthodes notées précédemment.



⑤ L'intensité du champ magnétique créé par un solénoïde

L'intensité du champ magnétique à l'intérieur d'un solénoïde parcouru par un courant

électrique d'intensité I est : $B = \mu_0 \cdot n \cdot I = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{L}$ tel que :

- B : l'intensité du champ magnétique en tesla (T).
- I : l'intensité du courant électrique en ampère (A).
- n : le nombre de spires par unité de longueur en (m^{-1})
- L : la longueur du solénoïde en mètre (m).
- N : le nombre de spires de la bobine.
- μ_0 : la perméabilité magnétique du vide $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} (SI)$.

❖ Application

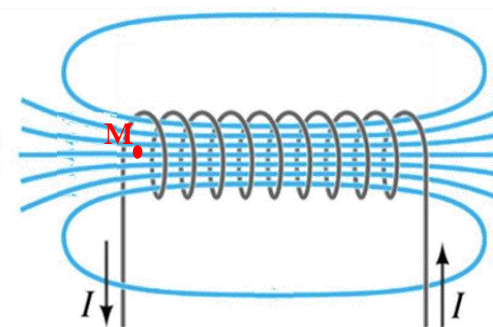
Un solénoïde de longueur $L = 20cm$ et de nombre de spires $N = 600$ est parcouru par un courant électrique d'intensité $I = 3,5A$

- ① Indiquer les deux pôles du solénoïde.
- ② Orienter les lignes du champ du solénoïde.
- ③ Calculer l'intensité du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde.
- ④ Tracer le vecteur du champ magnétique au point M

- ① La face gauche est le pôle Nord du solénoïde et la face droite est son Sud.
- ② Les lignes du champ du solénoïde s'orientent du pôle Nord vers le pôle Sud à l'extérieur du solénoïde .

③ On a : $B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{L}$

$$A.N : B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 600 \times 3,5}{20 \times 10^{-2}} = 1,32 \times 10^{-1} T$$



- ④ On représente le vecteur du champ magnétique au point M par l'échelle : $1cm \rightarrow 1,34 \times 10^{-1} T$

Exercice 1

① Répondre par vrai ou faux

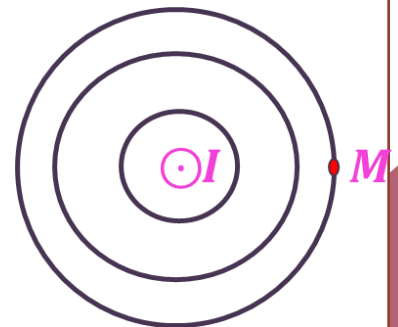
- ☐ Le champ magnétique créé à l'intérieur du solénoïde est uniforme si l'intensité du courant qui le traverse est constante.
- ☐ Le sens du champ magnétique créé par le courant électrique est indépendant du sens du courant électrique.
- ☐ L'intensité du champ magnétique créé par un conducteur rectiligne est la même en tout point de la ligne du champ.
- ☐ L'intensité du champ magnétique créé par un conducteur rectiligne augmente en s'éloignant de celui-ci.

Exercice 2

Un conducteur rectiligne est parcouru par un courant électrique d'intensité $I = 5A$.

- ① Orienter les lignes du champ de ce conducteur .
- ② Calculer l'intensité du champ magnétique en un point M situé à une distance $r = 5cm$ du conducteur.
- ③ Dessiner une aiguille aimantée au point M .
- ④ Tracer le vecteur du champ magnétique au point M .

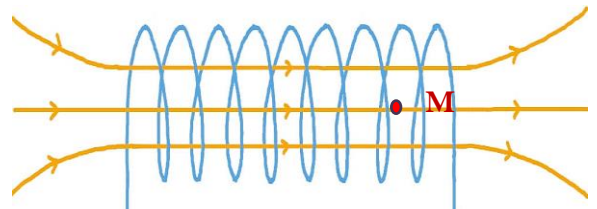
On donne : la perméabilité du vide $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}(SI)$



Exercice 3

Un solénoïde de longueur $L = 18cm$ et de nombre de spires $N = 1000$ est parcouru par un courant électrique d'intensité I . Voir la figure ci-contre

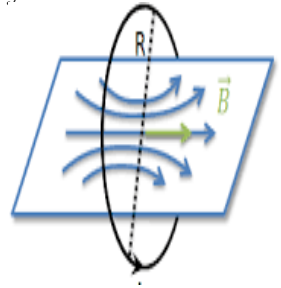
- ① Indiquer les deux pôles du solénoïde.
- ② Indiquer le sens du courant traversant le solénoïde .
- ③ L'intensité du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde est : $B = 6,54 \times 10^{-4} T$. Calculer l'intensité du courant qui le traverse .
- ④ Tracer le vecteur du champ magnétique au point M
- ⑤ Dessiner une aiguille aimantée au point M .



On donne : la perméabilité du vide $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}(SI)$

Exercice 4

La figure ci-dessous représente le spectre magnétique d'une bobine de rayon $R = 8\text{cm}$ et de nombre de spires $N = 100$ parcourue par un courant électrique d'intensité $I = 1,8\text{A}$.



- ① Identifier en justifiant la réponse les deux faces de cette bobine.
- ② Calculer l'intensité du champ magnétique au centre de cette bobine.

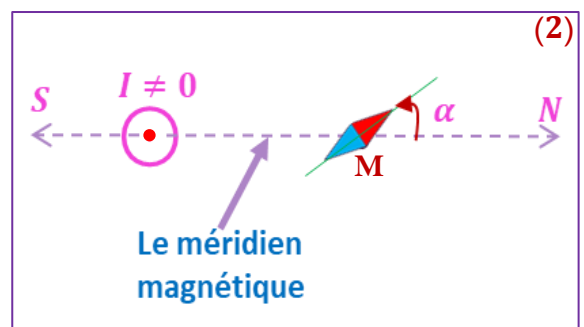
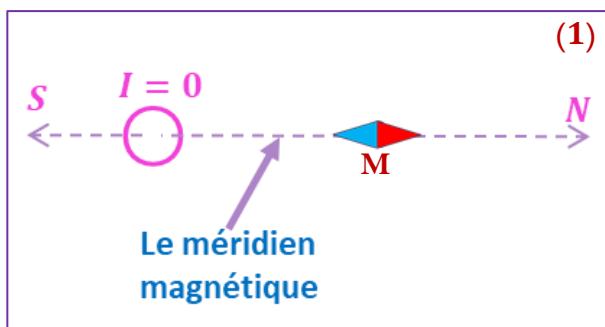
On donne : la perméabilité du vide $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}(\text{SI})$

Exercice 5

On place une aiguille aimantée en un point M situé d'une distance $d = 10\text{cm}$ d'un conducteur rectiligne. lorsque l'intensité du courant est nulle, l'aiguille s'oriente selon le nord magnétique terrestre (voire la figure ①).

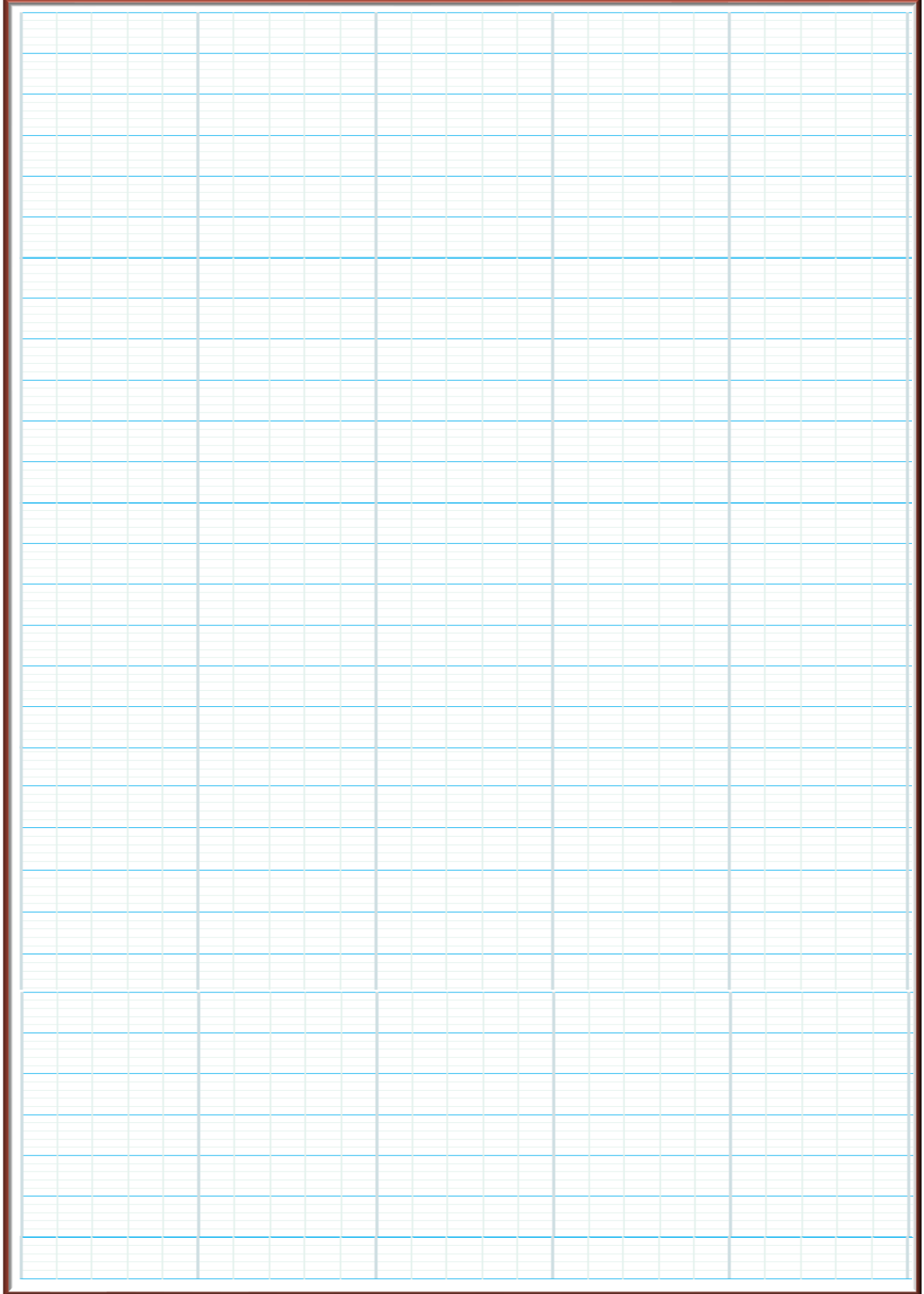
Lorsqu'on fait circuler un courant électrique d'intensité I dans le conducteur rectiligne, l'aiguille tourne d'un angle $\alpha = 36^\circ$ par sa position initiale (voire la figure ②).

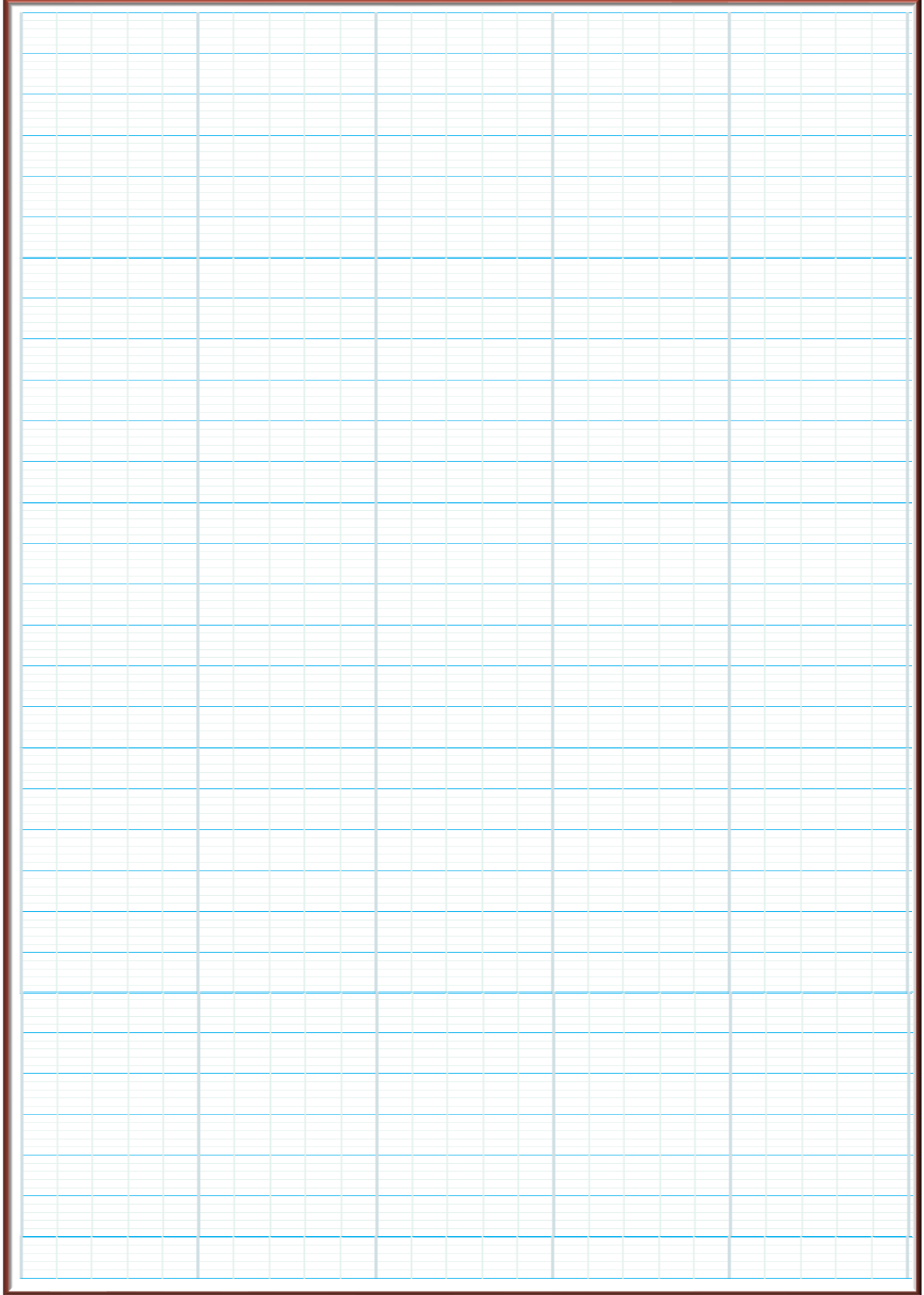
Répondre aux questions suivantes pour chacun des cas suivants.

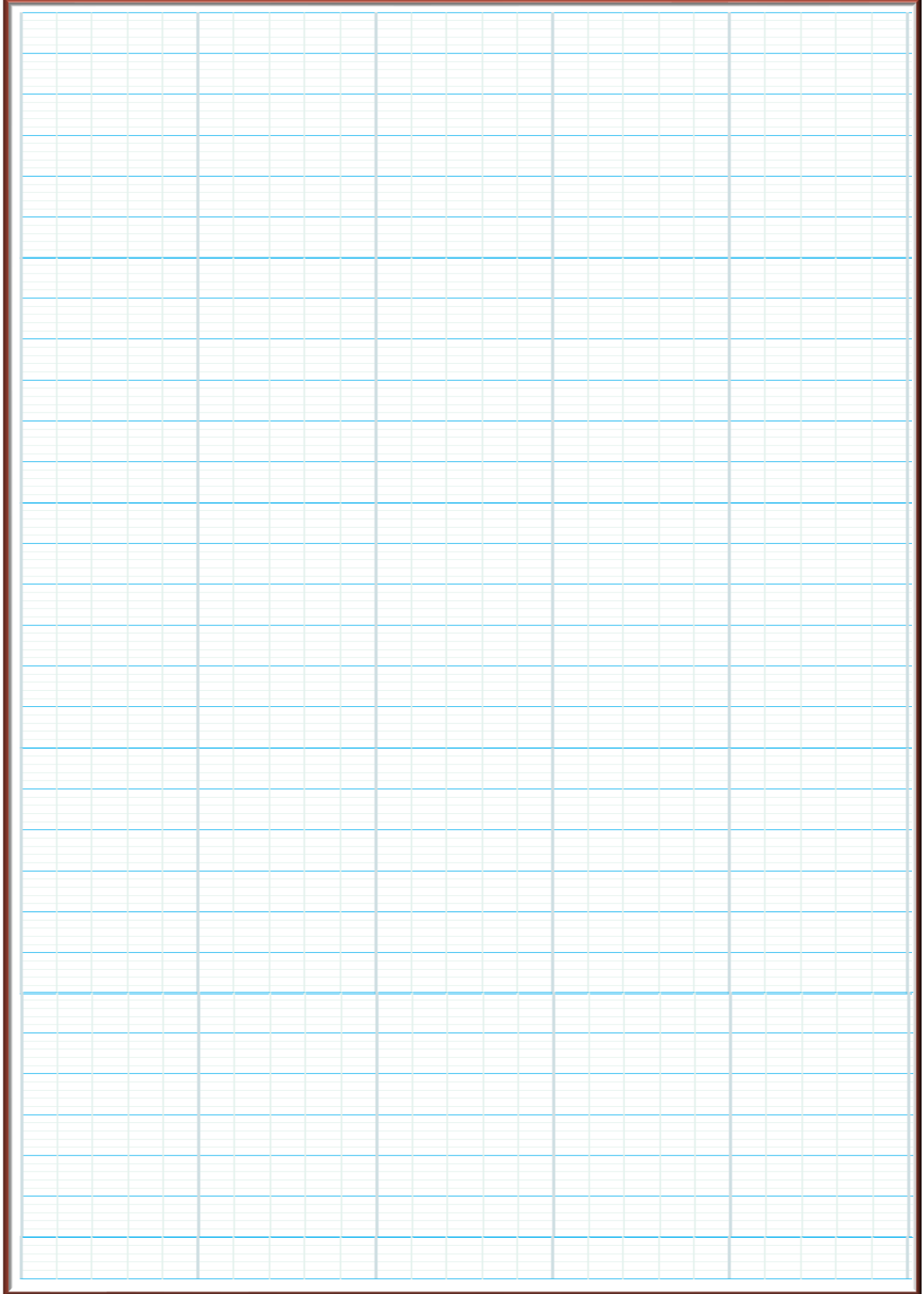


- ① Calculer l'intensité du champ magnétique crée au point M
- ② Représenter les vecteurs du champ magnétique au point M .
- ③ Calculer l'intensité du courant qui traverse le conducteur.

On donne La perméabilité du vide $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}(\text{SI})$
La composante horizontale du champ magnétique terrestre $B_H = 5 \times 10^{-5}\text{T}$









Situation-problème

Le principe de fonction du haut-parleur électrodynamique est basé sur une force appelée force de Laplace.



Quel est l'origine de la force de Laplace? Et quelles sont ses caractéristiques ?

Objectifs

-  Connaître la force de Laplace et ses caractéristiques.
-  Savoir appliquer la loi de Laplace.
-  Connaître le principe de fonctionnement du haut-parleur électrodynamique.
-  Connaître le principe de fonctionnement du moteur à courant continu.

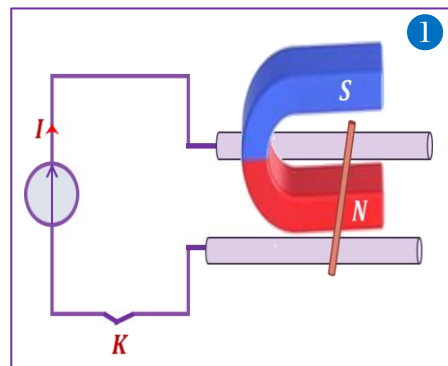
I Force de Laplace

① Mise en évidence de la force de Laplace

❖ Activité

On réalise le montage électrique de la figure ① qui comporte un barreau métallique posé sur deux rails liés à un générateur électrique.

Le barreau métallique est plongé dans un champ magnétique créé par un aimant en U



- ① Qu'observez-vous après avoir fermé le circuit électrique ?
- ② On inverse le sens de l'intensité du courant traversant le circuit. Le barreau change-t-il le sens de son mouvement ?
- ③ On inverse le sens du vecteur du champ magnétique. Le barreau change-t-il le sens de son mouvement ?
- ④ Que montre cette expérience?
- ① Lorsqu'on ferme le circuit, on constate que le barreau métallique se déplace vers la gauche.
- ② Lorsqu'on inverse le sens du courant électrique le circuit, on constate que le barreau change le sens du mouvement (se déplace vers la droite).
- ③ Lorsqu'on inverse le sens du vecteur du champ magnétique, on constate que le barreau change le sens du mouvement.
- ④ Cette expérience montre que le barreau métallique soumis à une force dans le champ magnétique lorsqu'il est parcouru par un courant électrique. Cette force est appelée force de Laplace.

❖ Conclusion

Lorsqu'une partie d'un conducteur rectiligne de longueur ℓ se trouve dans un champ magnétique $\vec{B}$ et parcourue par un courant électrique d'intensité I , elle subit à une force magnétique appelée force de Laplace: $\vec{F} = I\vec{\ell} \wedge \vec{B}$

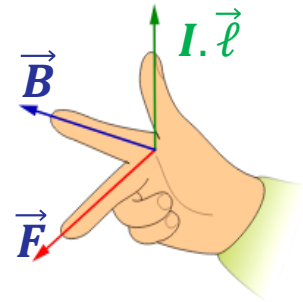
② Les caractéristiques de la force de Laplace

Les caractéristiques de la force de Laplace sont :

- **Le point d'application** : milieu de la portion du conducteur qui se trouve dans le champ magnétique.
- **La direction** : perpendiculaire au plan déterminé par le conducteur et le vecteur du champ magnétique.

- **Le sens:** déterminé par la règle des trois doigts de la main droite

- Le pouce indique le sens de $I \cdot \vec{\ell}$
- L'index indique le sens de $\vec{B}$
- Le majeur indique le sens de $\vec{F}$



- **L'intensité :** $F = B \cdot I \cdot \ell |\sin(\alpha)|$.

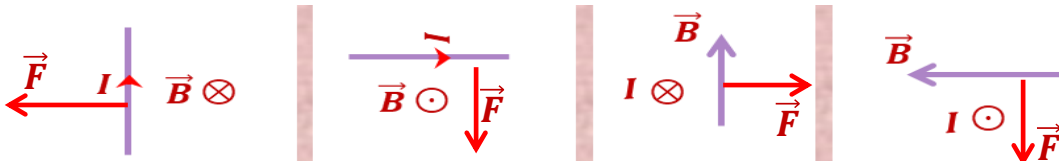
- I : l'intensité du courant en (A)
- V : la longueur de la partie du fil qui se trouve dans le champ magnétique en (m)
- B : l'intensité du champ magnétique en (T)
- α : l'angle entre $I \cdot \vec{\ell}$ et $\vec{B}$

❖ Remarque

- Le vecteur de déplacement $\vec{\ell}$ s'oriente selon le sens du courant électrique.
- Si le vecteur du champ magnétique $\vec{B}$ est perpendiculaire au vecteur du déplacement $\vec{\ell}$, l'intensité de la force de Laplace est: $F = B \cdot I \cdot \ell$

❖ Application

Déterminer le sens de la force de Laplace dans chacun des cas suivants:

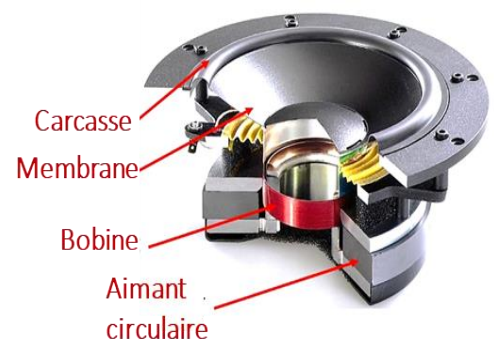


II Quelques applications de la force de Laplace

① Le haut-parleur

- Les principaux composants d'un haut-parleur sont:

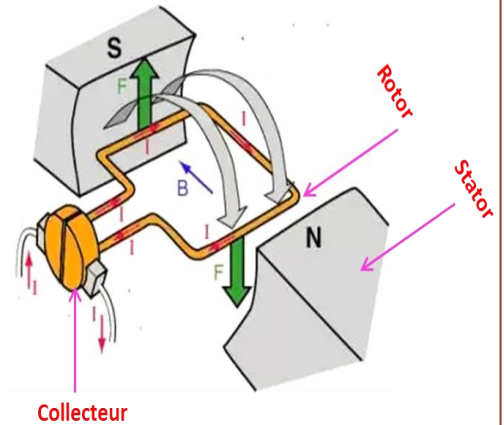
- Un aimant circulaire qui crée un champ magnétique radial.
- Une bobine en cuivre pouvant tourner autour du pôle Nord de l'aimant.
- Une membrane liée à la bobine.



- Lorsqu'un courant électrique d'intensité I traverse la bobine, chacune de ses spires est soumise à la force de Laplace qui la met en mouvement ce qui provoque le mouvement de membrane qui agit sur la couche d'air qui l'entoure et elle produit un son qui a la même fréquence que celle du courant électrique.

② Le moteur électrique à courant continu

- Le moteur est une machine qui converti l'énergie électrique en énergie mécanique à courant continu, il est constitué de deux parties principales:
 - Le stator: c'est un aimant fixe qui crée un champ magnétique autour de lui.
 - Le rotor : c'est la partie mobile, elle a une forme cylindrique, c'est une association de spires mobiles autour d'un axe.
- Le courant circule dans la spire mais dans deux sens opposés de chaque côté de la spire. Ainsi par interaction avec le champ magnétique crée par le stator ,il se crée deux forces de Laplace qui tendent toutes deux à faire tourner la spire dans le même sens (création d'un couple).
- Pour que la spire puisse effectuer un tour complet, il faut inverser le courant dans la spire à chaque demi-tour. Cette inversion est réalisée par le collecteur.



III Le couplage électromécanique

① Définition

On dit qu'une machine réalise un couplage électromécanique si elle permet la conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique ou l'inverse .

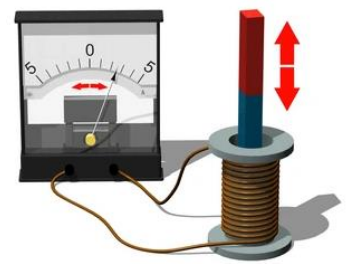
② Conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique

Les moteurs électriques et les haut- parleurs transforment l'énergie électrique qu'ils reçoivent en énergie mécanique grâce à la force de Laplace.



③ Conversion de l'énergie énergie mécanique en électrique

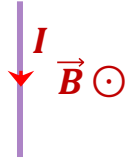
Lorsqu'on déplace un aimant devant une bobine liée à un galvanomètre, on constate que sont aiguille indique une valeur ce qui montre qu'un courant électrique traverse la bobine
L'énergie mécanique (sous forme d'énergie cinétique) de l'aimant a été transformée en énergie électrique .Ce phénomène est appelé l'induction magnétique. Parmi ses utilisations on retrouve le microphone et l'alternateur magnétique.



Exercice 1

Un conducteur rectiligne de longueur $\ell = 20\text{cm}$ est parcouru par un courant électrique d'intensité $I = 5\text{A}$ et posé dans une région de l'espace où règne un champ magnétique uniforme d'intensité $B = 50\text{mT}$.

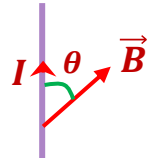
- ① Par application de la règle des trois doigts de la main droite, déterminer le sens et la direction de la force de Laplace.
- ② Calculer l'intensité de la force de Laplace.



Exercice 3

Un conducteur rectiligne de longueur $\ell = 10\text{cm}$ est parcouru par un courant électrique d'intensité $I = 2,7\text{A}$. Ce conducteur est placé dans une région où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ d'intensité $B = 0,6\text{T}$ et forme un angle $\theta = 43^\circ$ avec la direction du conducteur.

- ① Par application de la règle des trois doigts de la main droite déterminer le sens et la direction de la force de Laplace.
- ② Calculer l'intensité de la force de Laplace.



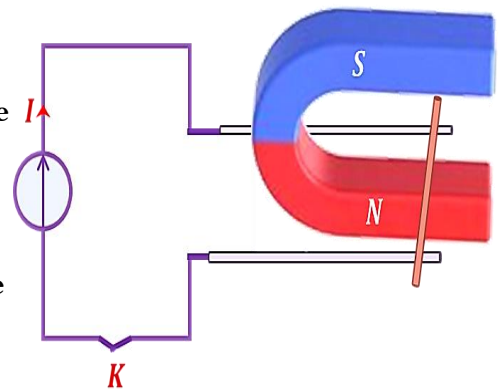
Exercice 2

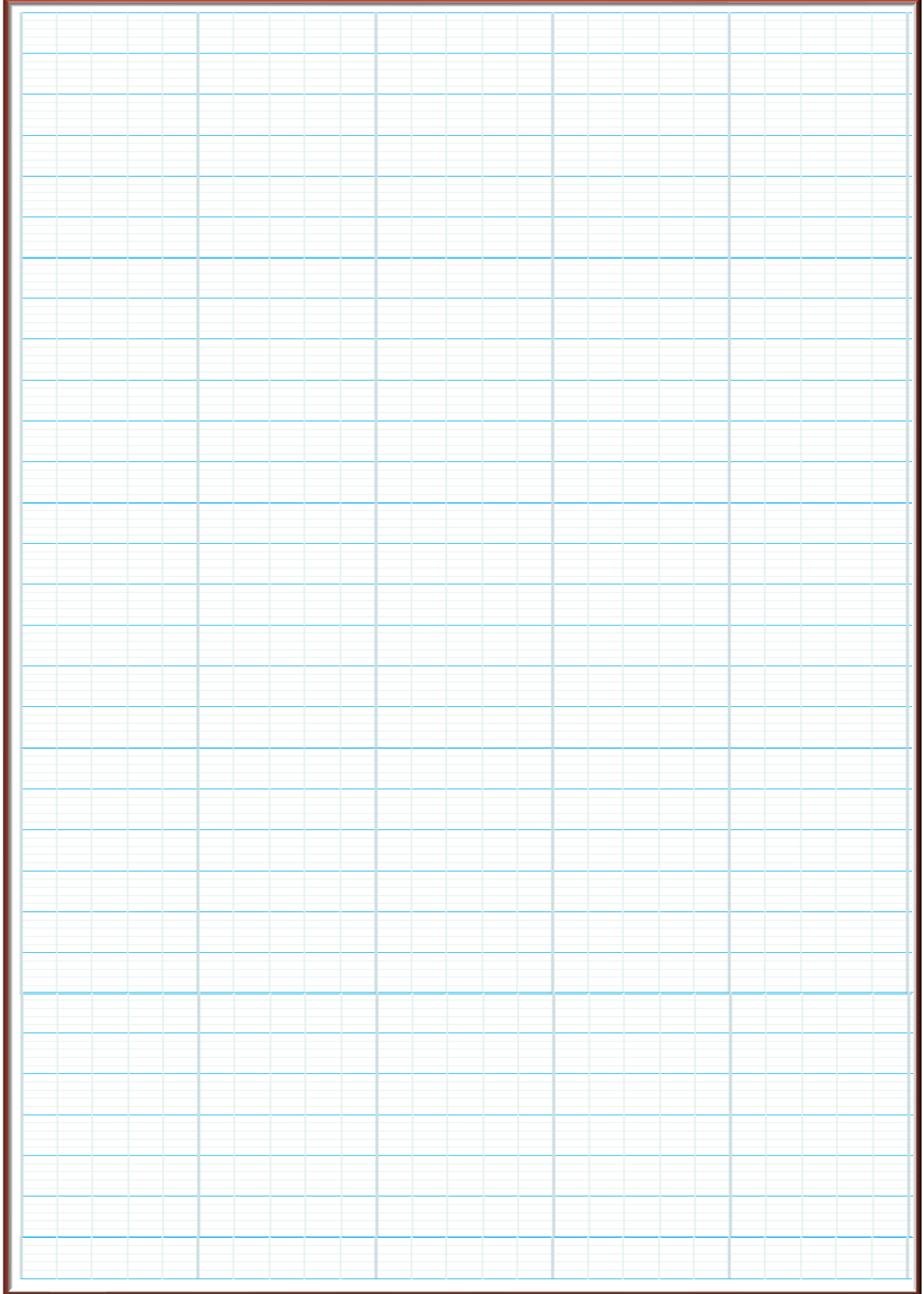
On considère un conducteur cylindrique **AB** de longueur $L = 10\text{cm}$, posé sur des rails conducteurs, séparés d'une distance $L' = 6\text{cm}$. Les rails sont reliés aux bornes d'un générateur de courant continu d'intensité $I = 6\text{A}$.

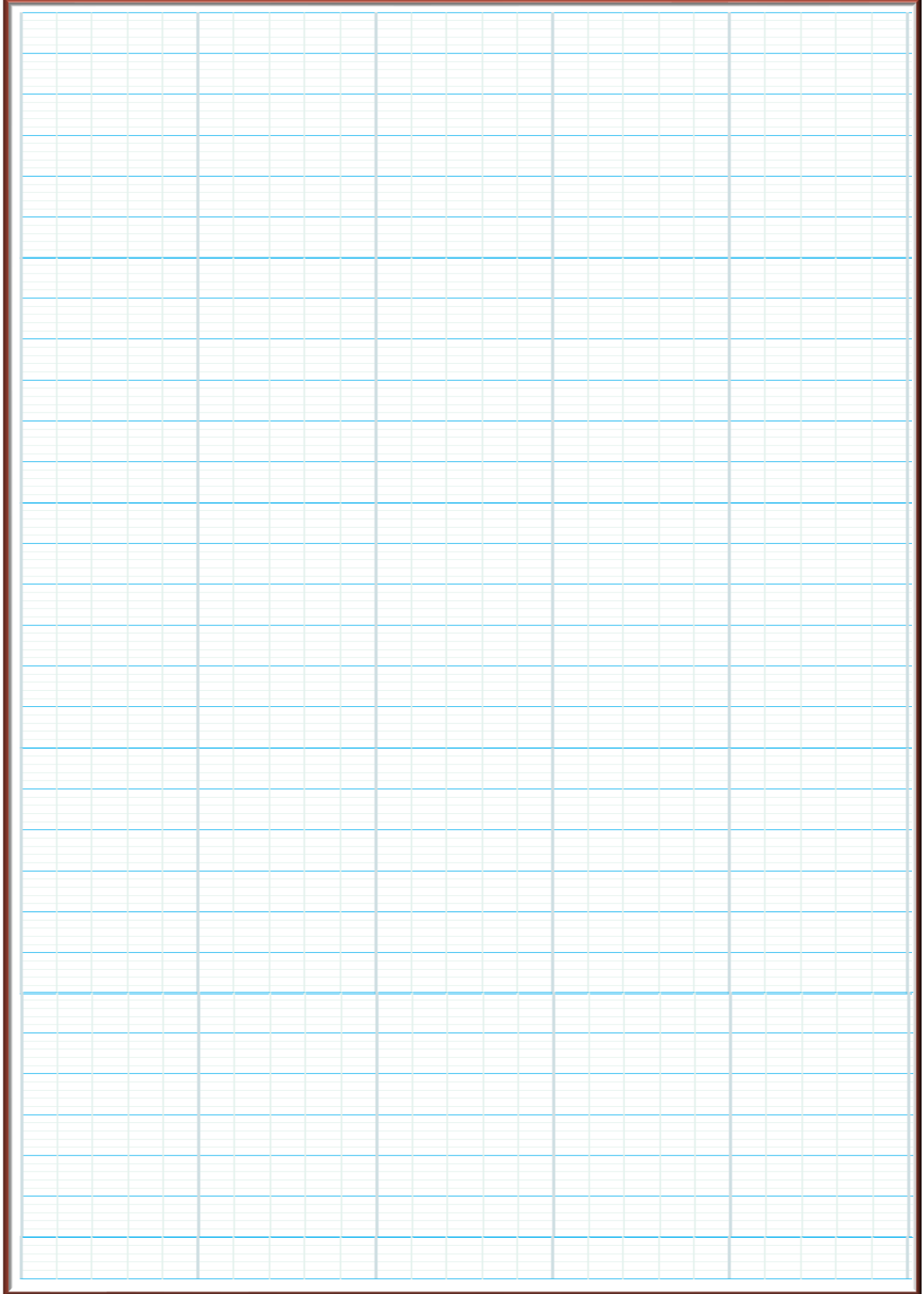
Le circuit est soumis à un champ magnétique uniforme de valeur $B = 0,2\text{T}$ créé par un aimant en U.

Les frottements sont supposés négligeables.

- ① Dresser le schéma en indiquant le sens du champ magnétique.
- ② Déterminer le sens et la direction de la force de Laplace qui s'exerce sur le conducteur mobile **AB**.
- ③ Calculer l'intensité de la force de Laplace exercée sur le conducteur **AB**.
- ④ Déterminer le sens de déplacement du conducteur **AB**.
- ⑤ Par application du théorème de l'énergie cinétique calculer la vitesse du conducteur après avoir parcourue une distance $d = 4\text{cm}$ sachant que sa vitesse initiale est nulle.







PARTIE II : Optique

1

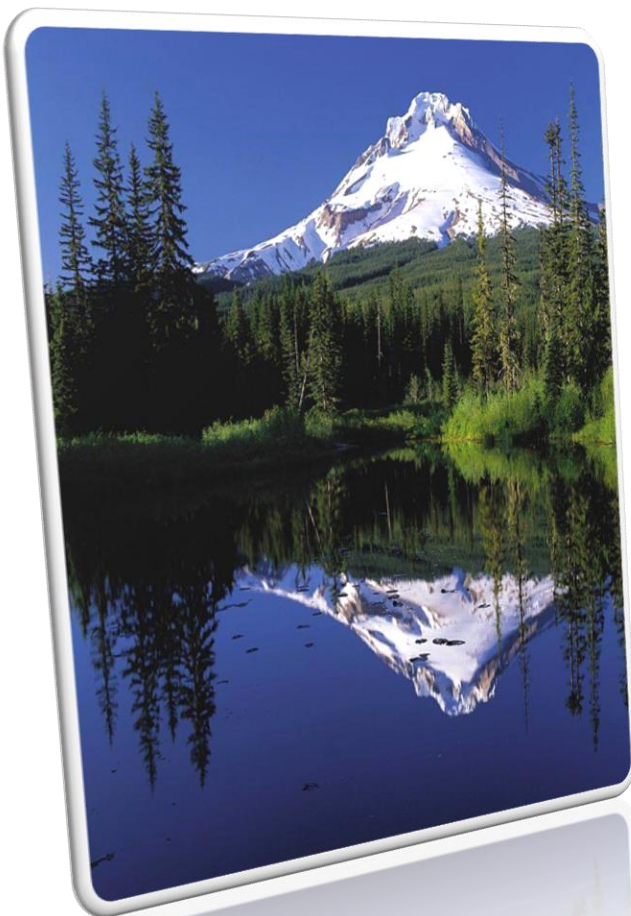
Conditions de visibilité d'un objet

2

Image formée par un miroir plan

3

Image formée par une lentille convergente





Situation-problème

La lumière du soleil parcourt de grandes distances pour nous atteindre.



Quelle est la nature du trajet des rayons solaires?



Quels sont les phénomènes que subit un faisceau lumineux lors de sa propagation ?

Objectifs



Connaître les conditions de visibilité d'un objet.



Connaître le principe de propagation rectiligne de la lumière .



Mise en évidence expérimentale les phénomènes de réflexion et de réfraction de la lumière.



Connaître les lois de réflexion et les lois de réfraction et savoir l'exploiter pour expliquer quelques phénomènes optiques.

I Condition de visibilité d'un objet

① Source primaire et objet diffusant de la lumière

On appelle source de lumière, tout corps qui émet de la lumière. On distingue deux types de sources de la lumière :

- Une source primaire: est celle qui émette la lumière qu'elle produit .
- Objet diffusant « Une source secondaire » : est celle qui diffuse complètement ou partiellement la lumière qu'elle reçoit .

❖ Exemples

Sources primaires		Objets diffusants	
			
Insecte lumineux	Lampe allumée	La lune	Un ballon
			
Les étoiles	Le soleil	Livres	Lunettes

② Conditions de visibilité

❖ Activité

- **Expérience 1** : On place un carton opaque entre un ballon éclairé et un observateur (figure ①)
- **Expérience 2** : On perce un trou dans le carton opaque (la figure ②) .



- ❶ L'observateur peut-il voir le ballon dans les deux expériences ?
- ❷ Que concluez-vous ?
- ❸ Dans la première expérience, le ballon est invisible pour l'observateur tandis que il est visible dans la deuxième expérience .
- ❹ On conclut qu'un objet est visible si une partie de la lumière qu'il diffuse soit captée par l'œil de l'observateur.

❖ Conclusions

Pour voir un objet diffusant, il faut que deux conditions soient vérifiées:

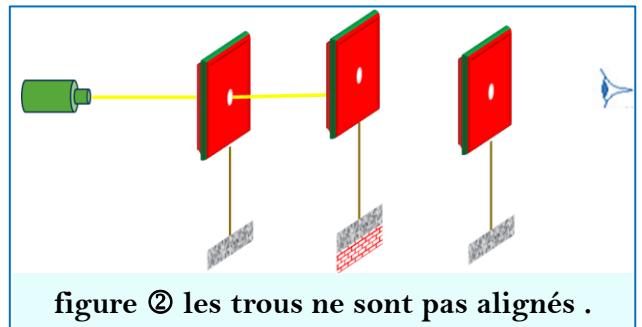
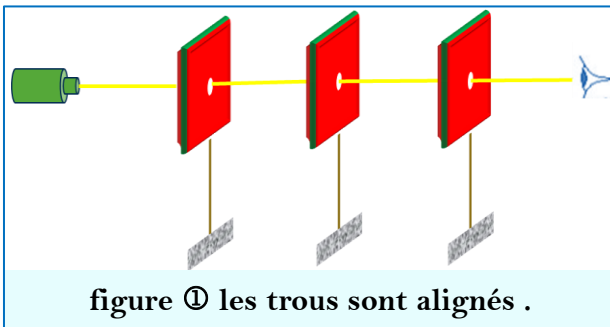
- L'objet diffusant soit éclairé par une source de la lumière .
- La lumière diffusée par cet objet pénètre dans l'œil de l'observateur .

Pour voir une source primaire de la lumière, il faut qu'une partie la lumière issue de celle-ci pénètre dans l'œil de l'observateur

II Propagation rectiligne de la lumière

① Activité

Dans une salle obscure contenant de l'air, on place trois plaques en carton munie chacune d'un trou au centre, entre une source de la lumière et l'œil d'un observateur voir les figures ① et ② .



- ① L'œil voit-il la lumière émise par la source dans les deux cas ? Expliquez .
- ② Que peut-on déduire de cette expérience ?
- ③ Lorsque les trous sont alignés, l'œil reçoit la lumière de la source, mais s'ils ne sont pas alignés, l'œil ne reçoit pas la lumière la source .
- ④ On déduit de cette expérience que la lumière se propage en ligne droite.

❖ Conclusions

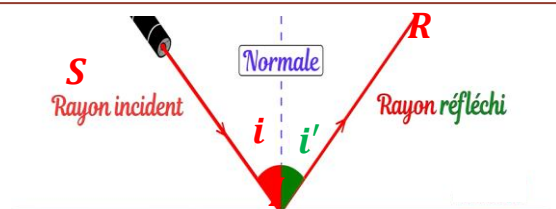
Principe de propagation rectiligne de la lumière : dans un milieu homogène et transparent, la lumière se propage de la source dans toutes les directions en suivant des lignes rectilignes.

III Réflexion et réfraction de la lumière

① Réflexion de la lumière

❖ Définition

Lorsqu'on envoie un faisceau lumineux obliquement sur la surface réfléchissante d'un miroir plan horizontale, il se réfléchit .



❖ Lois de Descartes de réflexion

- 1^{ère} loi : Le rayon incident, le rayon réfléchi et la normale au plan réfléchissant se trouvent dans le même plan.
- 2^{ème} loi : l'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion. ($i = i'$).

② Réfraction de la lumière

❖ Activité

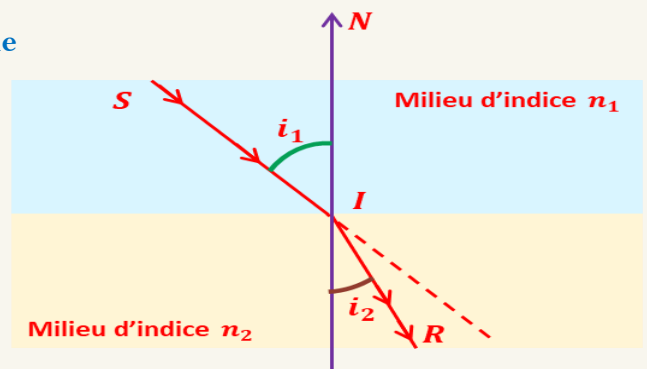
On immerge partiellement un crayon dans un verre d'eau (la figure ci-contre)

- ❶ Qu'observez-vous?
 - ❷ Quel est le nom de ce phénomène ? et quand apparaît-il ?
- ❶ On observe que le crayon semble être brisé.
- ❷ Ce phénomène est appelé la réfraction de la lumière. Il se produit lorsque la lumière traverse la surface séparant deux milieux transparents différents .



❖ Conclusion

La réfraction de la lumière est le changement de direction que subit un rayon lumineux quand il traverse la surface séparant deux milieux transparents d'indices de réfraction différents



❖ Lois de Descartes de réfraction

- 1^{ère} loi: Le rayon incident, le rayon réfracté se trouvent dans le même plan.
- 2^{ème} loi: L'angle d'incidence i_1 et l'angle de réfraction i_2 sont liés par la relation suivante : $n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$
 - n_1 est l'indice du premier milieu (milieu d'incidence)
 - n_2 est l'indice du deuxième milieu (milieu de réfraction)

❖ Remarque

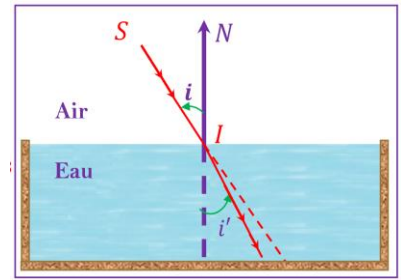
- Un rayon perpendiculaire à la surface de séparation des deux milieux ($i = 0^\circ$) n'est pas dévié.
- On dit qu'un milieu d'indice n_2 est plus réfringent qu'un milieu d'indice n_1 si $n_2 > n_1$

❖ Application

On envoie un faisceau **SI** d'une lumière monochromatique avec un angle d'incidence $i = 30^\circ$ par rapport à la normale **IN** à la surface de l'eau (la figure ci-contre)

Données :

- L'indice de réfraction de l'air est : $n_{air} = 1$
- L'indice de réfraction de l'eau est : $n_{eau} = 1,33$



① Calculer l'angle de réfraction i' .

② Quelle sera la valeur de l'angle d'incidence si l'angle de réfraction est $i' = 40^\circ$

① D'après la deuxième loi de Descartes

$$\text{On a : } n_{air} \sin(i) = n_{eau} \sin(i')$$

$$\text{Donc : } \sin(i') = \frac{n_{air} \sin(i)}{n_{eau}}$$

$$\text{A.N: } i' = \sin^{-1}\left(\frac{\sin(30)}{1,33}\right) = 22,08^\circ$$

② D'après la deuxième loi de Descartes

$$\text{On a : } n_{air} \sin(i) = n_{eau} \sin(i')$$

$$\text{Donc : } \sin(i) = \frac{n_{eau} \sin(i')}{n_{air}}$$

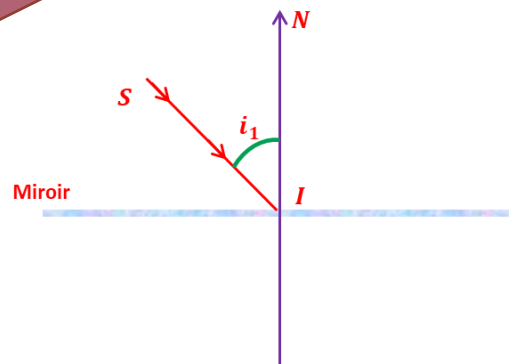
$$\text{A.N: } i = \sin^{-1}(1,33 \times \sin(40)) = 58,75^\circ$$

Série d'exercices

Exercice 1

Un faisceau lumineux arrive sur la face réfléchissante d'un miroir plan avec un angle d'incidence $i_1 = 40^\circ$ par rapport à la normale **IN** au miroir (la figure ci-contre)

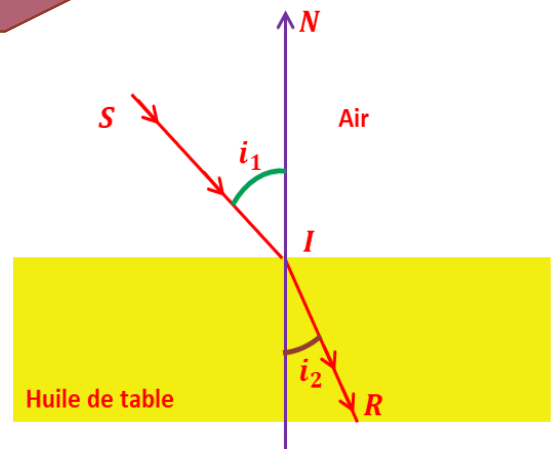
- ① Enoncer les lois de Descartes de réflexion.
- ② Déterminer la valeur de l'angle de réflexion.
- ③ Tracer sur la figure ci-contre le rayon réfléchi.



Exercice 2

Un faisceau lumineux arrive sur la surface libre d'une huile de table avec un angle d'incidence $i_1 = 25^\circ$ par rapport à la normale et pénètre dans l'huile avec un angle $i_2 = 16,71^\circ$

- ① Enoncer les lois de Descartes de réfraction.
- ② Déterminer la l'indice de réfraction de cette huile.
- ③ Quelle est la valeur de l'angle d'incidence du faisceaux lumineux lorsqu'il pénètre avec un angle $i'_2 = 23,5^\circ$.



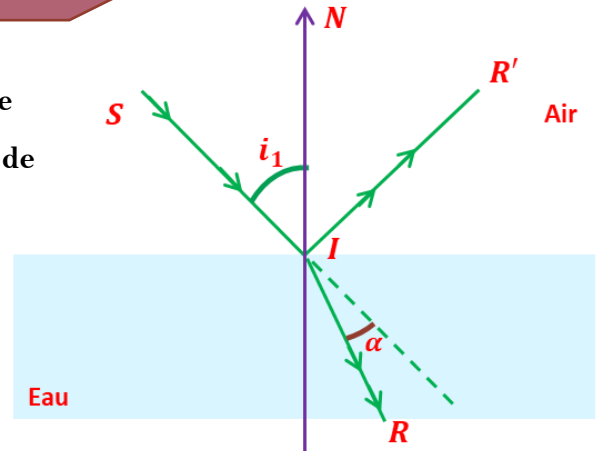
Données :

- L'indice de réfraction de l'air est : $n_{air} = 1$

Exercice 3

On envoie un faisceau d'une lumière monochromatique verte avec un angle d'incidence $i = 36^\circ$ par rapport à la normale IN à la surface de l'eau (la figure ci-contre)

- ① Nommer les rayons lumineux R et R'
- ② Déterminer la valeur de l'angle de réflexion et celle de l'angle de réfraction.
- ③ Calculer la valeur de l'indice de réfraction pour cette radiation.



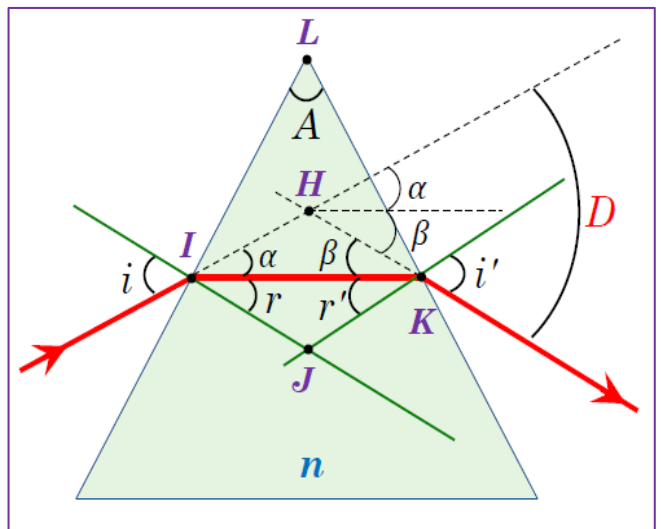
Données:

- L'indice de réfraction de l'air est : $n_{air} = 1$
- L'angle entre rayon réfracté et la direction du rayon incident : $\alpha = 14,87^\circ$

Exercice 4

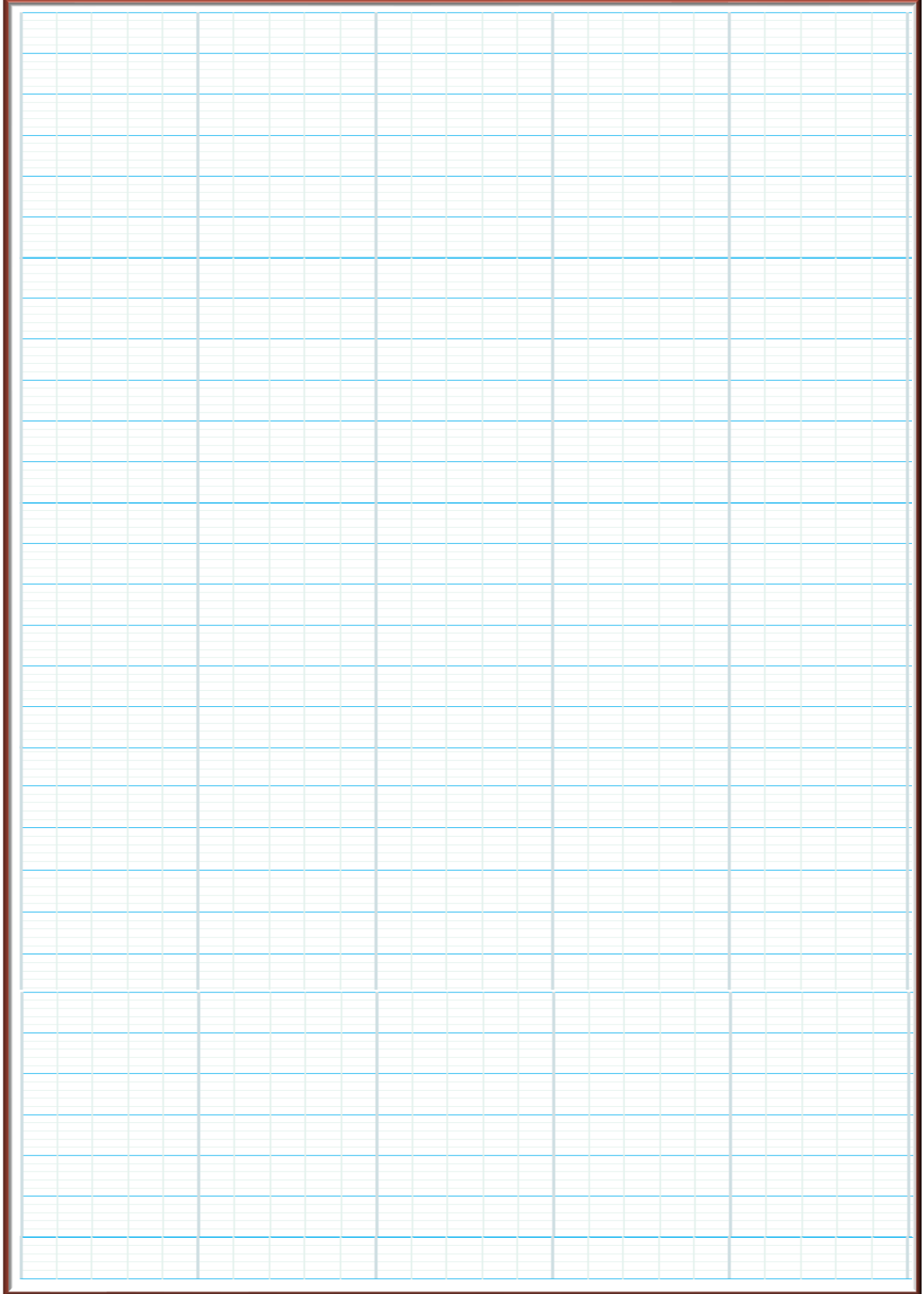
Un rayon monochromatique arrive sur l'une des deux faces d'un prisme avec un angle d'incidence $i = 55^\circ$ (voir la figure ci-contre)

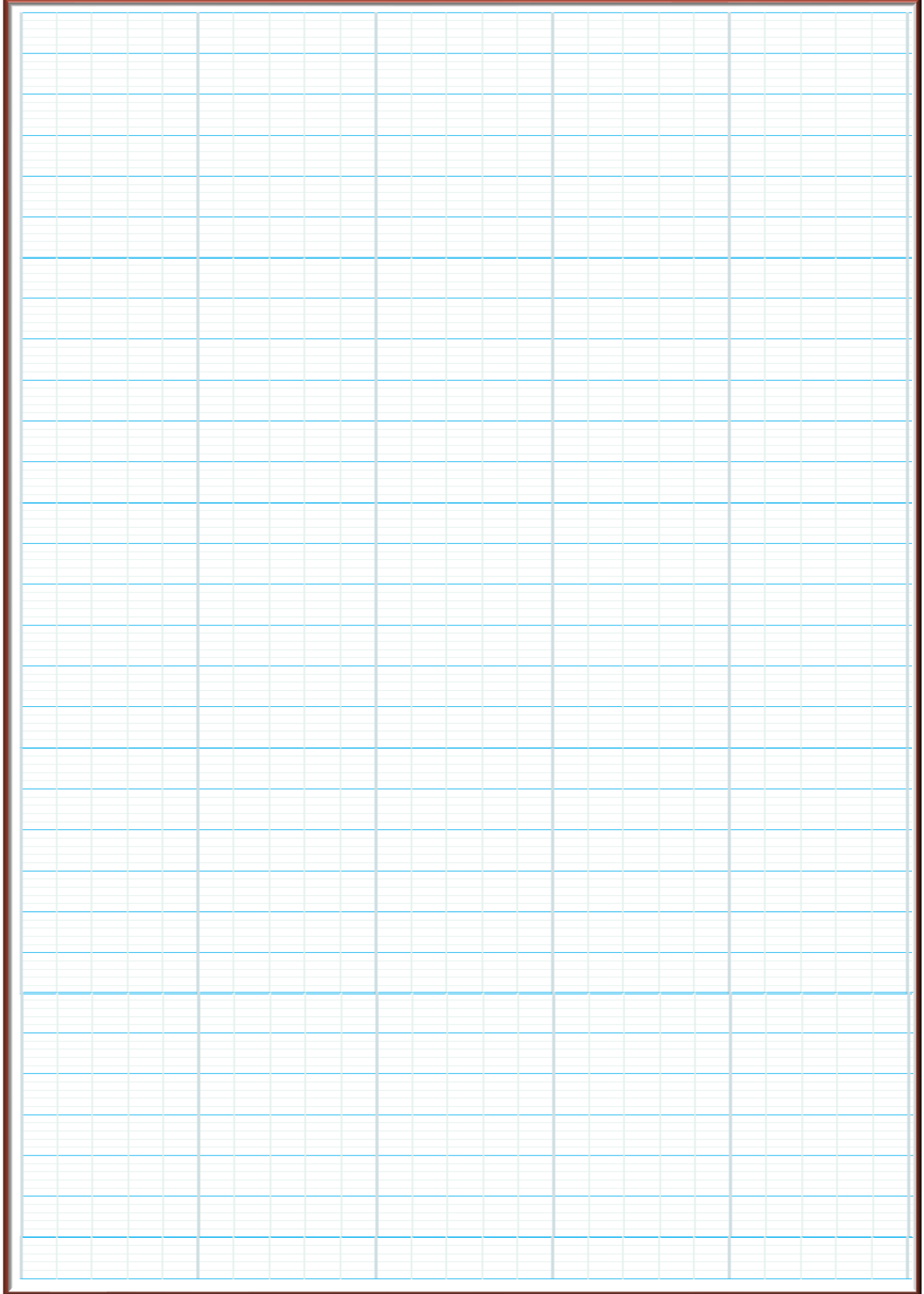
- ① Ecrire la loi de réfraction aux points I et I' .
- ② Calculer la valeur de l'angle r .
- ③ En exploitant le triangle LIK . Montrer que : $A = r + r'$
- ④ Calculer la valeur de l'angle r .
- ⑤ Calculer la valeur de l'angle i' .
- ⑤ Déduire la valeur de D l'angle de déviation.



Données:

- i : L'angle d'incidence sur la 1^{ère} face
- r : L'angle de réfraction sur la 1^{ère} face
- r' : L'angle d'incidence sur la 2^{ème} face
- i' : L'angle de réfraction sur la 2^{ème} face
- A : L'angle du prisme $A = 60^\circ$
- D : L'angle de déviation : $D = i + i' - A$
- n : L'indice de réfraction du prisme : $n = 1,64$
- n_{air} : L'indice de réfraction de l'air ($n_{air} = 1$)







Situation-problème

Pour obtenir une bonne coupe de cheveux, le coiffeur s'appuie sur plusieurs miroirs plans

- 💡 Qu'est-ce qu'un miroir plan?
- 💡 Comment se forme l'image d'un objet à travers un miroir plan ?

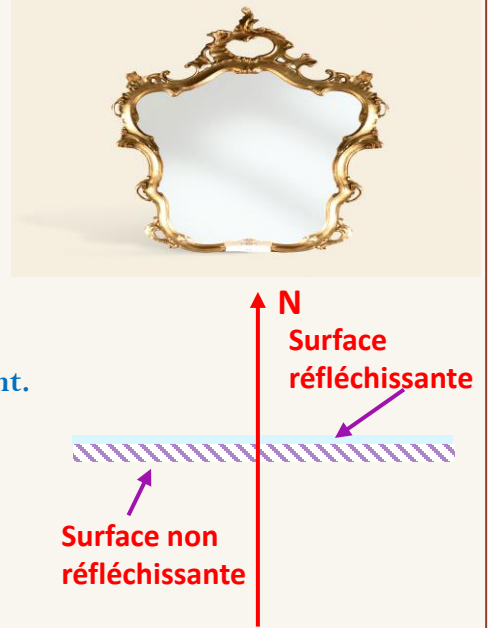
Objectifs

- 💡 Définir le miroir plan.
- 💡 Savoir exploiter les lois de Snell Descartes de réflexion pour construire l'image d'un objet .
- 💡 Connaître les caractéristiques de l'image formée par un miroir plan.
- 💡 Savoir construire le champ de vision d'un miroir plan.

I Image formée par un miroir plan

① Définition du miroir plan

- Le miroir est un objet constitué d'une surface polie (de verre étamé ou de métal) . Cette surface réfléchit les sources lumineuses, les objets et les individus positionnés en face d'elle.
- Le miroir est dit plan si sa surface est plane.
- On représente le miroir plan par un trait montrant le plan du miroir dont on hachure le côté non réfléchissant.



② L'image d'un objet ponctuel formée par un miroir plan

Soit un objet **A** situé d'une distance **HA** d'un miroir plan .

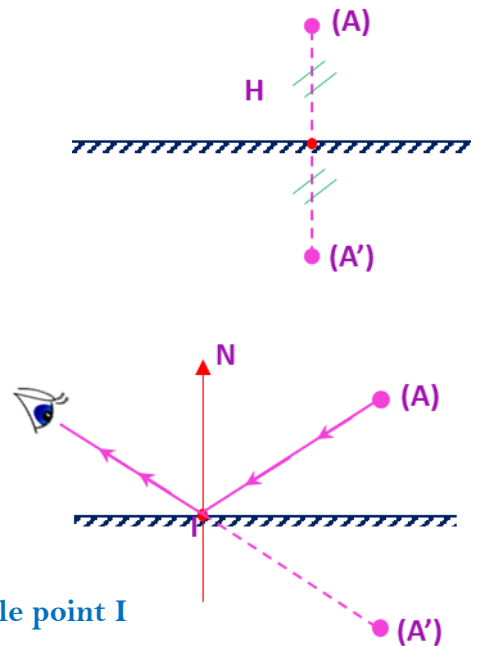
Pour construire l'image **A'** de l'objet **A** on suit l'une des deux méthodes suivantes:

▪ Méthode 1 :

- L'image **A'** est la symétrique de l'objet **A** par rapport au plan du miroir, donc **A** et **A'** sont à la même distance du miroir : $HA = HA'$.

▪ Méthode 2 :

- On trace un rayon issu de **A** et frappe le miroir en **I**
- On trace la normale (**NI**) au miroir et passant par le point **I**
- On trace le rayon réfléchi (**IR**) en respectant les lois de Descartes de réflexion
- On trace la normale (**AH**) au miroir et passant par le point **A**
- L'image **A'** est le point d'intersection des deux droites (**AH**) et (**IR**)



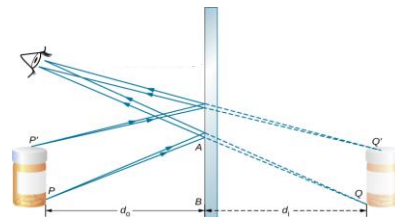
③ Relation de conjugaison d'un miroir plan

En optique, on appelle « relation de conjugaison », la relation qui donne la position de l'image A' en fonction de celle de l'objet A . L'objet A et son image A' sont dits « points conjugués ».

Pour le miroir plan, l'objet A et son image A' sont symétriques par rapport au plan du miroir donc la relation de conjugaison du miroir est : $\overline{HA} + \overline{HA'} = 0$

④ Les caractéristiques de l'image formé par un miroir plan

L'image formé par un miroir plan est : droite, virtuelle et de même taille que le objet

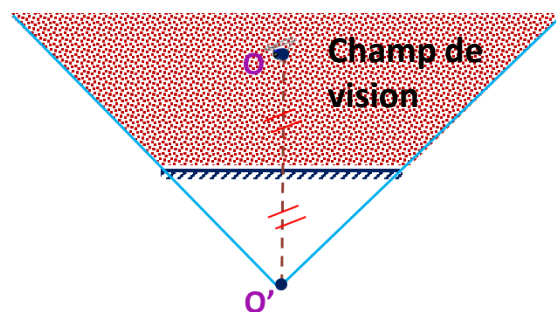


⑤ Le champ de vision d'un miroir plan

Le champ de vision d'un miroir est la portion de l'espace observable dans ce miroir.(c'est à dire l'espace que l'observateur peut percevoir en se regardant dans ce miroir).

Pour construire le champ de vision d'un observateur placé devant un miroir plan on suit les étapes suivantes:

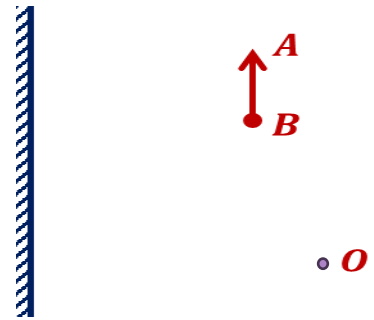
- On détermine la position de l'image (O') de l'observateur .
- On trace deux droites ayant pour origine l'image de l'observateur et passant par les extrémités du miroir.
- Ces deux droites délimitant le champ de vision de l'observateur.



Exercice 1

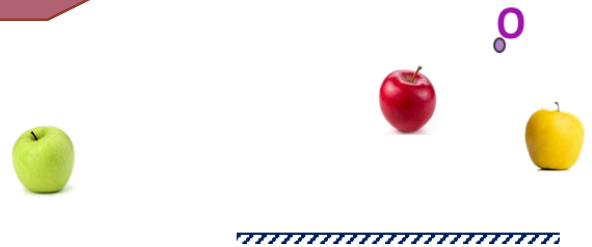
On place un objet tendu **AB** devant un miroir plan vertical (voir la figure ci-contre). On considère un observateur placé au point **O**

- 1 On se basant sur les lois de Snell Descartes de réflexion construire l'image **A'B'** de l'objet **AB**.



Exercice 2

On place trois pommes devant un miroir plan. Le point **O** est la position de l'œil d'un observateur (voir la figure ci-contre)



- 1 Construire l'image de l'observateur **O**
- 2 Trace le champ de vision de cet observateur.
- 3 Est-ce que l'observateur peut percevoir ces trois pommes ? Justifier la réponse.

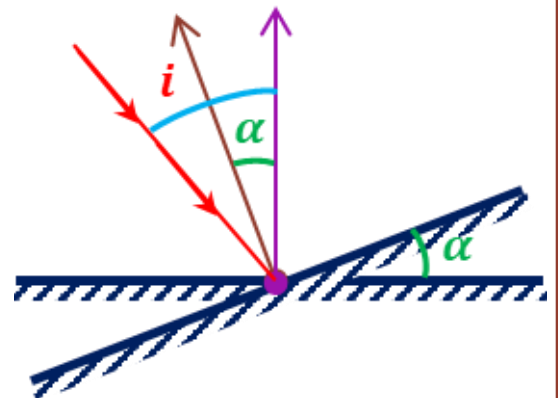
Exercice 3

On dispose deux miroirs **M₁** et **M₂**. Le miroir **M₁** est horizontal tandis que le miroir **M₂** orienté d'un angle α par rapport à **M₁** (voir la figure ci-contre)

IN₁ : est la normale au miroir **M₁** au point **I**

IN₂ : est la normale au miroir **M₂** au point **I**

Un rayon lumineux arrive sur le miroir **M₁** avec un angle d'incidence $i = 36^\circ$



- 1 Construire le rayon réfléchi sur chacun de ces deux miroirs
- 2 Trouver l'expression de l'angle β entre les deux réfléchis en fonction de l'angle α
- 3 Calculer la valeur de l'angle β sachant que : $\alpha = \frac{i}{2}$

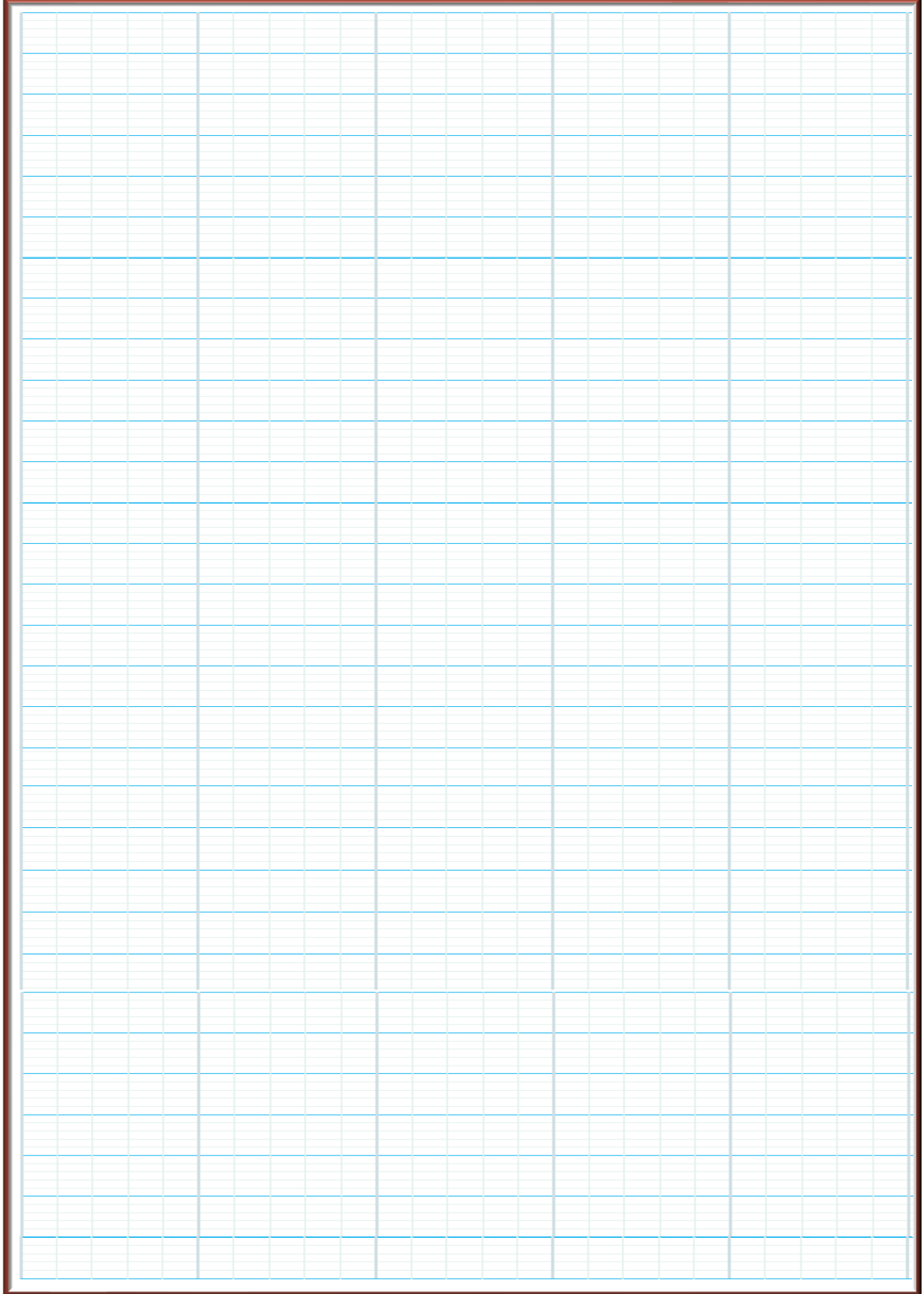


Image formée par une lentille convergente



Situation-problème

Les lentilles minces sont des objets optiques présents dans des nombreux instruments optiques tels que les lunettes, les jumelles, les microscopes, les télescopes, ...

- 🧐 Qu'est-ce qu'une lentille mince?
- 🧐 Comment se forme l'image d'un objet à travers une lentille mince convergente?

Objectifs

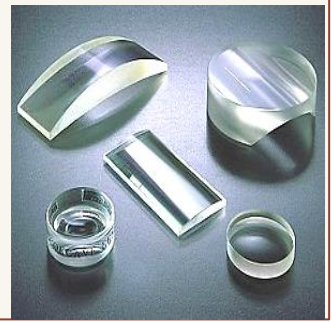
- 💡 Définir la lentille mince.
- 💡 Savoir distinguer une lentille divergente d'une lentille convergente
- 💡 Connaître les caractéristiques et les propriétés des lentilles minces.
- 💡 Savoir construire l'image d'un objet par une lentille mince convergente en déterminant ses caractéristiques.
- 💡 Définir l'agrandissement d'une lentille mince convergente.
- 💡 Connaître la relation de conjugaison d'une lentille mince convergente.
- 💡 Définir la loupe et connaître son principe de fonctionnement.

I Généralité sur les lentilles minces

① Définition d'une lentille mince

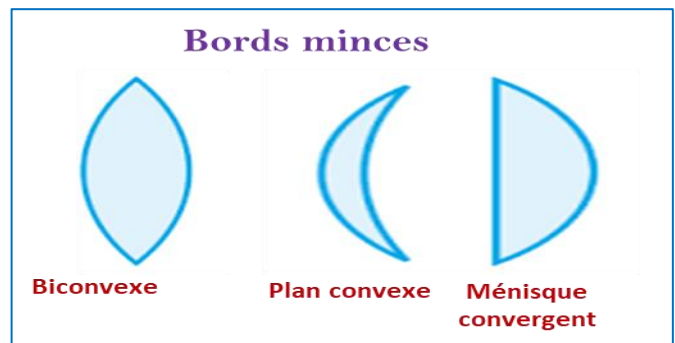
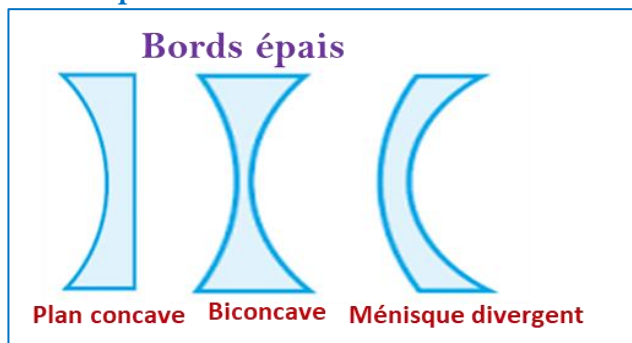
Une lentille est un milieu transparent, homogène fabriqué en verre ou en plastique, délimitée par deux surfaces sphériques, ou une sphérique et l'autre plane .

Si l'épaisseur de la lentille est négligeable devant les rayons de courbures des deux faces, la lentille est dite mince.



② Classification géométriques des lentilles

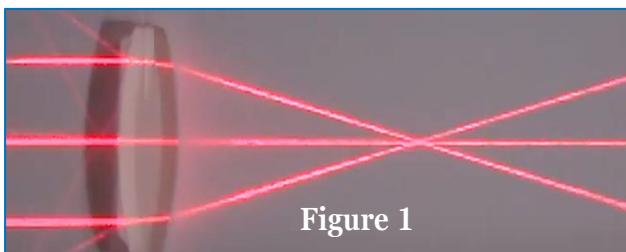
Selon leurs bords, on distingue deux types de lentilles : lentilles à bords minces et lentilles à bords épais.



③ Classification physique des lentilles

❖ Activité

On place un diaphragme qui comporte des ouvertures devant une source lumineuse , puis on met successivement devant le diaphragme une lentille à bords minces (la figure 1) et une lentille à bords épais (la figure 2)



- ① Que deviennent les rayons lumineux après avoir traversé la lentille à bords minces ?
 - ② Même question pour la lentille à bords épais
 - ③ Que peut-on déduire de cette expérience ?
-
- ① Après avoir traversé la lentille à bords minces, les rayons lumineux se convergent en un point .
 - ② Après avoir traversé la lentille à bords épais, les rayons lumineux se divergent .
 - ③ On déduit que les lentilles à bords minces sont convergentes, et les lentilles à bords épais sont divergentes .

❖ Conclusion

- Les lentilles à bords minces sont convergentes.
- Les lentilles à bords épais sont divergentes.

④ Représentation conventionnelle d'une lentille mince

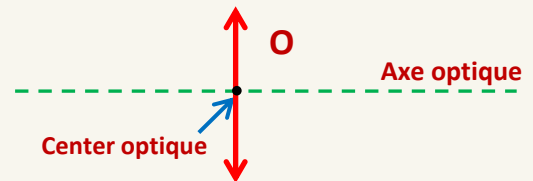
On modélise les lentilles minces par les symboles suivants

Lentille convergente	Lentille divergente
	

II Caractéristiques d'une lentille convergente

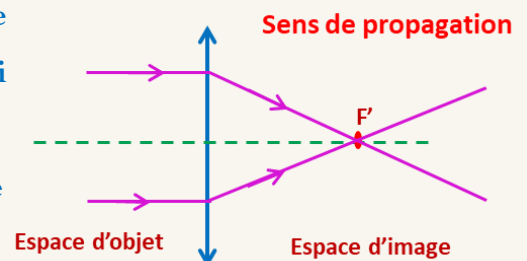
① Axe optique et centre optique

- Le **centre optique** : est le point situé au centre de lentille, on le note O .
- L'**axe optique** : est la droite passant par le centre de la lentille et perpendiculaire à celle-ci



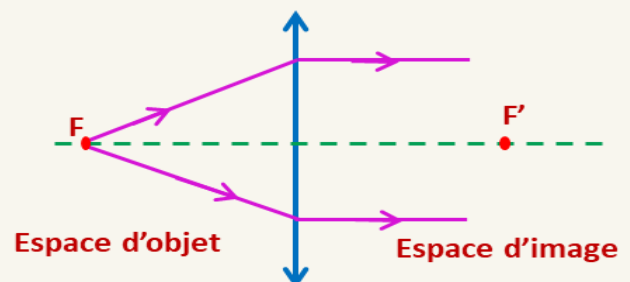
② Le foyer image – la distance focale image

- Le **foyer principal image** : noté F' d'une lentille mince est le point où convergent les faisceaux lumineux qui arrivent parallèle à l'axe d'optique.
- La **distance focale image** : est la distance OF' entre le centre de la lentille et son foyer principale image.



③ Le foyer d'objet-distance focale objet

- Le **foyer principal d'objet** : noté F est le point symétrique du foyer image F' par rapport à l'axe d'optique.
- La **distance focale objet** : est la distance OF entre le centre de la lentille et son foyer principale objet $OF=OF'$



❖ Remarques

- Lorsque l'objet se trouve dans l'espace objet, il est réel et s'il se trouve dans l'espace image il est virtuel.
- Lorsque l'image se trouve dans l'espace image elle est réelle et si elle se trouve dans l'espace objet elle est virtuelle.

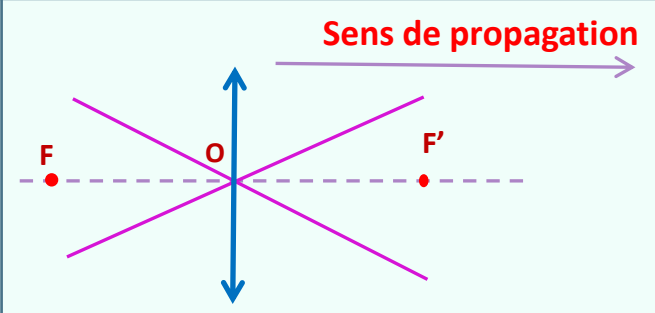
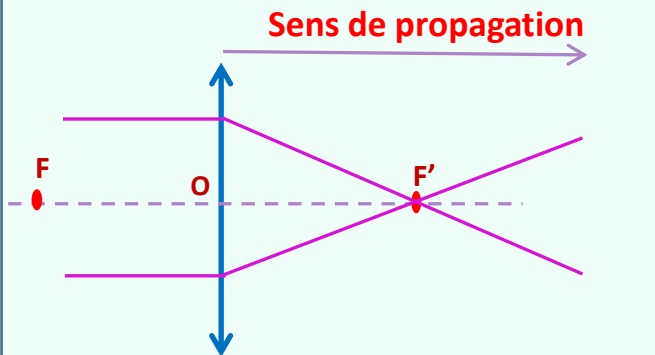
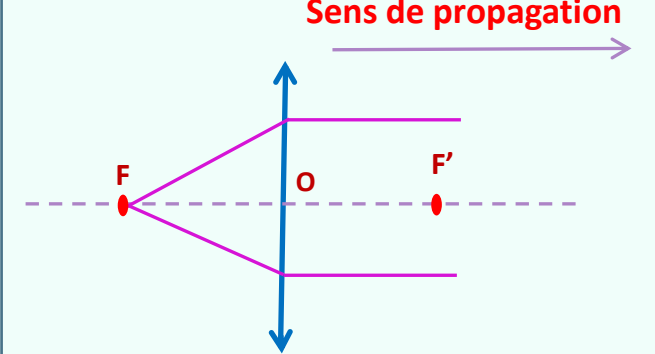
III Image d'un objet par une lentille mince convergente

① Les conditions de Gausse

Pour avoir une image plus nette par une lentille mince convergente, on doit se placer dans les conditions de Gausse .

- La lentille doit être diaphragmée : cela signifie qu'elle est utilisée seulement dans la partie voisine de l'axe optique .
- L'objet doit être petit et situé au voisinage de l'axe optique : cela signifie que les rayons incidents ne doivent pas être trop inclinés par rapport à l'axe optique .

② Rayons particulières

Un rayon passant par le centre de la lentille n'est pas dévié	
Toute rayon incident parallèle à l'axe optique d'une lentille convergente, émerge en passant par le foyer image F'	
Tout rayon incident passant par le foyer objet F d'une lentille convergente émerge parallèlement à l'axe optique	

③ La construction géométrique de l'image d'un objet par une lentille convergente

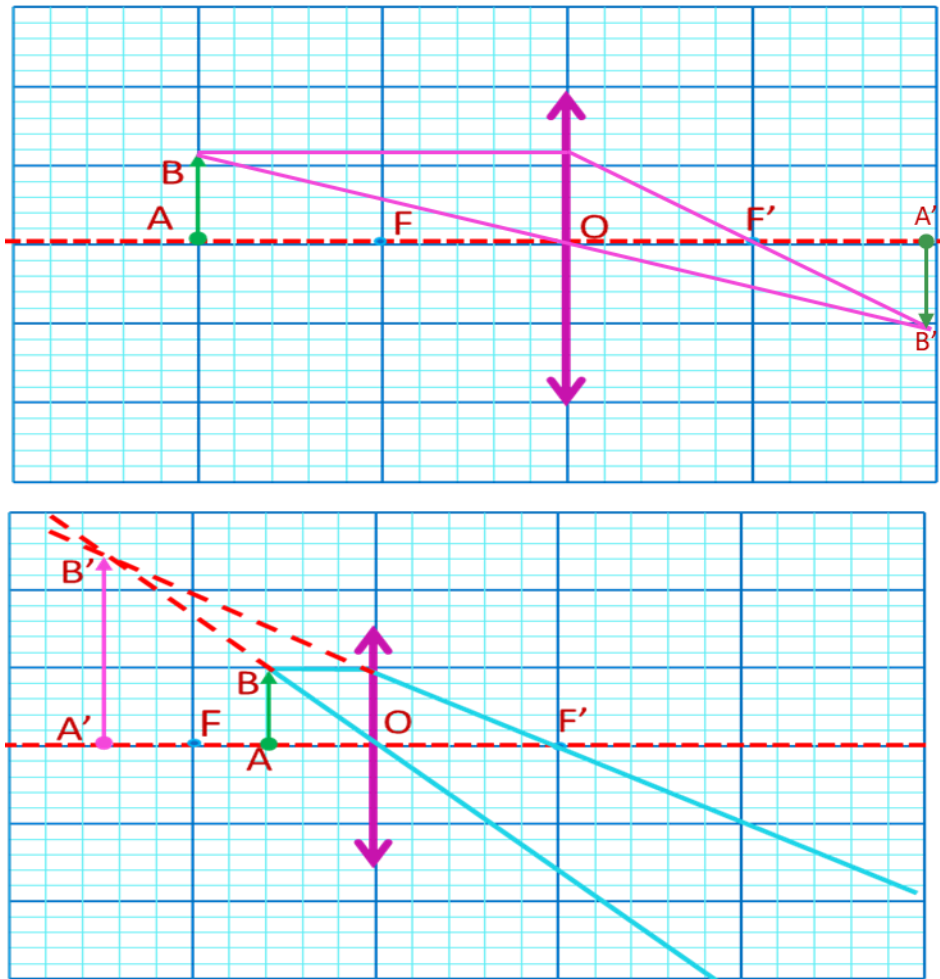
❖ Les étapes de construction

Pour construire l'image d'un objet par une lentille mince convergente il faut suivre les étapes suivantes :

- On modélise l'objet par une flèche AB perpendiculaire à l'axe optique en A
- On choisit une échelle convenable pour représenter la lentille et ses foyers et l'objet AB.
- On place l'objet AB de façon perpendiculaire à l'axe optique de la lentille.
- On construit les 2 rayons particuliers issus du point objet B. Ils émergent en passant par le point B' image de B. (Le premier rayon passe par le centre optique et n'est pas dévié, le deuxième rayon est parallèle à l'axe optique et émerge en passant par le foyer image F'.)
- L'intersection de ces deux rayons donne le point B', l'image de B.
- Le point A' l'image de A est la projection perpendiculaire du point B' sur l'axe optique

❖ Application

Construire l'image de l'objet AB dans les deux cas suivants



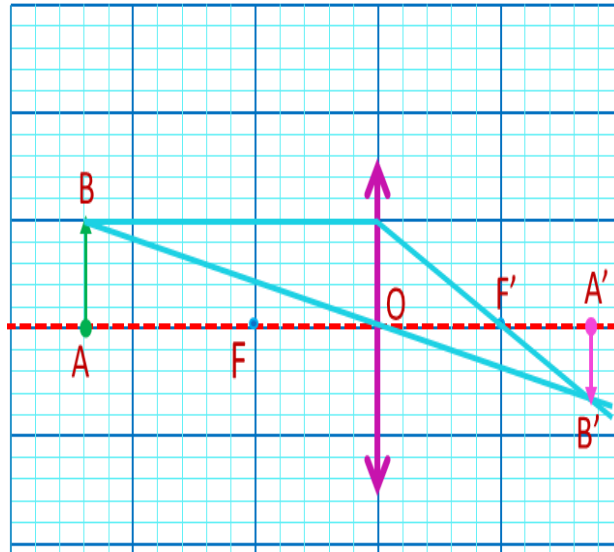
❖ Les caractéristiques de l'image formée par une lentille mince convergente

Les caractéristiques de l'image d'un objet par une lentille mince convergente dépendent de la position de cet objet par rapport à la lentille .

Pour un objet réel (se trouve dans l'espace d'objet) on distingue cinq cas :

1^{er} cas

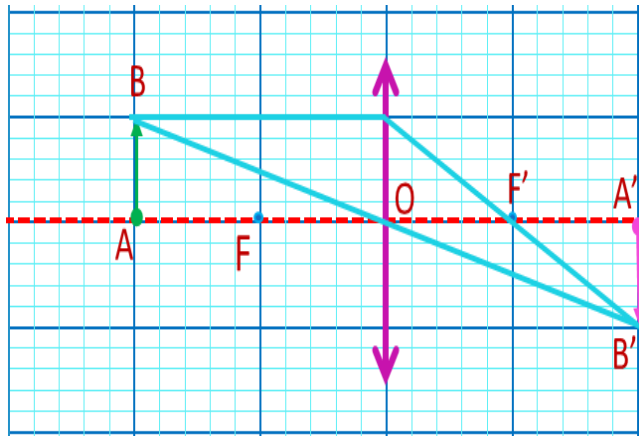
$$OA > 2OF$$



Dans ce cas, l'image formée est réelle (on peut l'observer sur l'écran), renversée et plus petite que l'objet .

2^{ème} cas

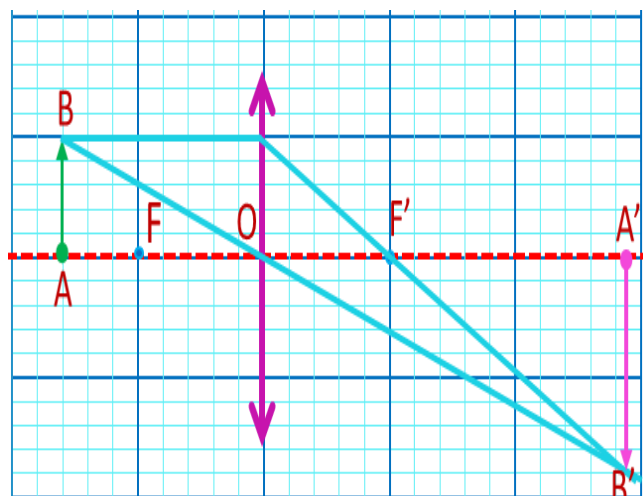
$$OA = 2OF$$



Dans ce cas, l'image formée est réelle, renversée de même taille que l'objet $AB = A'B'$.

3^{ème} cas

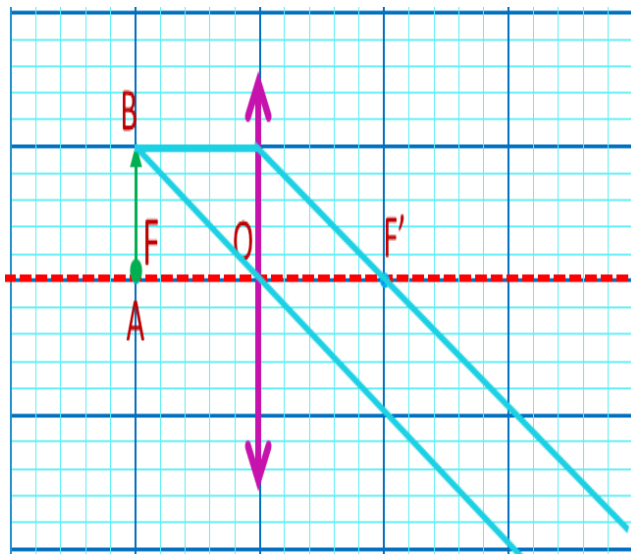
$$OF < OA < 2OF$$



Dans ce cas, l'image formée est réelle, renversée et plus grande que l'objet .

4^{ème} cas

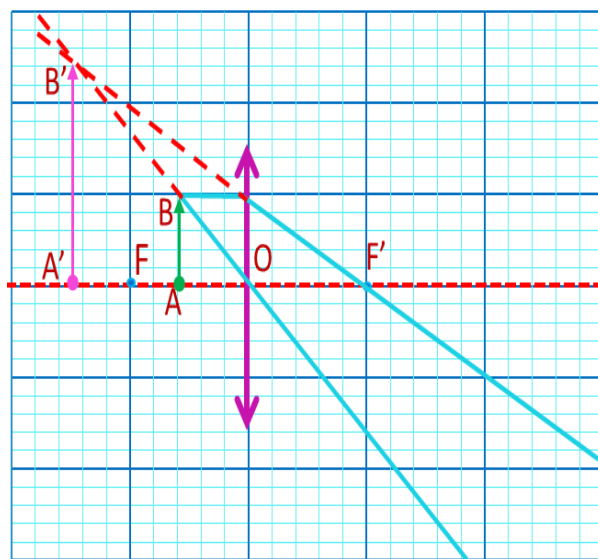
$$OA = OF$$



Dans ce cas, les rayons lumineux émergents sont parallèles entre eux donc l'image A'B' se forme à l'infini .

5^{ème} cas

$$OA < OF$$



Dans ce cas, l'image formée est virtuelle (on ne peut pas l'observer sur l'écran) droite et plus grande que l'objet .

IV Grandissement et la relation de conjugaison d'une lentille convergente

① Grandissement d'une lentille convergente

On définit le grandissement d'une lentille mince convergente par la relation suivante :

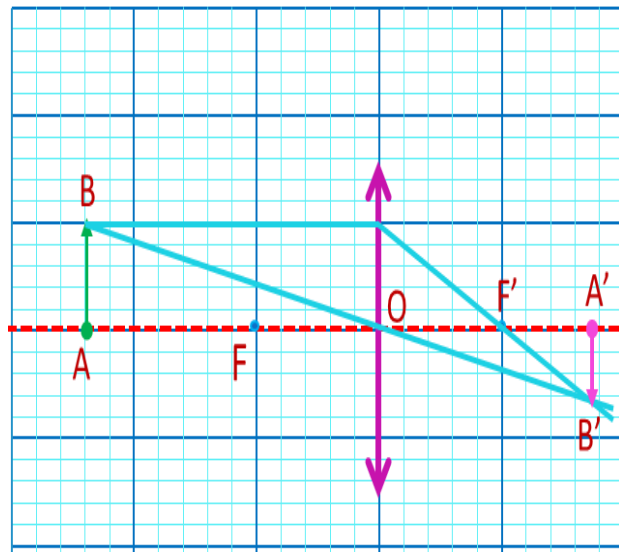
$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

- Si $\gamma > 0$, donc l'image est droite (car elle a le même sens que l'objet).
- Si $\gamma < 0$, l'objet l'image est renversée (son sens est opposé au sens de l'objet)..
- Si $|\gamma| > 1$, l'image est plus grande que l'objet.
- Si $|\gamma| < 1$ l'image est plus petite que l'objet.

② La relation de conjugaison d'une lentille convergente

La relation de conjugaison d'une lentille mince convergente est la relation qui donne la position de l'image A' en fonction de celle de l'objet A

tel que : $\frac{1}{f'} = \frac{1}{OA} - \frac{1}{OA'}$



③ La vergence d'une lentille convergente

- La vergence d'une lentille convergente : noté C est la capacité de la lentille à focaliser les rayons lumineux en un point (le foyer image). Elle s'exprime en dioptrie de symbole δ tel que : $\delta = m^{-1}$
- Pour un lentille mince plongée dans l'air ou dans le vide, la vergence est donnée par la relation suivante : $C = \frac{1}{OF} = \frac{1}{OF'}$

V La loupe

① Définition

- La loupe** est un instrument optique utiliser souvent pour voir les petits objets. Elle est constituée d'une lentille convergente de petite distance focale (quelques centimètres)
- La loupe** permet de donner une image virtuelle dont la taille est supérieure à celle de l'objet.



② Principe de fonctionnement de la loupe

- Pour voir un objet AB à travers une loupe il faut qu'on le place entre le foyer objet et le centre optique de la loupe.
- La distance OA entre l'objet et la Loupe est inférieur ou égale à la distance focale : $OA \leq OF$



③ Construction géométrique de l'image formée par une loupe

❖ Activité

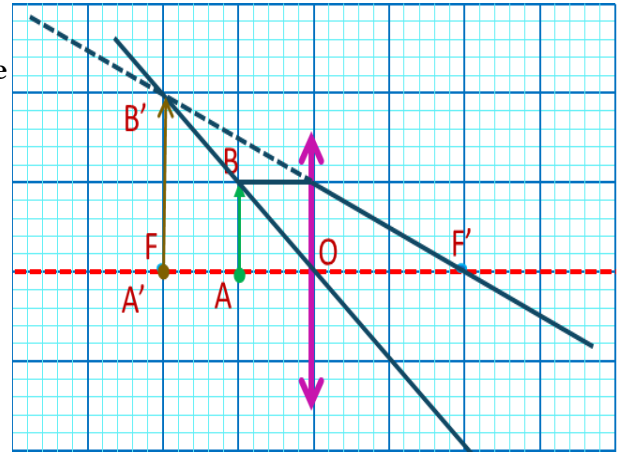
On place un objet **AB** à une distance **$OA = 1\text{cm}$** d'une loupe (une lentille convergente) de distance focale : **$OF = 2\text{cm}$** (voir la figure ci-dessous) .

❶ Construire l'image **A'B'** de l'objet **AB**.

❷ Quelle sont les caractéristiques de l'image **A'B'** ?

❶ Voir la figure ci-dessus .

❷ L'image **A'B'** formée par la loupe est virtuelle, droite et de taille plus grande que celle de l'objet .

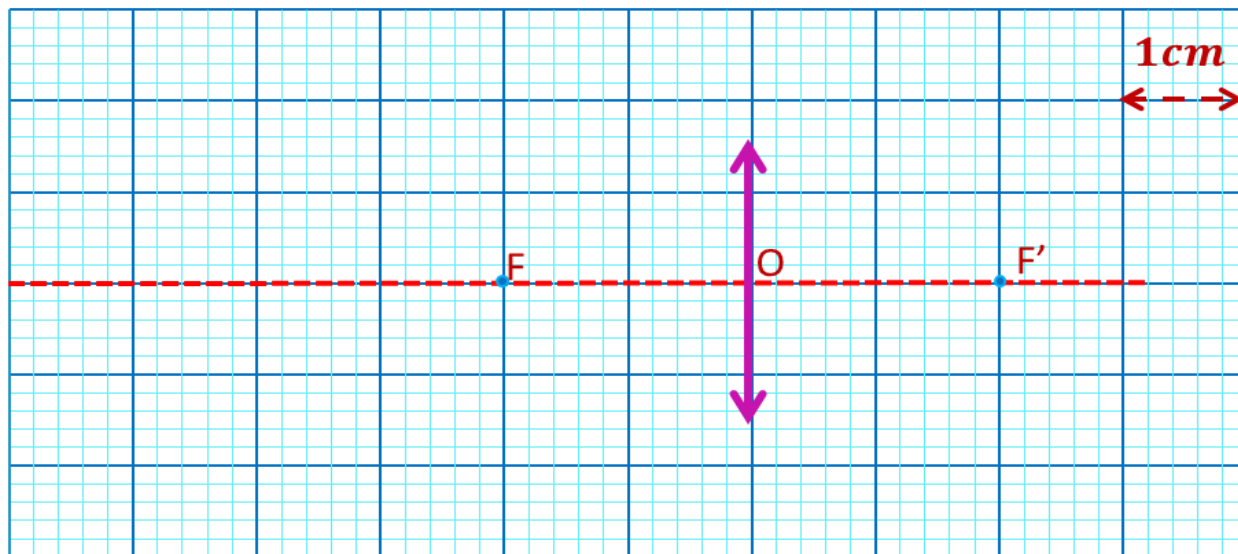


❖ Conclusion

L'image formée par la loupe est virtuelle, droite et de sa taille plus grande que celle de l'objet.

Exercice 1

On considère la lentille convergente modélisée dans le schéma ci-dessous :

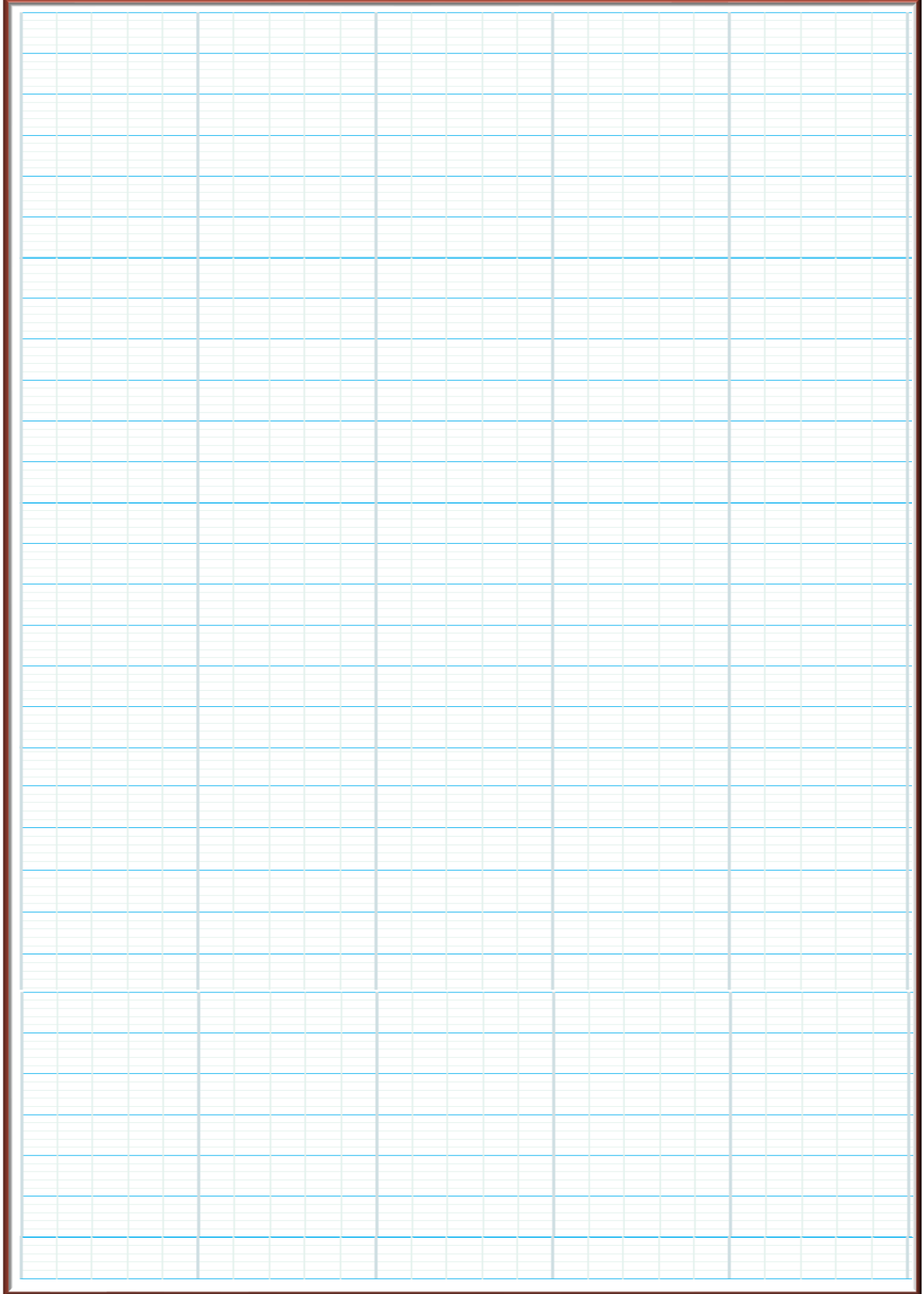


- ① Déterminer la distance focale de cette lentille.
- ② Calculer la vergence de cette lentille .
- ③ On considère un objet **AB** perpendiculaire à l'axe optique de lentille et situé à une distance $OA = 1,5\text{cm}$
 - a – Tracer dans le schéma ci-dessus l'image **A'B'** de l'objet **AB** .
 - b – Déterminer les caractéristiques de cette image .
- ④ On considère un autre objet **CD** situé à une distance $OC = 4\text{cm}$. Déterminer les caractéristique de l'image **C'D'** de cet objet .

Exercice 2

On place un objet lumineux **AB** à une distance $d = 3\text{cm}$ d'une lentille mince convergente de distance focale $f' = 5\text{cm}$. L'objet **AB** est perpendiculaire à l'axe d'optique de sorte que le point **A** appartient à cet axe

- ① En exploitant la relation de conjugaison calculer la distance OA' où **A'** est l'image du point **A**.
- ② Calculer le grandissement de cette lentille.
- ③ Calculer la longueur de l'image **A'B'** .
- ④ Dédire les caractéristiques de l'image **A'B'** .
- ⑤ En utilisant une échelle convenable, construire l'objet **AB** et son image **A'B'**



PARTIE *III* : Chimie organique

1

Expansion de la chimie organique

2

Les molécules organiques et les squelettes carbonés

3

Groupes caractéristiques - Réactivité des alcools





Situation-problème

La chimie organique a contribué au développement de plusieurs domaines tels que l'agriculture, la pharmacie et les industries pétrolières.



Quel est le domaine d'étude de la chimie organique ?

Qu'est-ce qu'une molécule organique ? et quels sont les éléments chimiques qui la composent ?

Objectifs



Connaître le domaine d'étude de la chimie organique.



Savoir que les composés organiques sont principalement constitués d'atomes de carbone.



Savoir exploiter la règle de l'octet et la règle du duet pour connaître les liaisons que peut établir un atome de carbone avec ses atomes voisins.

I La chimie organique et ses ressources naturelles

① Définition

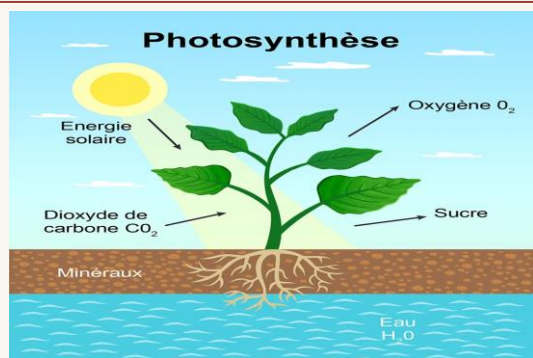
La chimie organique est le domaine de la chimie qui étudie les composés organiques, c'est-à-dire les composés du carbone. Ces composés peuvent être naturels ou synthétiques.

② Les ressources naturelles de la chimie organique

❖ La photosynthèse

La photosynthèse est le processus bioénergétique qui permet aux végétaux de synthétiser de la matière organique en utilisant l'énergie lumineuse, l'eau et le dioxyde de carbone

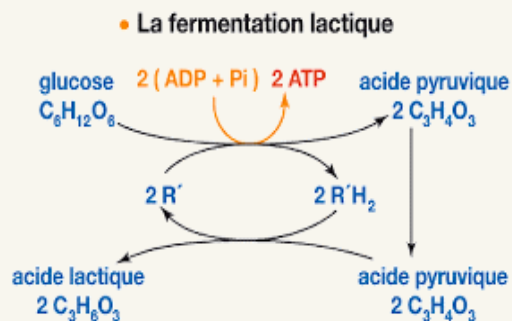
Exemple : synthèse du glucose



❖ La synthèse biochimique

Les cellules des êtres vivants fabriquent leurs propres substances organiques à partir des aliments : c'est la synthèse biochimique.

Exemple : les muscles transforment le glucose en acide lactique



❖ Les hydrocarbures fossiles

Les combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel et charbon) sont les matières premières de l'industrie chimique et la source d'énergie la plus utilisée dans le monde. Ces composés sont formés par la décomposition d'organismes végétaux et animaux marins microscopiques accumulés au fond des mers.



II Les liaisons covalentes autour de l'atome de carbone

① Tétravalence du carbone

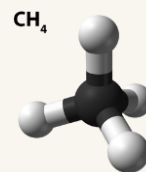
Le numéro atomique de l'atome de carbone est $Z = 6$ donc sa structure électronique est $:(K)^2(L)^4$.

La règle de l'octet permet de prévoir que l'atome de carbone établit quatre liaisons covalentes avec les atomes voisins. Donc l'atome de carbone est tétravalent.

② Les liaisons possibles de l'atome de carbone

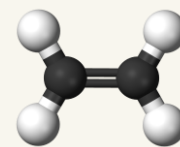
❖ Quatre liaisons simples

Dans la molécule de méthane CH_4 , l'atome de carbone forme quatre liaisons covalentes simples avec quatre atomes d'hydrogène, la molécule a la forme d'un tétraèdre régulier.



❖ Deux liaisons simples et une liaison double

Dans la molécule de l'éthylène C_2H_4 l'atome de carbone forme une liaison covalente double avec l'autre atome de carbone et deux liaisons covalentes simples avec deux atomes d'hydrogènes, la molécule forme un trigonale plane.



❖ Une liaison simple et autre triple

Dans la molécule de l'acétylène C_2H_2 chaque atome de carbone forme une liaison triple avec l'autre atome de carbone et une liaison simple avec un atome d'hydrogène. La molécule est linière.



❖ Deux liaison covalentes doubles

Dans la molécule de dioxyde de carbone CO_2 l'atome de carbone forme une liaison covalente double avec chacun des deux atomes d'oxygène. La molécule est linière.



III Importance de la chimie organique

La chimie organique prend de plus en plus une place importante dans la chimie industrielle, car elle fournit la matière première à tous les autres domaines.

On distingue les secteurs de la chimie organique selon les produits formés:

- La chimie lourde: Elle assure la fabrication des matières plastiques et du caoutchouc. Cette production en gros tonnages s'effectue en peu d'étapes et à partir de matières premières facilement accessibles.
- La chimie fine :Elle produit des molécules plus complexes utilisées dans la formation et la fabrication de produits pharmaceutiques .

Exercice 1

① Répondre par vrai ou faux

- ☐ L'oxygène est le composant principal des molécules organiques.
- ☐ L'eau H_2O est molécule organique .
- ☐ L'atome de carbone est tétravalent car il possède quatre doublets liants.
- ☐ Le dioxyde de soufre CS_2 est une molécule linéaire.
- ☐ Le tétrachlorure de carbone CCl_4 est une molécule à la forme d'un tétraèdre régulier

Exercice 2

Grâce au mécanisme complexe de la photosynthèse et avec seulement de l'air, de l'eau et du soleil, les végétaux chlorophylliens élaborent du fructose (dans les fruits par exemple) de formule chimique $C_xH_yO_z$. La masse molaire du fructose est : $M = 270g.mol^{-1}$ et les pourcentages massiques des éléments chimiques composant cette molécule sont :

$$x(C) = 26,67\% ; x(H) = 8,15\% ; x(O) = 65,18\%$$

- ① Déterminer les valeurs des coefficients x ; y et z .
- ② Dédire la formule brute de la molécule de fructose.
- ③ Écrire l'équation de la réaction chimique modélisant la synthèse du fructose dans les fruits

❖ Données

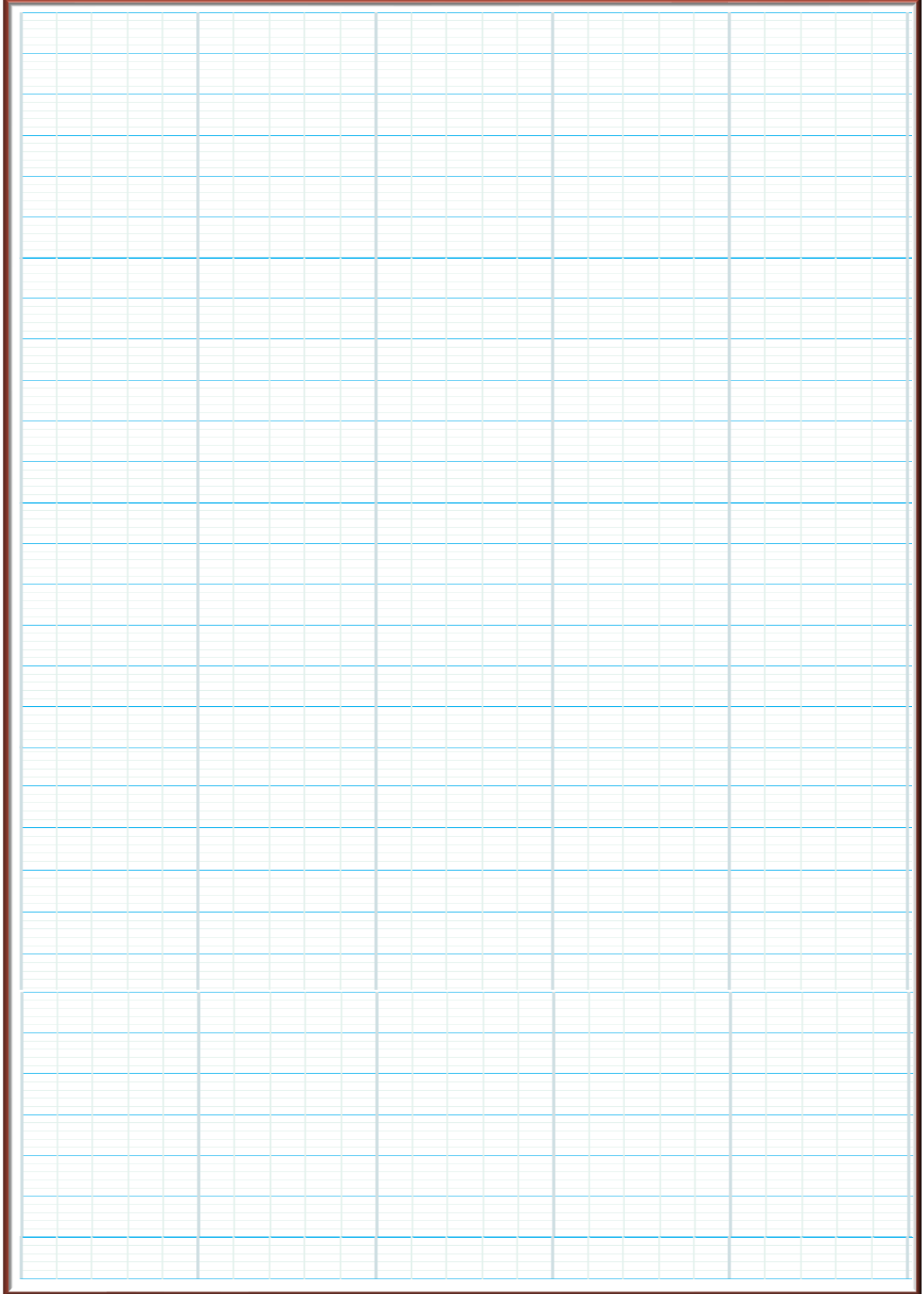
- La masse molaire du carbone : $M(C) = 12g.mol^{-1}$
- La masse molaire d'oxygène : $M(O) = 16g.mol^{-1}$
- La masse molaire d'hydrogène : $M(H) = 1g.mol^{-1}$

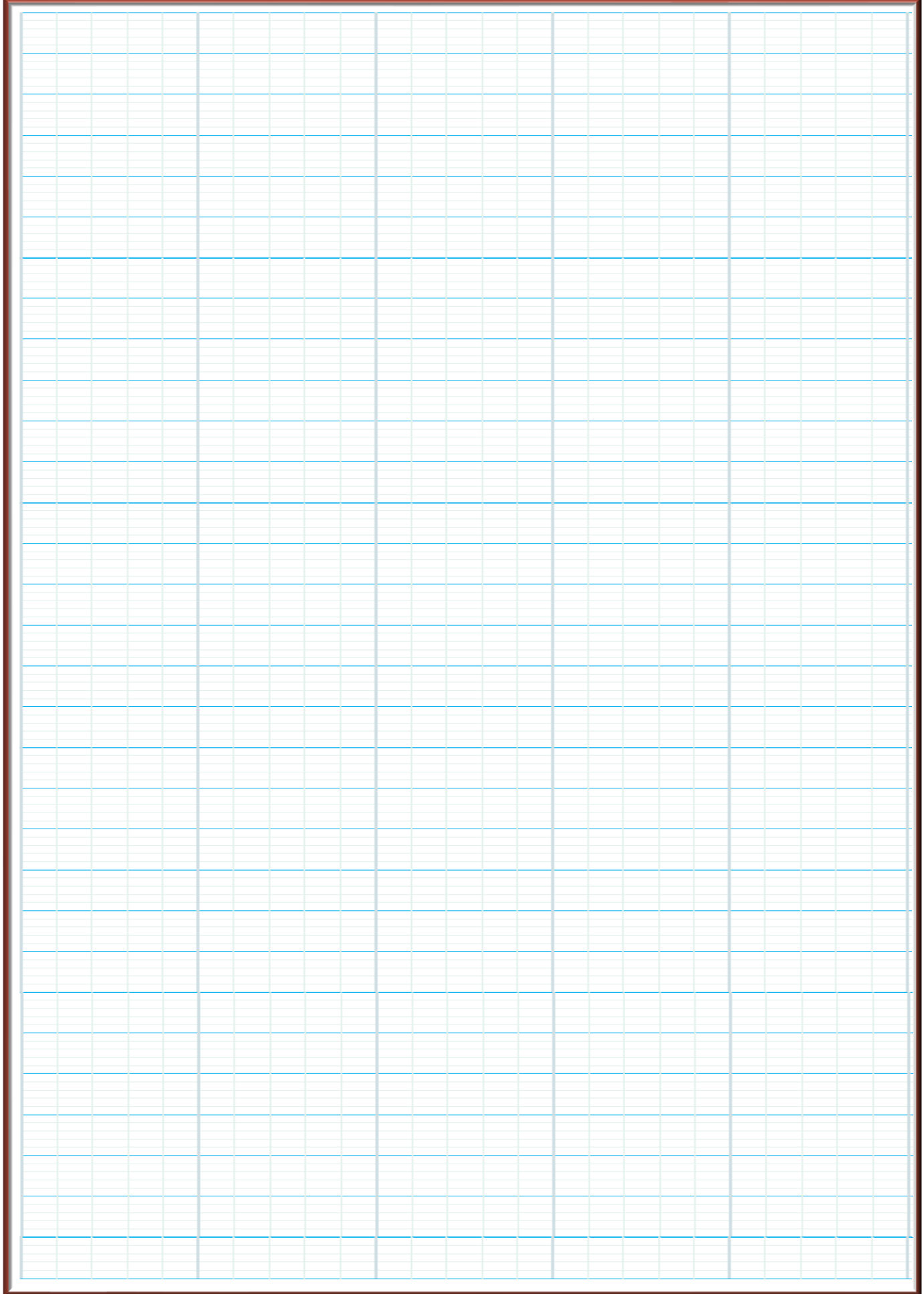
Exercice 3

Le butane (gaz) est un hydrocarbure saturé de la famille des alcanes et de formule brute C_xH_{2x+2} , sa densité est : $d = 2$

- ① Calculer la masse molaire du butane.
- ② Dédire la formule brute de la molécule du butane.
- ③ Calculer les pourcentages massiques des éléments chimiques composant la molécule du butane .
- ④ La combustion complète du butane dans le dioxygène conduit à la formation du dioxyde de carbone et de l'eau. Écrire l'équation de cette combustion.

- ❖ Données
- La masse molaire du carbone : $M(C) = 12g.mol^{-1}$
 - La masse molaire d'hydrogène : $M(H) = 1g.mol^{-1}$







Situation-problème

Le diesel est un mélange complexe d'hydrocarbures obtenu par la distillation du pétrole brut. Il est constitué d'hydrocarbures ayant un nombre de carbone majoritairement compris entre C9 et C20, et possédant un point d'ébullition compris approximativement entre 163°C et 357°C .



Quel-ce qu'un hydrocarbure? Et quelle est sa formule brute?
Comment établir le nom d'un hydrocarbure?

Objectifs



Connaître les différentes formules chimiques d'une molécule.



Connaître les différents types des chaines carbonées.



Définir les isomères Z et E



Connaître le groupe d'alcane et el groupe d'alcènes .



Connaître les règles de nomenclature des alcanes et des alcènes.



Connaître certaines techniques utilisées pour modifier des squelettes carbonés.

I Les chaînes carbonées « les squelettes carbonés »

① Définition

On appelle chaîne carbonée ou squelette carboné d'une molécule organique , l'enchaînement d'atomes de carbones constituant cette molécule .

② Types des chaînes carbonées

❖ Les chaînes carbonées saturées et insaturées

- Lorsque les atomes de carbones ne forment que des liaisons simples entre eux, la chaîne est dite saturée .
- Lorsqu'au moins deux atomes de carbones forment entre eux une liaison double ou triple la chaîne est dite insaturée .

❑ Exemples

Chaînes saturées :



Chaînes insaturées



❖ Les chaînes carbonées linéaires, ramifiées et cycliques

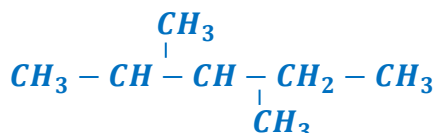
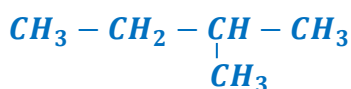
- La chaîne carbonée est dite linéaire si chaque atome de carbone est lié avec un autre atome de carbone ou avec deux autres atomes de carbone .
- La chaîne carbonée est dite ramifiée, si elle contient au moins un atome de carbone qui est lié avec trois autres atomes de carbone .
- La chaîne carbonée est dite cycliques, si chaque atome de carbone dans la chaîne est lié avec deux autres atomes de carbones .

❑ Exemples

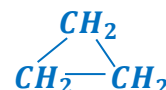
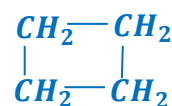
Chaînes linéaires



Chaînes saturées ramifiées



Chaînes cycliques



③ Représentation d'une molécule organique

❖ La formule brute

La formule brute d'une molécule organique indique le nombre et la nature des atomes constituant cette molécule .

❖ La formule semi-développée

La formule semi-développée d'une molécule organique fait apparaître tous les atomes constituant la molécule ainsi que toutes les liaisons entre ces atomes à l'exception des liaisons avec les atomes d'hydrogène .

❖ La formule développée

La formule développée d'une molécule organique fait apparaître tous les atomes constituant la molécule ainsi que toutes les liaisons entre ces atomes .

❖ L'écriture topologique

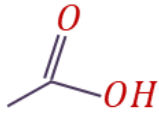
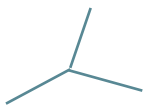
La formule topologique d'une molécule organique est une représentation simplifiée dans laquelle les atomes de carbone et la majorité des atomes d'hydrogène ne sont pas représentés . Par contre, les hétéroatomes (oxygène , azote , chlore,...) et les éventuels atomes d'hydrogènes qu'ils portent , sont représentés .

Règles :

- La chaîne carbonée est représentée par une ligne brisée (en zigzag) portant éventuellement des ramifications. Les atomes de carbone et les atomes d'hydrogène qui leurs sont liés ne sont pas représentés .
- La liaison entre les atomes de carbones est représentée par un segment dont chaque extrémité correspond à un atome de carbone .
- Les doubles liaisons sont représentées par des doubles segments .

❑ Exemples

Molécule	Formule brute	Formule semi-développée	Formule développée	Écriture topologique
Propane	C_3H_8			
Hexane	C_6H_{14}			
Ethanol		$CH_3 - CH_2 - OH$		

Acide éthanoïque				
2-méthyle propane				

II Les hydrocarbures saturés

① Définitions

- Les alcanes sont des hydrocarbures saturés (ils sont constitués par des atomes de carbone et des atomes d'hydrogène liés entre eux par des liaisons simples $C - C$ et $C - H$)
- La formule brute générale d'un alcane est C_nH_{2n+2} : avec n est un nombre entier tel que $n \geq 1$
- On distingue entre deux types d'alcanes :
 - Les alcanes linéaires
 - Les alcanes ramifiés
- Les radicaux alkyles sont des hydrocarbures saturés de formule brute C_nH_{2n+1}
- Les cycloalcanes sont des hydrocarbures cycliques saturés, dont la formule brute générale est C_nH_{2n} avec n est un nombre entier tel que $n > 2$

② Nomenclature des hydrocarbures

❖ Nomenclature des alcanes linéaires

Le nom de l'alcane est formé du suffixe « ane » précédé d'un terme groupe qui correspond au nombre de carbone dans la chaîne .

▪ Exemples

Nombre de carbone dans l'alcane	Nom de l'alcane	Formule brute	Formule semi-développée	Écriture topologique
1: Méth	Méthane			
2: Éth	Éthane			
3: Prop	Propane			
4: But	Butane			

10: <i>Pent</i>	<i>Décane</i>			
-----------------	---------------	--	--	--

❖ Nomenclature des radicaux alkyles

Le nom de l'alkyle s'obtient à partir du nom de l'alcane correspondant (qui a le même nombre d'atomes de carbone) en remplaçant la terminaison « ane » par « yle ».

■ Exemples

Nombre de carbone dans l'alcane	Nom de l'alcane	Formule brute	Nom de l'alkyle correspondant	Formule brute
1: <i>Méth</i>	<i>Méthane</i>			
2: <i>Éth</i>	<i>Éthane</i>			
3: <i>Pro</i>	<i>Propane</i>			
4: <i>But</i>	<i>Butane</i>			
5: <i>But</i>	<i>pentane</i>			

❖ Nomenclature des alcanes ramifiés

Le nom d'un alcane ramifié est déterminé en appliquant les règles suivantes :

- On cherche la chaîne carbonée la plus longue (chaîne carbonée principale) .
- On place en préfixe le nom du groupe alkyle précédé d'un nombre (qui montre la position de l'alkyle dans la chaîne principale), puis on complète par le nom de la chaîne principale
- S'il y a plusieurs radicaux alkyles, on les place par ordre alphabétique .
- S'il y a les mêmes radicaux qui sont répétés, on utilise les préfixes multiplicateurs (di, tri, tétra) .

■ Exemples

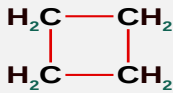
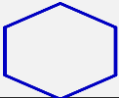
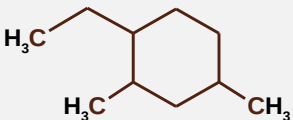
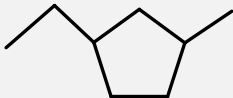
Formule semi-développée de l'alcane ramifié	Nom de l'alcane ramifié
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{HC}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-méthyle propane
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2,2-diméthyle propane

Formule semi-développée de l'alcane ramifié	Nom de l'alcane ramifié
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{HC}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-méthyle butane
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{HC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$	3-éthyle 2-méthyle propane

❖ Nomenclature des cycloalcane

Le nom d'un cycloalcane est déterminé en utilisant le préfixe « *cyclo* » suivi par le nom de l'alcane correspondant

■ Exemples

Le cycloalcane	Nom du cycloalcane
	cyclobutane
	cyclohexane
	1-éthyle 2,4-méthyle cyclohexane
	1-éthyle 3-diméthyle cyclopentane

III Les alcènes

① Définition

Les alcènes sont des hydrocarbures insaturés caractérisés par la présence d'une double liaison $\text{C}=\text{C}$. Leur formule brute est : C_nH_{2n}

② Nomenclature des alcènes

Pour nommer un alcène, on suit la démarche suivante:

- On détermine la chaîne carbonée principale qui contient la liaison double.
- On numérote cette chaîne de façon que la double liaison prend le petit numéro possible.
- On remplace dans le nom de l'alcane le suffixe (*-ane*) par le suffixe (*-ène*) précédé d'un chiffre indiquant la position de la double liaison dans la chaîne.
- On précise comme pour les alcanes ramifiés les positions des alkyles.

Exemples

Le cycloalcane	Nom du cycloalcane
$CH_2 = CH - CH_3$	Propène
$CH_3 - CH_2 - CH = CH_2$	But-1-ène
$ \begin{array}{c} CH_3 - C = CH - CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array} $	2-méthyle But-1-ène
$ \begin{array}{c} CH_3 - C = CH - CH - CH_3 \\ \qquad \qquad \\ CH_3 \qquad \qquad CH_3 \end{array} $	4-méthyle pent—2-ène

③ Les isomères

❖ Définition

Les isomères sont des molécules qui ont la même formule brute mais des formules semi-développées ou développées différentes .

❖ Types d'isoméries

Isomérie de constitution : On parle d'isomérie de constitution lorsque les molécules diffèrent les unes des autres au niveau de l'enchaînement des atomes de carbone (isomère de chaîne) ou par la position de la double liaison dans la chaîne carbonée (isomère de position) .

Isomérie de fonction : Il s'agit de molécules ayant la même formule moléculaire, mais des groupes fonctionnels différents.

Isomérie de configuration (E et Z) : Il s'agit de molécules ayant la même formule moléculaire, mais des représentations spatiales différentes.

Exemples

Molécules isomères	Type d'isomérie	Explication
$ \begin{array}{l} \textcircled{1} \quad CH_2 = CH - CH_2 - CH_3 \\ \textcircled{2} \quad CH_3 - CH = CH - CH_3 \end{array} $	Isomère de position	Les deux molécules ayant la même formule C_4H_8 mais différent au niveau du position de la double liaison
$ \begin{array}{l} \textcircled{3} \quad CH_3 - \underset{\substack{ \\ CH_3}}{CH} - CH_2 - CH_3 \\ \textcircled{4} \quad CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3 \end{array} $	Isomère de chaîne	Les deux molécules ayant la même formule C_5H_{12} mais leurs chaînes carbonées sont différentes

⑤ $CH_3 - CH_2 - C(=O)OH$ ⑥ $CH_3 - C(=O) - O - CH_3$	Isomère de fonction	Les deux molécules ayant la même formule $C_3H_6O_2$ mais leurs groupes fonctionnels sont différentes : ⑤ Il s'agit d'un acide carboxylique ⑥ Il s'agit d'un ester .
⑦ ⑧	Isomère de configuration	Les deux molécules ayant la même formule C_4H_8 mais leurs représentations spatiales sont différentes . ⑦ Il s'agit d'une isomérie (Z) ⑧ Il s'agit d'une isomérie (E).

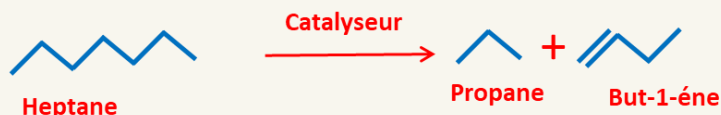
IV Modification du squelette carboné

① Craquage de la chaîne carbonée

- Le craquage est une opération qui consiste à transformer des hydrocarbures lourds en hydrocarbures légers
- On distingue deux types de craquage qui sont :

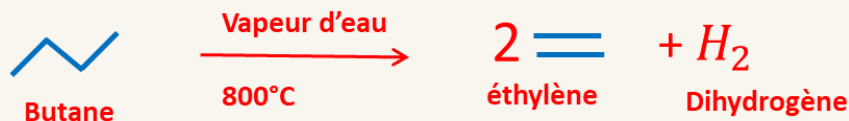
- Craquage catalytique** : il se fait en présence d'un catalyseur

Exemple :



- Vapocraquage** : il se fait à une température voisine de 800°C et en présence de la vapeur d'eau

Exemple :



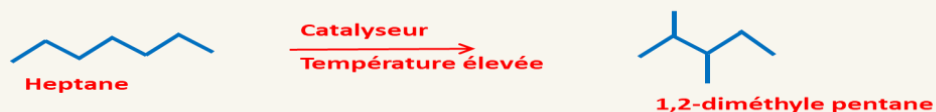
② Reformage catalytique

Le reformage est un procédé industriel qui consiste à modifier la structure d'un hydrocarbure sans changer le nombre de ses atomes .

On distingue trois types de reformages qui sont:

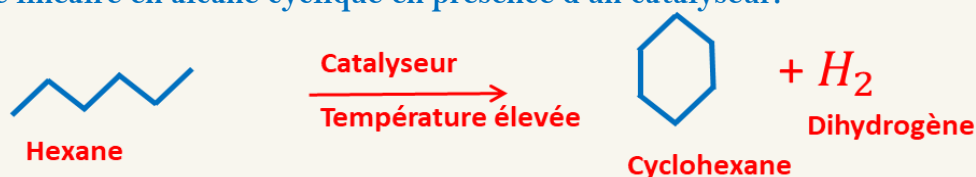
- La ramification** : Un alcane à chaîne linéaire se transforme en un isomère à chaîne ramifiée.

Exemple :



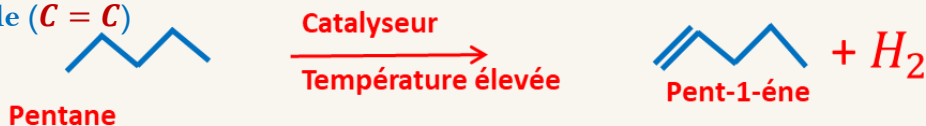
- **La cyclisation:** est une transformation organique qui consiste à transformer un alcane linéaire en alcane cyclique en présence d'un catalyseur.

Exemple



- **La déshydrogénation :** consiste à transformer une liaison simple ($C - C$) en une liaison double ($C = C$)

Exemple :

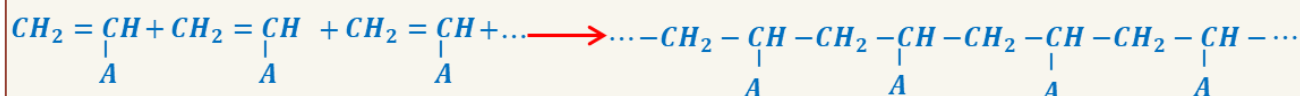


③ Polymérisation

La polymérisation est une réaction chimique au cours de laquelle plusieurs molécules identiques appelées monomères s'assemblent pour former une molécule de chaîne plus longue appelée polymère.

La réaction de polymérisation s'écrit sous la forme suivante : $n \text{ Monomères} \longrightarrow \text{Polymère}$

Ou bien :



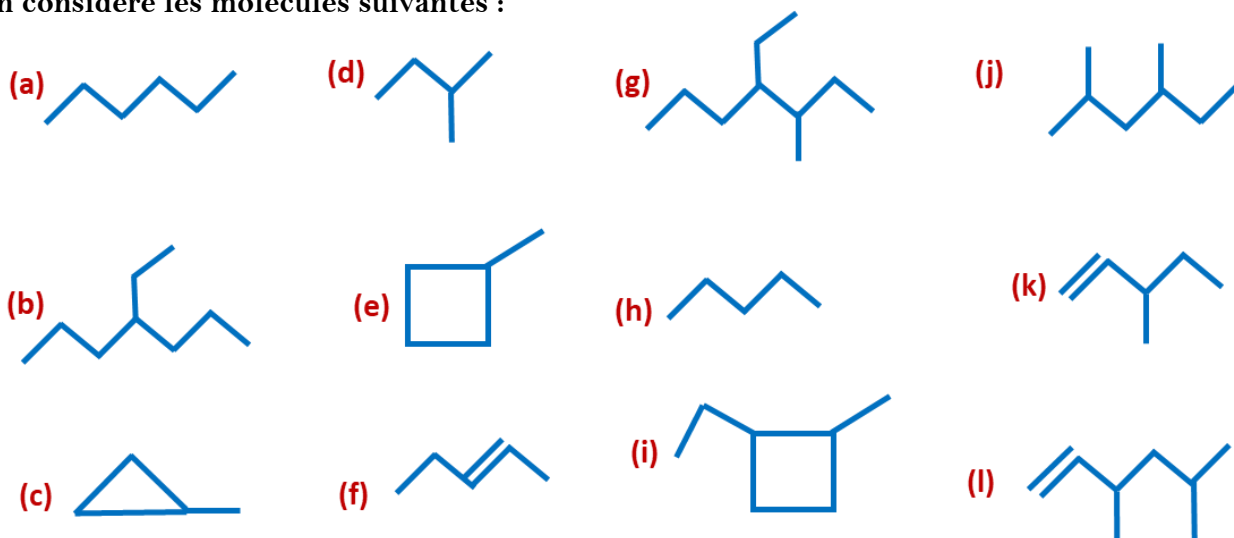
Exercice 1

1 Répondre par vrai ou faux

- ☐ Les hydrocarbures sont des molécules organiques.
- ☐ La formule générale des alcanes cycliques est : $C_{2x}H_{2x+2}$
- ☐ Le cyclohexane est un alcane linéaire.
- ☐ La formule brute du 2-éthyle hexane est C_8H_{18}
- ☐ La formule semi-développée du 2,3-méthyle pentane est :
$$CH_3 - \underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH} - \overset{\substack{| \\ CH_3}}{CH} - CH_2 - CH_3$$
- ☐ La polymérisation est une transformation chimique qui permet de produire des chaînes carbonées longues à partir des autres courtes.
- ☐ Le reformage catalytique sert à transformer des hydrocarbures lourds en hydrocarbures légers.
- ☐ Les isomères sont des molécules qui possèdent la même formule développée.
- ☐ Tous les alcanes s'évaporent à la même température.
- ☐ La ramification consiste à transformer un alcane linéaire en un alcane ramifié en gardant le même nombre d'atome qu'il contient.

Exercice 2

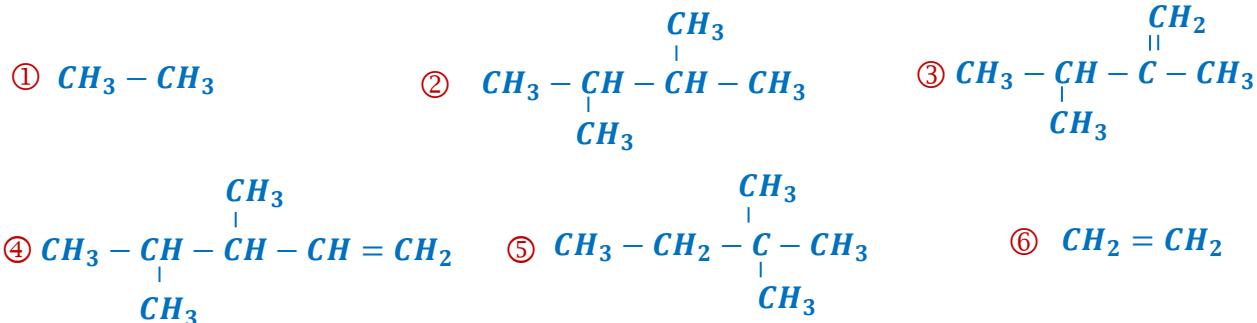
On considère les molécules suivantes :



- 1 Donner la formule brute de chaque molécule.
- 2 Donner la formule semi-développée de chaque molécule.
- 3 Donner le nom de chaque molécule.
- 4 Parmi ses molécules suivantes, lesquels sont des isomères ?

Exercice 3

On considère les molécules suivantes :



- ① Donner la formule brute de chaque molécule.
- ② Donner le nom de chaque molécule.

Exercice 4

La formule brute d'un hydrocarbure saturé, cyclique non ramifié est C_xH_y

La masse molaire de l'hydrocarbure est $M = 98 g \cdot mol^{-1}$

- ① Quelle est la relation entre x et y .
- ② Déterminer la valeur de x et déduire la formule brute de cet hydrocarbure.
- ③ Donner le nom et la représentation topologique de cet hydrocarbure.

- ❖ **Données**
- La masse molaire du carbone : $M(C) = 12 g \cdot mol^{-1}$
 - La masse molaire d'hydrogène : $M(H) = 1 g \cdot mol^{-1}$

Exercice 5

Le craquage catalytique d'un hydrocarbure linéaire et saturé conduit à la formation du méthyle propane, l'éthène et le dihydrogène

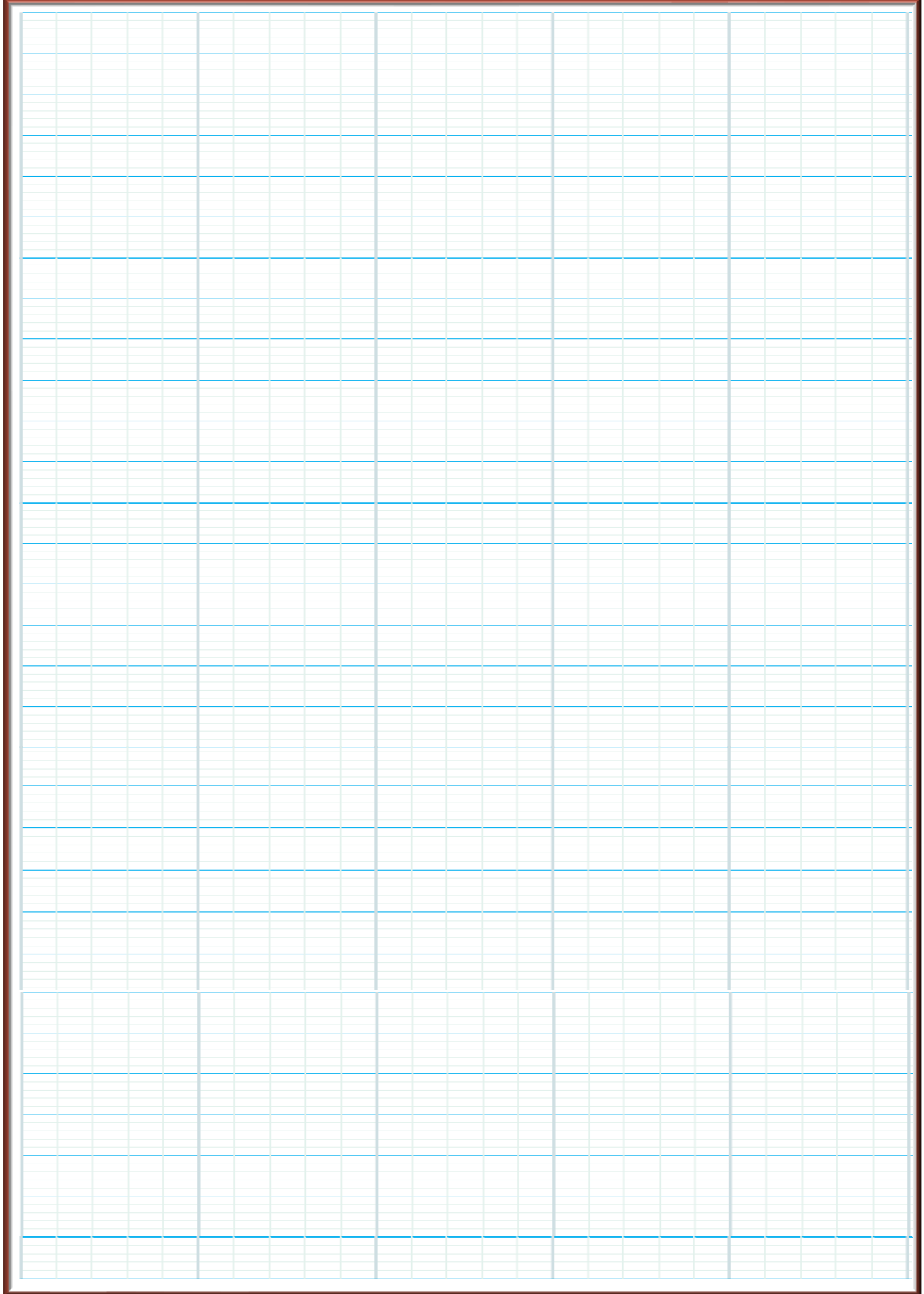
- ① Donner la formule brute de chacun des trois composés.
- ② Donner la formule semi-développée de l'éthène et celle de méthyle propane.
- ③ Écrire l'équation de cette réaction de craquage.

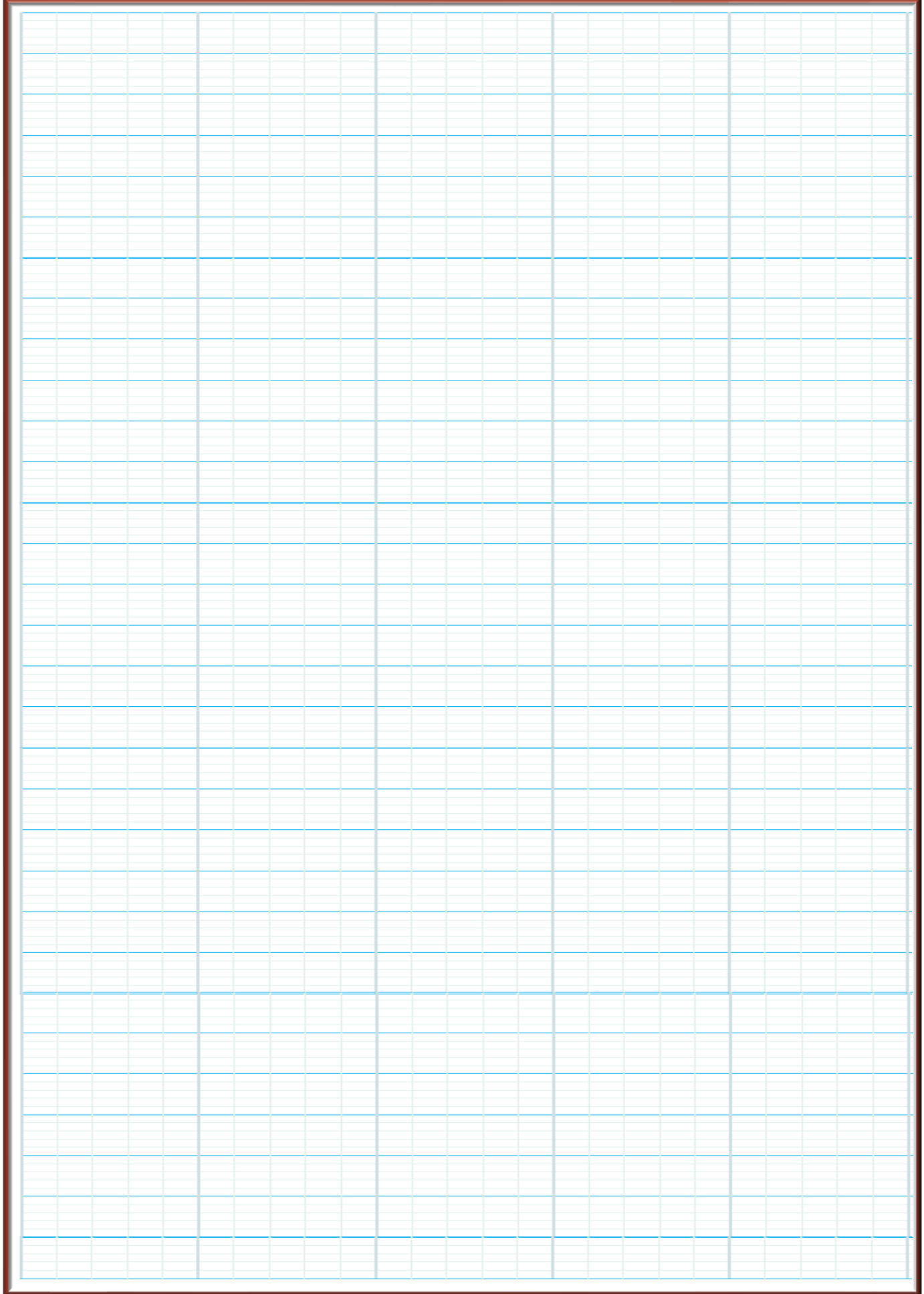
Exercice 6

La polymérisation d'un alcène **A** conduit à la formation d'un polymère **B** de masse molaire $M = 75 K g \cdot mol^{-1}$

- ① Calculer la masse molaire de l'alcène **A** sachant que l'indice de polymérisation est $n = 3000$
- ② Donner la formule semi-développée alcène **A**

- ❖ **Données**
- La masse molaire du carbone : $M(C) = 12 g \cdot mol^{-1}$
 - La masse molaire d'hydrogène : $M(H) = 1 g \cdot mol^{-1}$







Situation-problème

L'acide éthanoïque est le composé essentiel du vinaigre, ce composé appartient à une famille organique appelée famille des acides carboxyliques. Cette famille a un groupe caractéristique appelé carboxyle.

- 🧐 Qu'est-ce qu'une famille organique? Et qu'est-ce qu'un groupe caractéristique?
- 🧐 Comment établir les noms des composés organiques?

Objectifs

- 💡 Définir le groupe caractéristique et le carbone fonctionnel.
- 💡 Connaître quelques familles organiques (les amines, les cétones, les aldéhydes, les acides carboxyliques et les alcools) et savoir établir les noms des molécules organiques composant ces familles.
- 💡 Connaître les types des alcools.
- 💡 Connaître quelques transformations chimiques des alcools.

I Groupe caractéristique et carbone fonctionnel

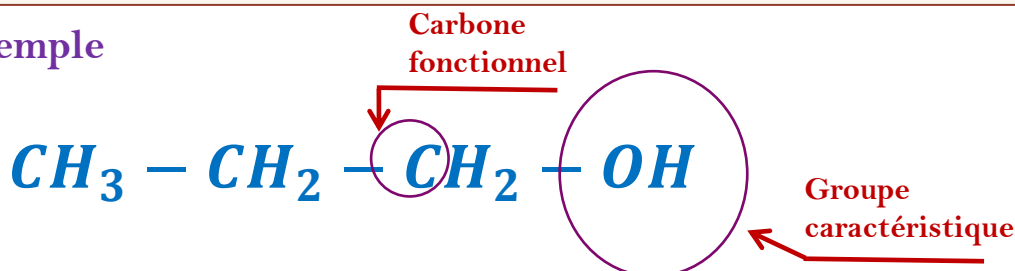
① Groupe caractéristique

On appelle groupe caractéristique ou groupe fonctionnel, l'ensembles des atomes spécifiques aux molécules qu'ils le possèdent

② Carbone fonctionnel.

- On appelle famille organique l'ensembles des atomes ayant le même groupe fonctionnel

❖ Exemple



II Famille des acides carboxyliques

① Définition

L'acide carboxylique est un composé organique dont la molécule possède le groupement fonctionnel $-COOH$ ou $\begin{array}{c} O \\ // \\ -C \\ | \\ OH \end{array}$ appelé groupe carboxyle.

La formule brute générale des acides carboxyliques est : $R - \begin{array}{c} O \\ // \\ C \\ | \\ OH \end{array}$ avec $-R$ est un groupe alkyle ou atome d'hydrogène.

② Nomenclature des acides carboxyliques

Le nom de l'acide carboxylique se déduit de celui de l'alcane correspondant en remplaçant le « e » dans la terminaison du nom de l'alcane par « oïque » que l'on fait précéder par le mot « *acide* ».

Dans le cas des acides carboxyliques on commence la numérotation à partir du carbone fonctionnel qui se trouve toujours au bout de la chaîne.

▪ Exemples

Acide carboxylique	Nom de l'acide carboxylique
$H_3C - \begin{array}{c} O \\ // \\ C \\ \\ OH \end{array}$	Acide éthanoïque

Exemples

$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array}$	Acide propanoïque
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{OH} \end{array} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Acide 3-méthyle butanoïque

III Famille des aldéhydes

① Définition

L'aldéhyde est un composé organique dont la molécule possède le groupe fonctionnel $-\text{C} \begin{array}{l} \text{H} \\ \text{=O} \end{array}$.

La formule brute générale des aldéhydes est : $\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{H} \\ \text{=O} \end{array}$ avec $-\text{R}$ est un groupe alkyle.

② Nomenclature des aldéhydes

Le nom de l'aldéhyde se déduit de celui de l'alcane correspondant en remplaçant le « e » dans la terminaison du nom de l'alcane par « al ».

Dans le des aldéhydes on commence la numérotation à partir du carbone fonctionnel qui se trouve toujours au bout de la chaîne.

Exemples

Aldéhyde	Nom de l'acide carboxylique
$\text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{H} \\ \text{=O} \end{array}$	Éthanal
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C} \begin{array}{l} \text{H} \\ \text{=O} \end{array} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-méthylpropanal
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \text{H} \\ \text{=O} \end{array} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	3-méthylbutanal

IV Famille des cétones

① Définition

La cétone est un composé organique dont la molécule possède le groupe fonctionnel >C=O appelé groupe carbonyle

La formule brute générale des acides carboxyliques est : $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}'$ avec R et R' sont des groupes alkyles.

② Nomenclature des cétones

Le nom de l'aldéhyde se déduit de celui de l'alcane correspondant en remplaçant le « e » dans la terminaison du nom de l'alcane par « **one** » précédée d'un nombre indiquant la position du carbone fonctionnel dans la chaîne principale .

On donne au carbone fonctionnel le petit nombre possible dans la chaîne principale .

■ Exemples

La cétone	Nom de l'acide carboxylique
$\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$	Propanone
$\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$	4-méthylpentan-2-one
$\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}}-\text{CH}-\text{CH}_3$	3,4-diméthylpentan-2-one

V Famille des composés halogénés

① Définition

Le composé halogéné est un composé organique dont la molécule possède le groupe fonctionnel halogénon $-\text{X}$ où X est un atome de la famille halogènes (Cl , I , F et Br ,...)

② Nomenclature des composés halogénés

Le nom du composé halogéné se déduit de celui de l'hydrocarbure précédé du préfixe halogéno (fluoro, chloro, bromo, iodo) et un nombre indiquant la position du carbone fonctionnel.

On donne au carbone fonctionnel le petit nombre possible dans la chaîne principale .

▪ Exemples

Le composé halogéné	Nom de l'acide carboxylique
$CH_3 - Cl$	Chlorométhane
$CH_3 - CH_2 - \underset{\substack{ \\ CH_3}}{CH} - CH - I$	1-Iodo-2-méthyle butane
$CH_3 - \underset{\substack{ \\ CH_3}}{CH} - \underset{\substack{ \\ Br}}{CH} - CH_3$	2-Bromo-3-éthylebutane

VI Famille des alcools

① Définition

La molécule d'alcool contient le groupe fonctionnel $-OH$ appelé groupe hydroxyle

La formule brute générale des alcools est : $R - OH$ avec $-R$ est un groupe alkyle $-C_nH_{2n+1}$

② Classes des alcools

On distingue trois classes d'alcools :

- Alcool primaire : dans lequel le carbone fonctionnel est lié à un autre atome de carbone .
- Alcool secondaire: dans lequel le carbone fonctionnel est lié à deux autres atomes de carbone .
- Alcool tertiaire : dans lequel le carbone fonctionnel est lié à trois autres atomes de carbone .

Exemples

Alcool primaire	Alcool secondaire	Alcool tertiaire
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{OH}$	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$

③ Nomenclature des alcools

- Le nom de l'alcool se déduit du nom de l'alcane correspondant (qui comporte le même nombre d'atomes de carbones) en remplaçant le « e » dans la terminaison du nom de l'alcane par « ol » .
- Pour les alcools ramifiés , la chaîne carbonée principale est la plus longue chaîne qui comporte le carbone fonctionnel, et pour préciser la position du groupe $-\text{OH}$ sur la chaîne carbonée, on utilise le suffixe « ol » précédé du plus petit nombre qui indique la position du carbone fonctionnel sur la chaîne carbonée principale .

Exemples

Alcool	Nom de l'alcool
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$	Éthanol
$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	Propan-1-ol
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{OH} \end{array}$	1-méthyle propane-1-ol

VII Réactivité des alcools

① L'oxydation complète « la combustion complète » des alcools

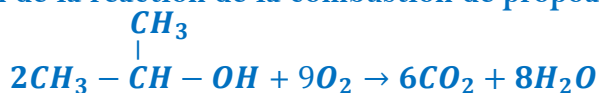
- La combustion complète d'un alcool conduit à la formation du dioxyde de carbone CO_2 et de l'eau H_2O selon l'équation suivante : $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}-\text{OH} + \frac{3n}{2}\text{O}_2 \rightarrow n\text{CO}_2 + (n+1)\text{H}_2\text{O}$

Exemples

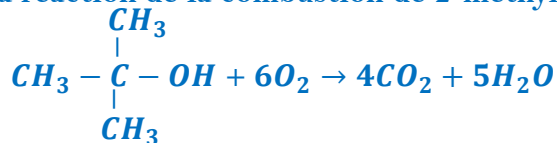
- L'équation de la réaction de la combustion d'éthanol est :



- L'équation de la réaction de la combustion de propan-2-ol:



- L'équation de la réaction de la combustion de 2-méthyl propan-2-ol:



② L'oxydation ménagée des alcools

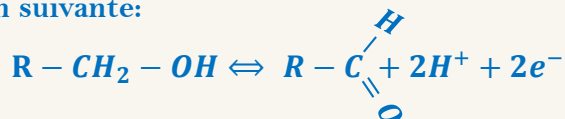
❖ Définition

- L'oxydation ménagée des alcools est une transformation chimique au cours de laquelle la structure carbonée est conservée ; seul le carbone fonctionnel est attaqué.
- Les produits formés lors de l'oxydation ménagée dépendent de la classe de l'alcool utilisé.

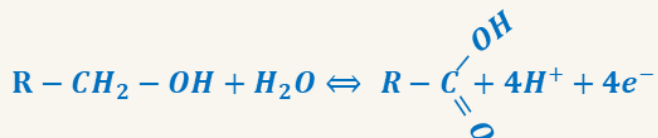
❖ L'oxydation ménagée des alcools primaires

Les produits formés lors de l'oxydation ménagée d'un alcool primaire dépendent de la quantité de matière utilisée.

- **Cas d'une oxydation en défaut « l'oxydant est utilisé en quantité faible » :** l'alcool se transforme en aldéhyde selon la demi-équation suivante:



- **Cas d'une oxydation en excès: « l'oxydant est utilisé en excès »** l'alcool se transforme en acide carboxylique selon la demi-équation suivante:



❖ Application

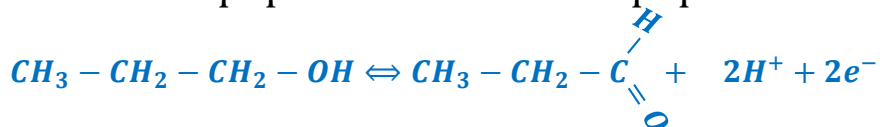
Écrire la demi-équation de l'oxydation du propan-1-ol par l'ion permanganate MnO_4^- dans les cas suivants :

a – l'ion permanganate MnO_4^- est utilisé en quantité faible:

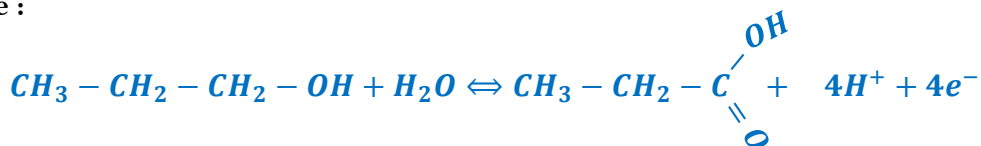
b – l'ion permanganate MnO_4^- est utilisé en excès:

Donnée: le couple *ox/red* de l'ion MnO_4^- est : MnO_4^- / Mn^{2+}

a – Dans ce cas le propan-1-ol se transforme en propanal selon la demi-équation suivante :

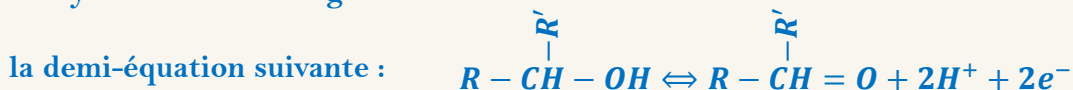


b – Dans ce cas le propan-1-ol se transforme en acide propanoïque selon la demi-équation suivante :



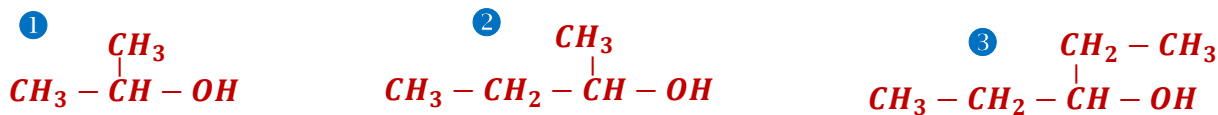
❖ L'oxydation ménagée des alcools secondaires

L'oxydation d'un ménagée d'un alcool secondaire conduit à la formation d'une cétone selon

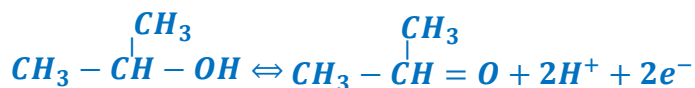


❖ Application

Écrire la demi-équation d'oxydation ménagée pour chacun des alcools suivants en déterminant les noms des réactifs et des produits:



① Le propan-2-ol se transforme en propan-2-one selon la demi-équation suivante :



② Le butan-2-ol se transforme en butan-2-one selon la demi-équation suivante :



③ Le pentan-3-ol se transforme en pentan-3-one selon la demi-équation suivante :



❖ Remarque

- Les alcools tertiaires ne subissent pas d'oxydation ménagée .

③ Réaction déshydratation

- La déshydratation d'un alcool est une transformation chimique qui consiste à l'élimination d'une molécule d'eau de la chaîne carbonée d'un alcool.
- L'équation de déshydratation d'un alcool conduit à la formation d'un alcène
- Cette transformation se produit en présence d'un catalyseur et à une température très élevée (environ de 350°C)

④ Réaction substitution

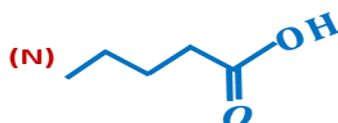
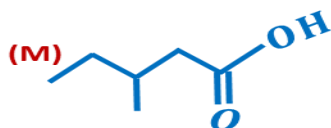
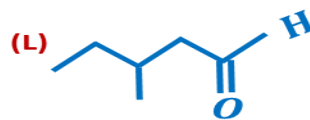
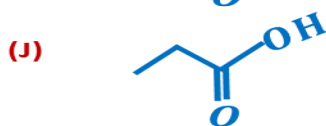
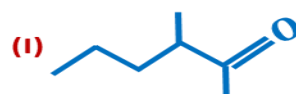
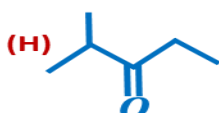
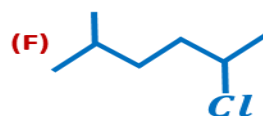
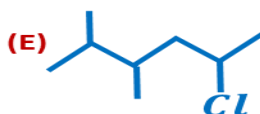
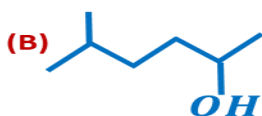
- Le groupe hydroxyle $-HO$ de alcool peut être substituer par un groupe halogène X ce qui conduit à la formation d'un composé halogéné.

VIII Rendement de la synthèse

- Le rendement d'une synthèse est égal au rapport de la quantité expérimentale n_{exp} d'un produit par sa quantité de matière théorique n_{th} : $r = \frac{n_{exp}}{n_{th}}$
- Le rendement est une grandeur sans unité, il peut être exprimé en pourcentage

Exercice 1

On considère les molécules suivantes :



- ① Donner la famille de chaque molécule.
- ② Donner le nom de chaque molécule.

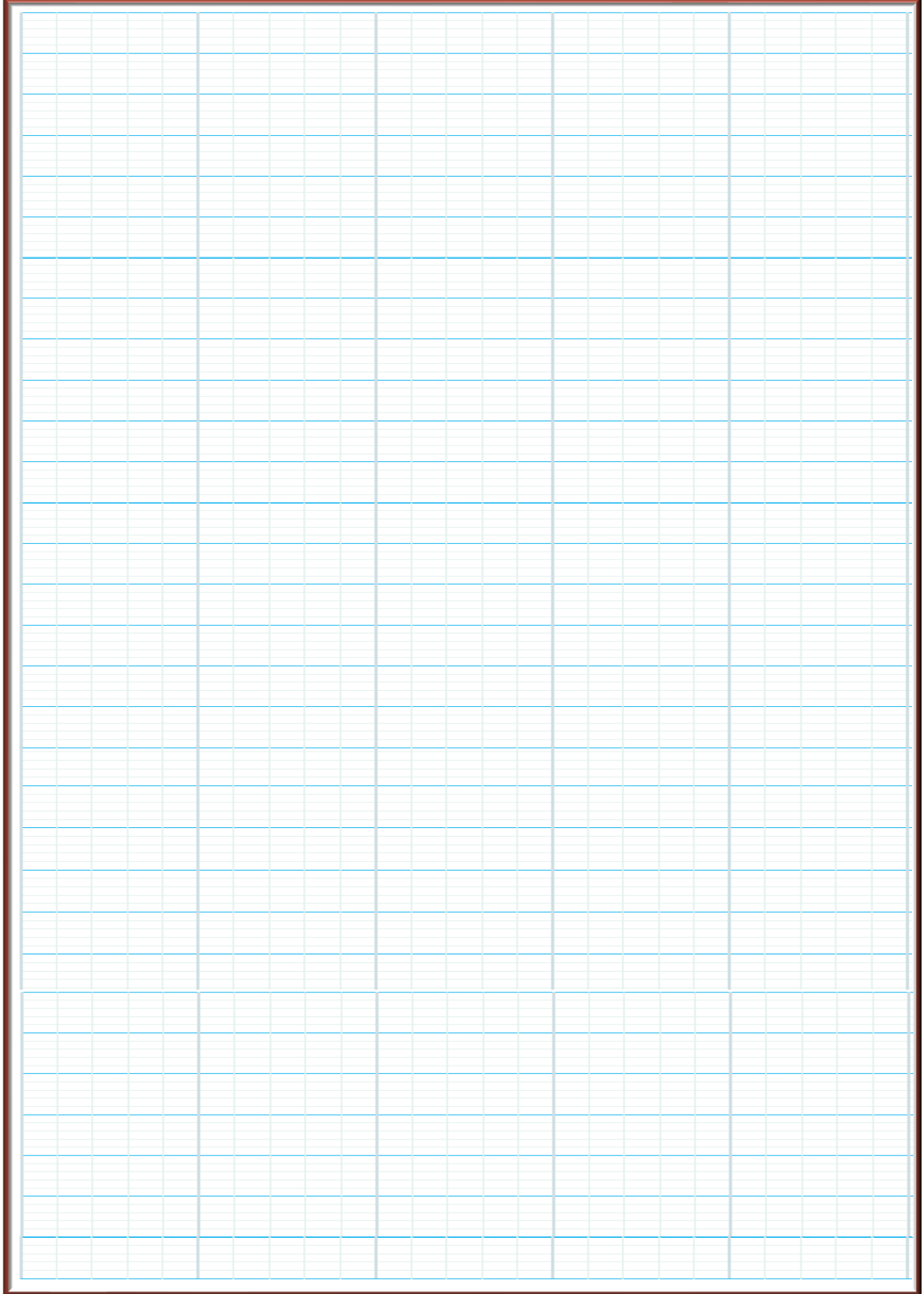
Exercice 2

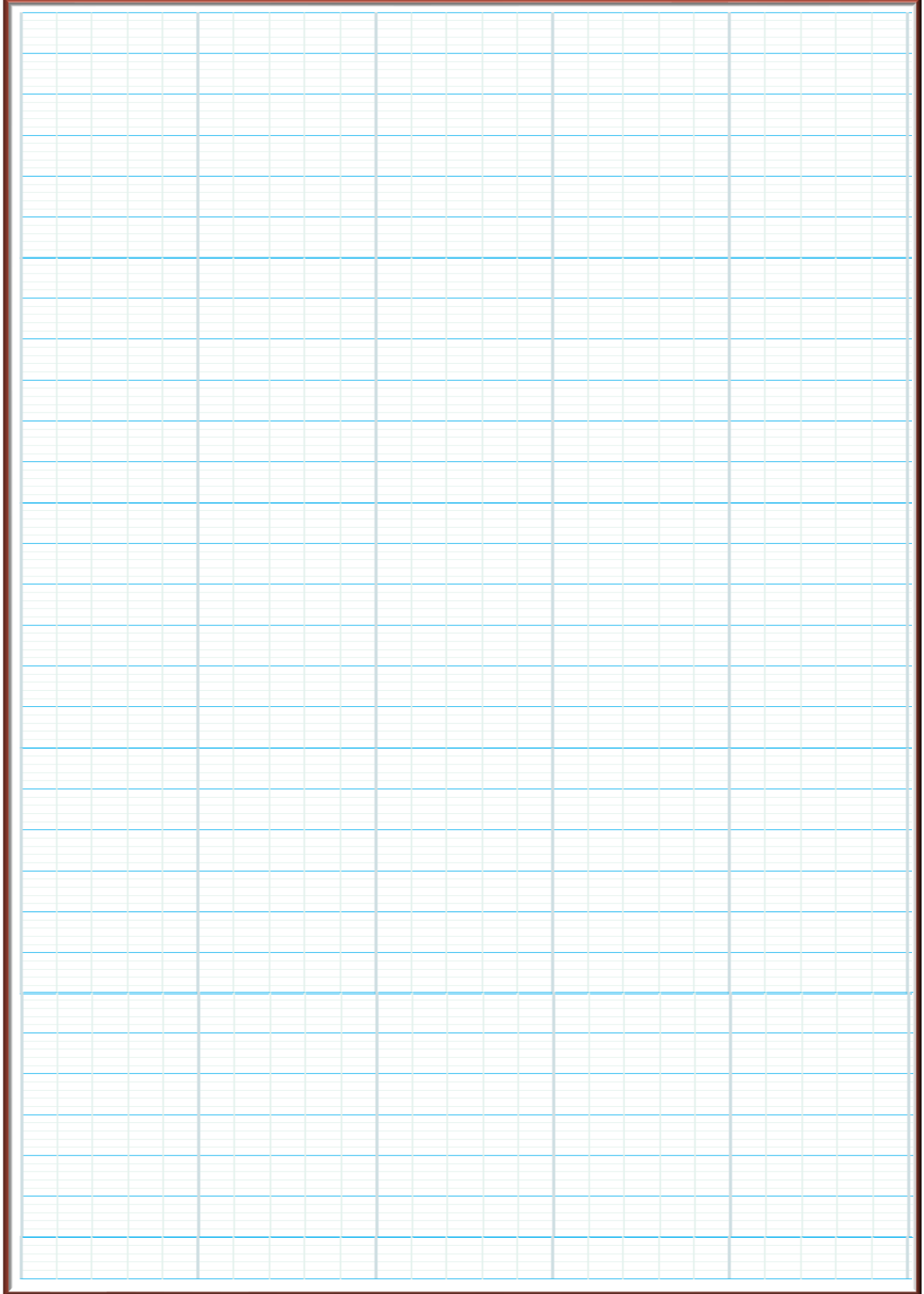
On considère un alcool primaire (A) de formule chimique linéaire $C_nH_{2n+1}-OH$ de masse molaire $M(A) = 74g.mol^{-1}$

- ① Déterminer la formule semi développée et la représentation topologique de cet alcool.
- ② On introduit une quantité de matière $n = 0,2mol$ de cet alcool dans flacon contenant une solution de permanganate de potassium ($K^+ + MnO_4^-$) acidifiée. Il se produit une réaction chimique entre l'alcool (A) et l'ion permanganate MnO_4^- conduit à la formation d'un composé organique (B)
 - a – Donner le nom de la réaction chimique qui se produit dans le flacon après avoir ajouté l'alcool (A).
 - b – Sachant que l'ion permanganate MnO_4^- est utilisé en excès, déterminer la famille, le nom et la formule chimique du composé (B)
 - c – Écrire l'équation de la réaction chimique se produisant entre l'alcool (A) et l'ion permanganate .
 - c – Tracer le tableau d'avancement associé à cette réaction .
 - d – Calculer la quantité de matière du composé (B) à l'état final (on considère que cette réaction est totale) .

Données

- Le couple *ox/red* de l'ion permanganate est : MnO_4^- / Mn^{2+}
- La masse molaire du carbone : $M(C) = 12g.mol^{-1}$
- La masse molaire d'hydrogène : $M(H) = 1g.mol^{-1}$
- La masse molaire d'oxygène : $M(O) = 16g.mol^{-1}$





Devoirs



Exercice 1 Champ électrostatique- Energie potentielle électrostatique

Un pendule électrostatique est formé d'une balle de masse $m = 30\text{g}$ portant une charge électrique positive $q = -4,5 \times 10^{-7}\text{C}$ et accrochée à l'extrémité libre d'un fil inextensible et de masse négligeable, l'autre extrémité du fil est liée à un support fixe. Ce pendule est placé entre deux plaques conductrices séparées par une distance $d = 4\text{cm}$

On applique entre les deux plaques une tension électrique continue et on constate que le pendule se stabilise lorsque le fil forme un angle $\alpha = 18^\circ$ avec sa direction initiale. (voir la figure ci-contre).

- 1 Quel est le signe de la tension U_{BA} .
- 2 En étudiant l'équilibre de la balle, calculer l'intensité de la force électrostatique.
- 3 Calculer l'intensité du champ électrostatique régnant entre les deux plaques.
- 4 Calculer la valeur de la tension U_{BA} entre les deux plaques.
- 5 La balle se détache du fil et part sans vitesse initiale à partir du point **C** et passe d'un point

D tel que : $x_C = \frac{d}{2}$ et $x_D = \frac{3d}{4}$

a – Calculer la variation de l'énergie potentielle électrostatique entre **C** et **D**.

b – Calculer la valeur de la tension U_{DC}

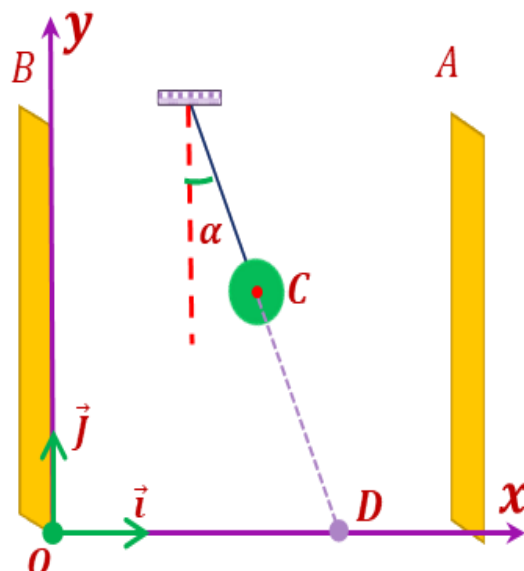
c – Par application du théorème de l'énergie cinétique entre **C** et **D**. Calculer la vitesse de balle en **D**.

e – On choisit le plan horizontal passant par **D** comme origine de l'énergie potentielle de pesanteur, et le plan vertical passant par **B** comme origine de l'énergie potentielle électrostatique. Calculer l'énergie mécanique de la balle au point **D**.

f – Calculer l'énergie potentielle de pesanteur de la balle au point **C**

Données ▪ L'intensité de pesanteur : $g = 10\text{N.Kg}^{-1}$

▪ Les frottements sont supposés négligeables



Exercice 2 Étude d'un circuit électrique résistif

On réalise le montage schématisé ci-contre et qui est formé des éléments suivants :

- Générateur de force électromotrice $E = 30\text{V}$ et de résistance interne $r = 3\Omega$
- Conducteurs ohmiques de résistances : $R_3 = 120\Omega$, $R_2 = 35\Omega$, $R_1 = 250\Omega$

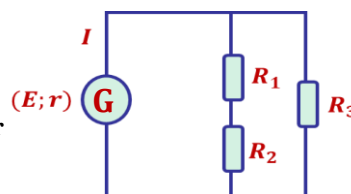
- 1 Calculer la résistance équivalente R_{eq} des trois conducteurs

R_1 , R_2 et R_3 .

- 2 Par application de la loi d'additivité des tensions trouver l'expression de l'intensité du courant en fonction de R_{eq} , E et r et calculer sa valeur

- 3 Montrer que la puissance électrique fournie par le générateur s'écrit

sous la forme suivante : $P_e = R_{eq} \left(\frac{E}{r + R_{eq}} \right)^2$ et calculer sa valeur.

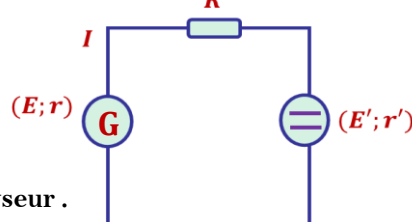


Exercice 3 Transfert d'énergie dans un circuit électrique

Un générateur de force électromotrice $E = 24\text{ V}$ et de résistance interne $r = 3\Omega$ alimente un circuit électrique contenant un électrolyseur de force contre-électromotrice E' et de résistance interne $r' = 4\Omega$ et un conducteur ohmique de résistance $R = 5\Omega$.

Le générateur débite un courant électrique d'intensité : $I = 0,5\text{ A}$ pendant une durée $\Delta t = 30\text{ min}$

- 1 Par application de la loi d'additivité des tensions déterminer la valeur de la force contre-électromotrice E' de l'électrolyseur.
- 2 Calculer l'énergie totale du générateur.
- 3 Calculer l'énergie électrique fournie par le générateur.
- 4 Calculer l'énergie chimique produite par l'électrolyseur.
- 5 Calculer l'énergie électrique dissipée par effet joule dans l'électrolyseur.
- 6 Calculer l'énergie électrique dissipée par effet joule dans le conducteur ohmique
- 7 Vérifier la loi de conservation de l'énergie électrique.
- 8 Calculer le rendement du générateur, et celui de l'électrolyseur.
- 9 Déduire le rendement du circuit électrique.

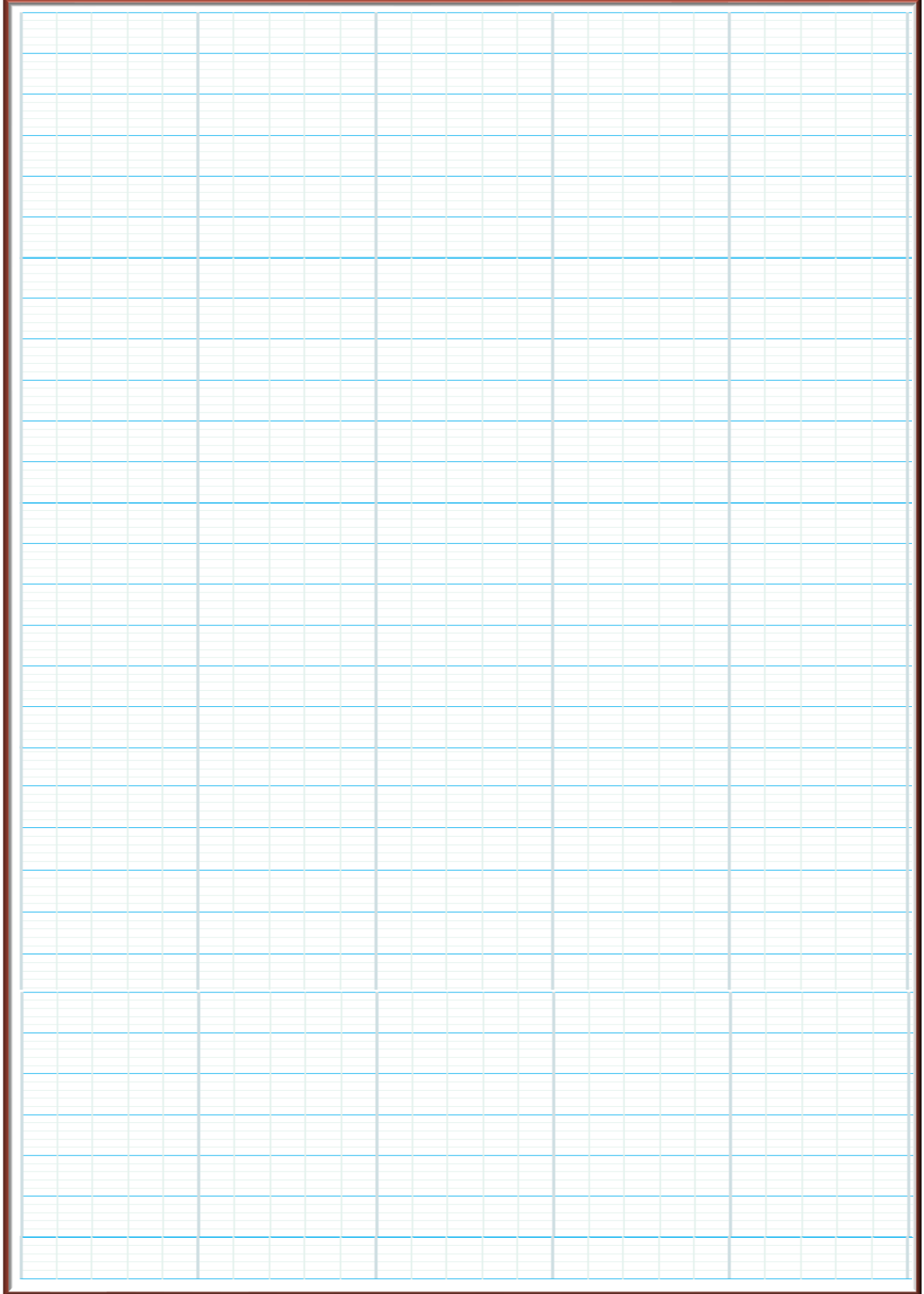


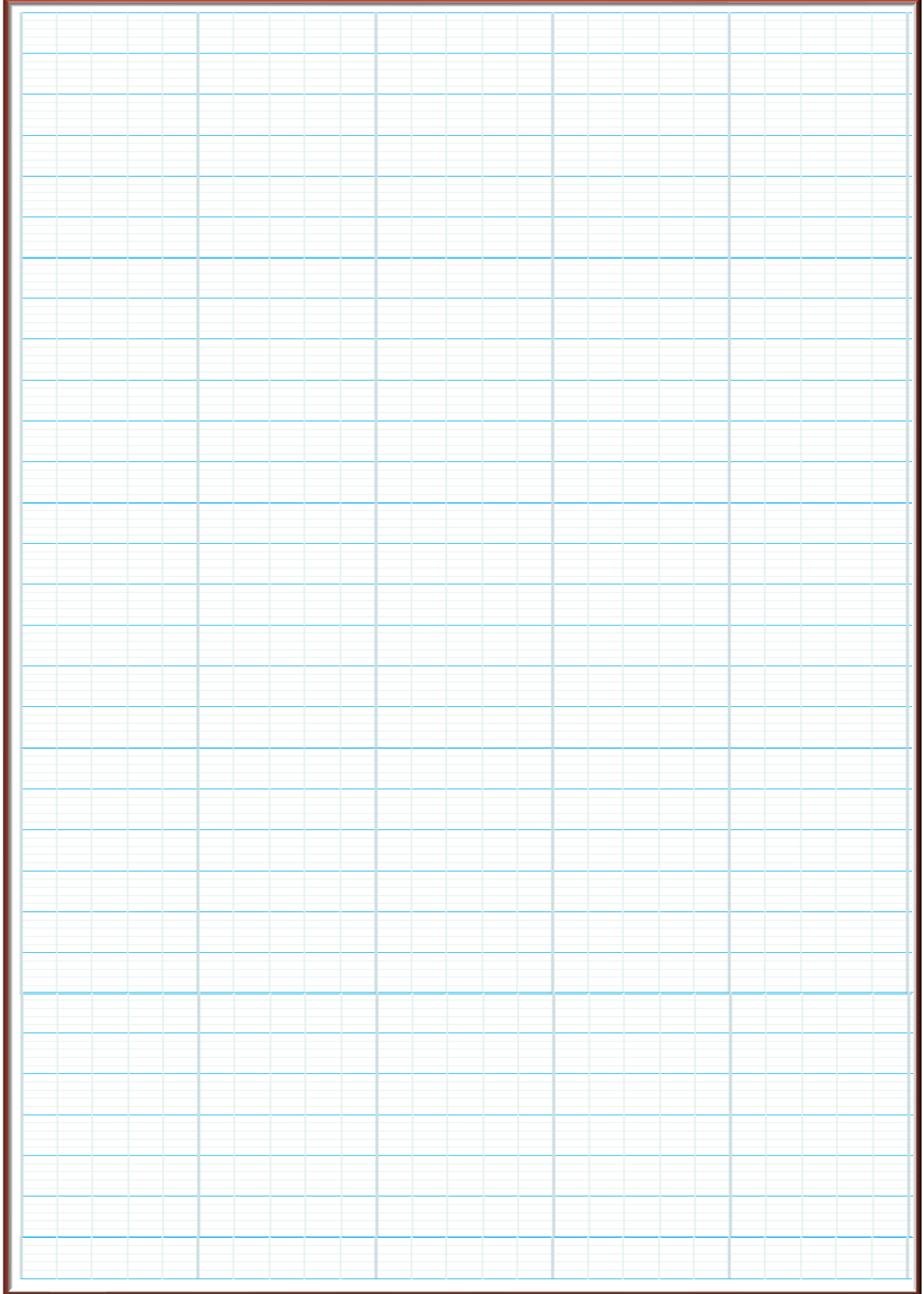
Exercice 4 Étude d'une réaction d'oxydoréduction

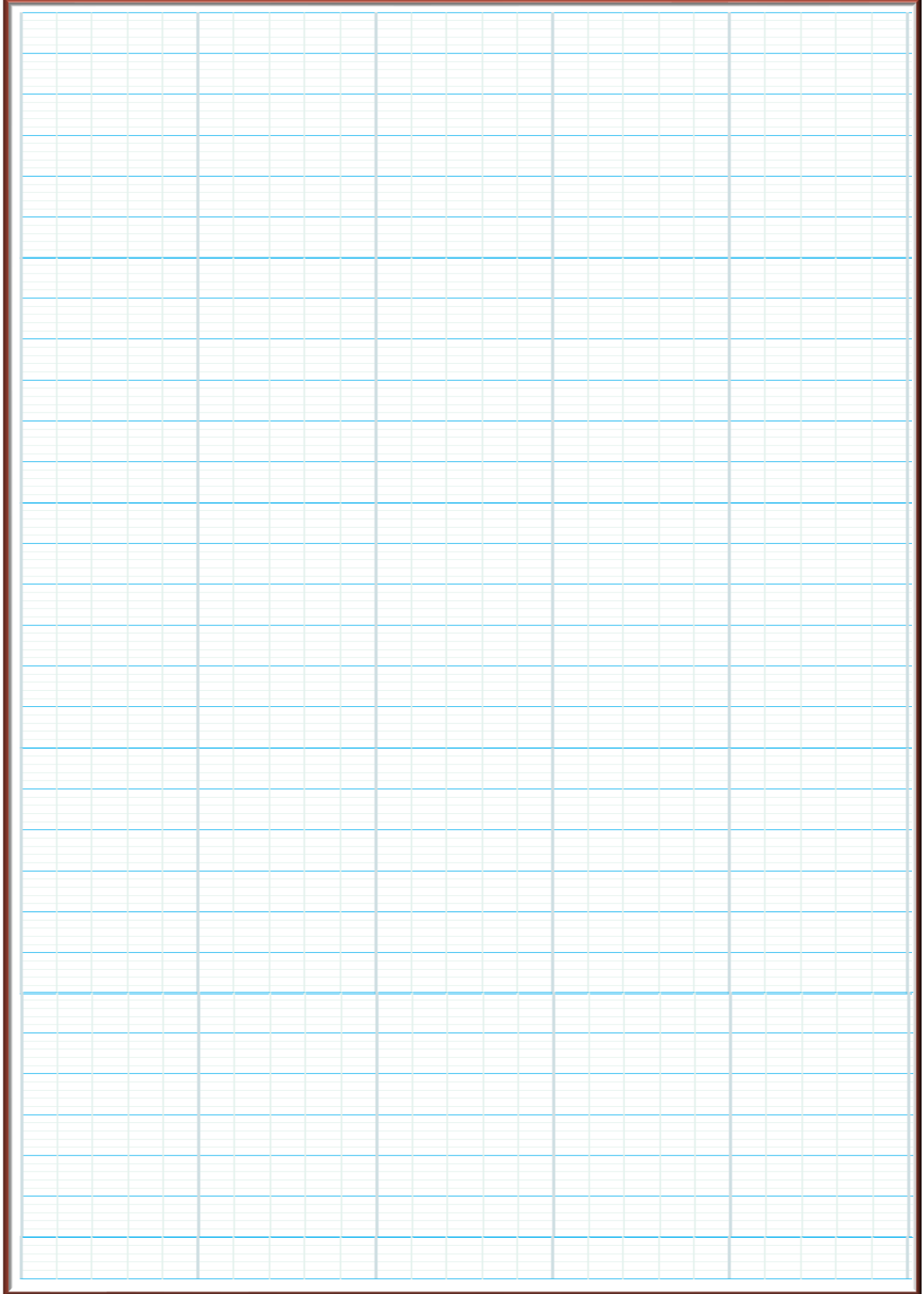
Pour étudier la réaction entre l'eau oxygénée $\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$ et les ions iode $\text{I}^-_{(aq)}$, on introduit dans un bécher, une quantité de matière $n = 2 \times 10^{-2}\text{ mol}$ de l'eau oxygénée $\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$, et une quantité de matière $n' = 6 \times 10^{-2}\text{ mol}$ d'iodure de potassium ($\text{I}^-_{(aq)} + \text{K}^+_{(aq)}$) acidifiée. (les ions $\text{H}^+_{(aq)}$ sont en excès dans le mélange).

Les couples **ox/red** intervenant dans cette réaction sont : I_2/I^- et $\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$

- 1 Définir : l'oxydation ; le réducteur ; l'oxydant.
- 2 Ecrire la demi-équation d'oxydoréduction associée à chaque couple.
- 3 Déduire l'équation bilan de la réaction qui se produit entre oxygénée $\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$ et les ions iode $\text{I}^-_{(aq)}$.
- 4 Construire le tableau d'avancement de cette réaction.
- 5 Déterminer le réactif limitant et l'avancement maximal x_{max} de cette réaction.
- 6 Calculer les quantités de matière finales des espèces chimiques intervenant dans cette réaction.
- 7 Déduire la valeur de la concentration de l'ion $\text{I}^-_{(aq)}$ à la fin de la réaction sachant que le volume du mélange est : $V = 40\text{ mL}$.





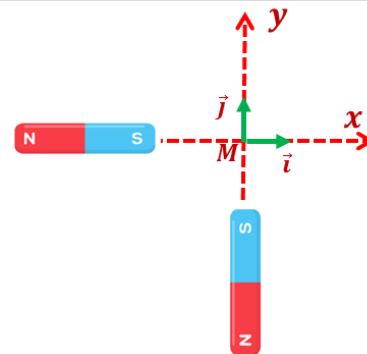


Exercice 1 Le champ magnétique créé par des aimants droits

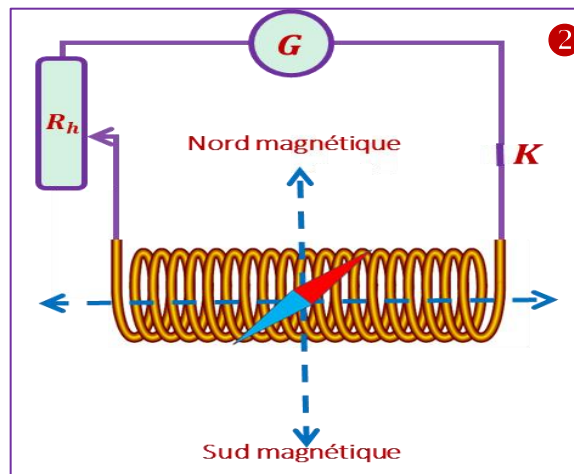
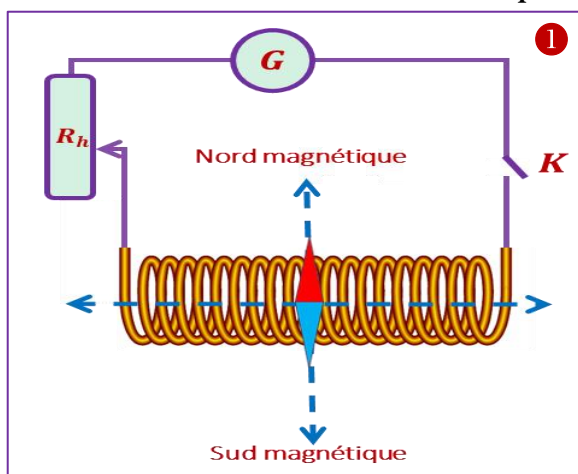
On dispose de deux barreaux aimantés (A) et (B). L'intensité du champ magnétique créée en un point M par l'aimant (A) est $B_A = 30\text{mT}$ et celle créée par l'aimant (B) est $B_B = 25\text{mT}$

- En utilisant l'échelle $1\text{cm} \rightarrow 10\text{mT}$, représenter les vecteurs du champ magnétique $\vec{B}_1(M)$, $\vec{B}_2(M)$ et le vecteur du champ magnétique résultant et $\vec{B}(M)$
- Déduire l'intensité du champ magnétique en M.
- Dessiner une aiguille aimantée au point M.
- En se basant sur une méthode analytique retrouver l'intensité du champ magnétique au point M.
- On tourne l'aimant (B) jusqu'à ce que l'angle entre les deux aimants, devient : $\alpha = 30^\circ$
 - Dessiner le schéma montrant les deux aimants, une aiguille aimantée au point M ainsi que le vecteur du champ magnétique créé au point M
 - Montrer que l'intensité du champ magnétique créé par les deux aimants au point M est :

$$B = \sqrt{B_A^2 + B_B^2 + 2B_A \cdot B_B \cos(\alpha)} . \text{ Calculer sa valeur.}$$

**Exercice 2** Étude du champ magnétique créé par un courant électrique

On place une aiguille aimantée en un point M à l'intérieur d'un solénoïde relié à un circuit électrique. La direction du solénoïde est normale au plan méridien terrestre



- Lorsque le circuit électrique est ouvert, le vecteur du champ magnétique $\vec{B}(M)$ s'oriente selon le méridien magnétique terrestre (voir la figure 1)
 - Déterminer les caractéristiques du vecteur du champ magnétique au point M
 - Représenter sur la figure 1, le vecteur du champ magnétique $\vec{B}(M)$
- On ferme le circuit électrique est on constate que le vecteur du champ magnétique $\vec{B}(M)$ forme un angle $\alpha = 23^\circ$ avec la direction du solénoïde voir la figure 2.
 - Calculer l'intensité du champ magnétique créé au point M
 - Calculer l'intensité du champ magnétique créé par le solénoïde au point M
 - Calculer l'intensité du courant traversant le circuit et indique son sens sur la figure 2.

Données

- La longueur du solénoïde $L = 40\text{cm}$
- Le nombre de spire du solénoïde : $N = 1000$
- La perméabilité du vide $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}(\text{SI})$
- La composante horizontale du champ magnétique terrestre $B_H = 5 \times 10^{-5}\text{T}$

Exercice 3 Dosage acido-basique

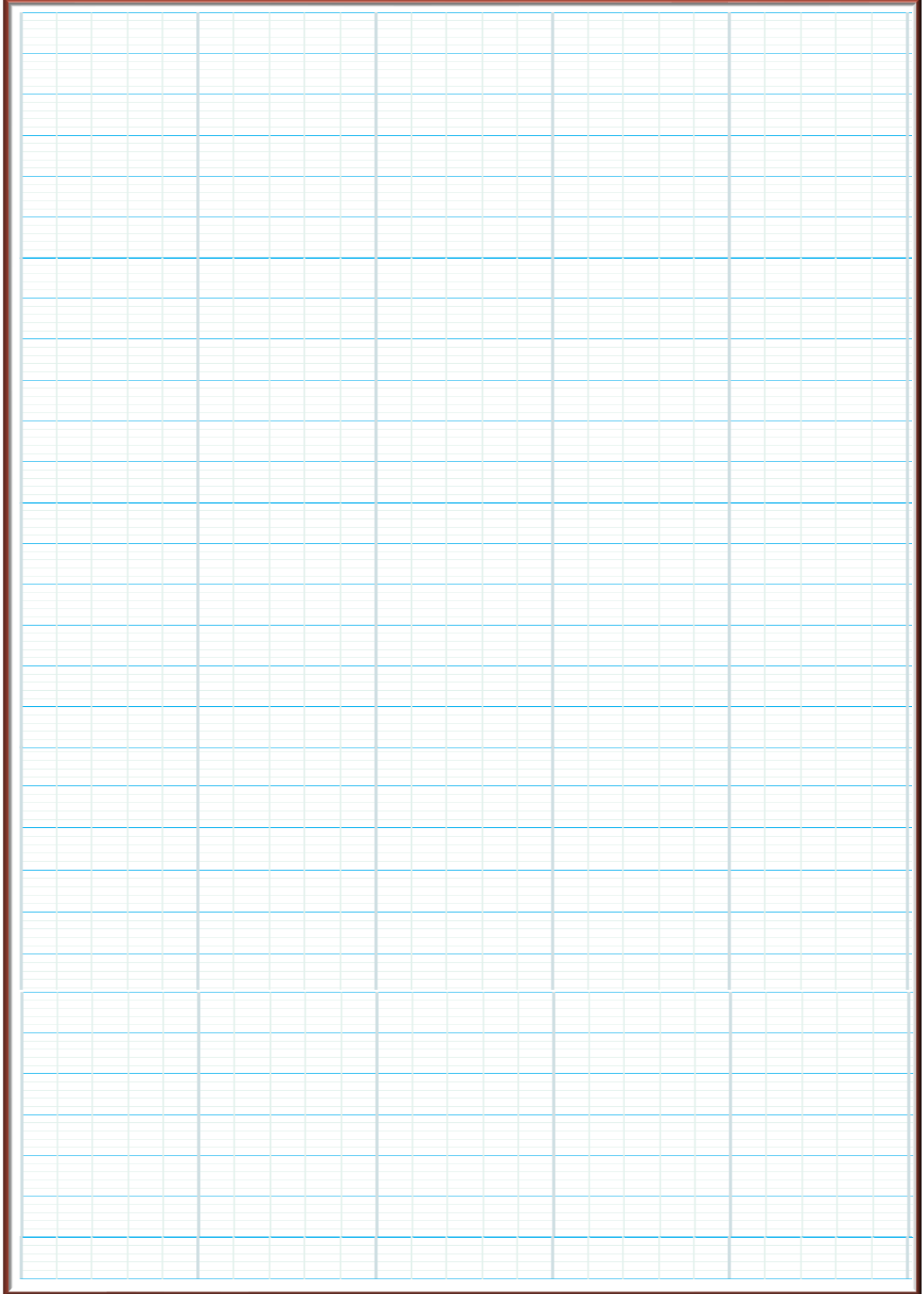
barème

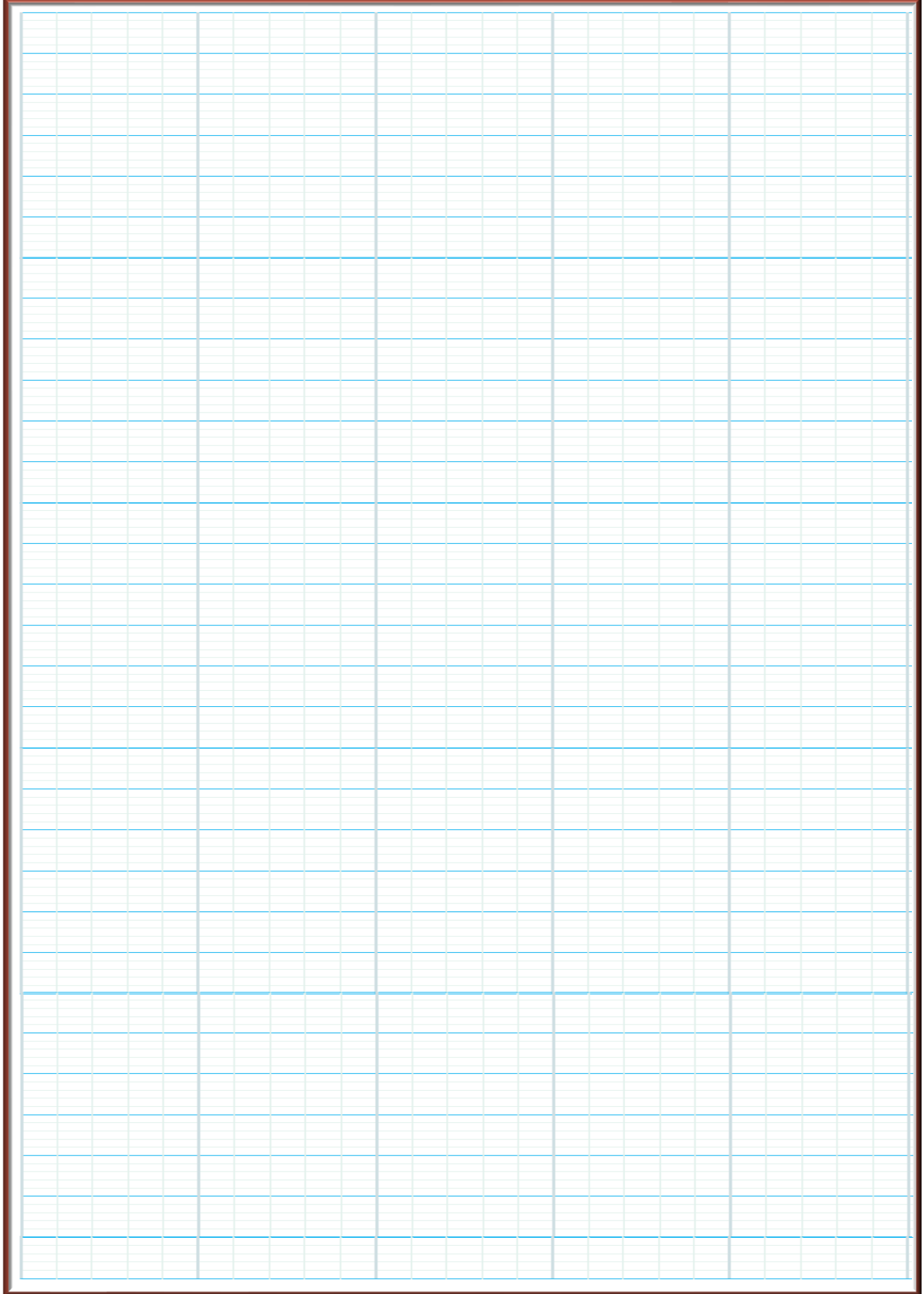
Pour déterminer la concentration C_A d'une solution aqueuse (S_A) de l'acide éthanoïque CH_3COOH , on titre un volume $V_A = 10\text{mL}$ de la solution (S_A) par une solution aqueuse (S_B) de hydroxyde de sodium ($Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$) de concentration $C_B = 2 \times 10^{-2}\text{mol.L}^{-1}$

Le volume de la solution titrante ajouter à l'équivalence est : $V_E = 25\text{mL}$

Les couples mis en jeu sont : CH_3COOH/CH_3COO^- et H_2O/HO^-

- ① Citer deux caractéristiques de la réaction du dosage ?
- ② Quelle est la différence entre le dosage conductimétrique, et le dosage colorimétrique ?
- ③ Faire un schéma légendé du montage du dosage.
- ④ Ecrire l'équation de la réaction du dosage .
- ⑤ Construire le tableau d'avancement associé à la réaction du dosage à l'état d'équivalence .
- ⑥ Déterminer la concentration C_A de la solution (S_A)
- ⑦ Pour un volume du titrant versé $V_B = \frac{3}{5}V_E$:
 - a – Déterminer le réactif limitant.
 - b – Construite le tableau d'avancement
 - c – Montrer que $n_f(CH_3COOH) = \frac{2}{5}C_A V_A$
 - d – Déduire la composition du système dans ce cas.





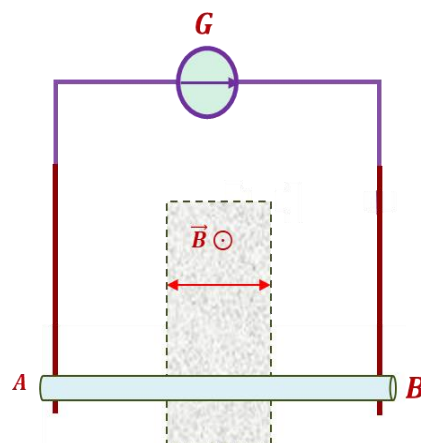
Exercice 1 Force de Laplace

On considère le montage électrique ci-contre qui comporte

- Deux conducteurs parallèles formant un "rail de Laplace"
- Une barre conductrice **AB** de longueur $L = 0,12 \text{ m}$ et de résistance négligeable.
- Un générateur électrique de f.é.m. $E = 12 \text{ V}$ et de résistance interne $r = 8 \Omega$
- Un aimant en **U** de largeur $\ell = 6 \text{ cm}$ crée un champ magnétique uniforme d'intensité $B = 0,1 \text{ T}$

On place la barre **AB** dans l'entrefer d'un aimant en **U** et constate qu'elle a franchi une distance $d = 7 \text{ cm}$ pendant une seconde.

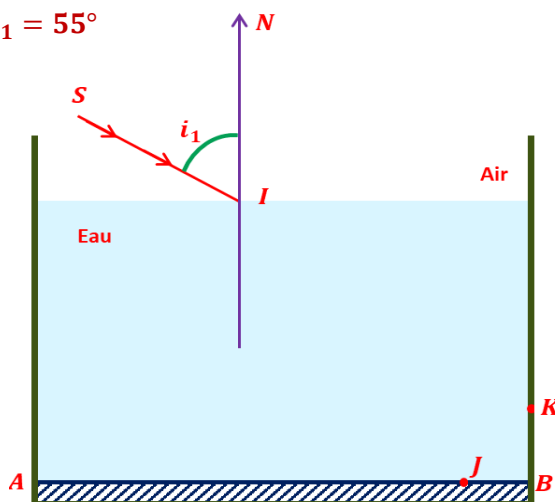
- 1 Expliquer comment on doit placer l'aimant en **U** pour obtenir le champ magnétique tel qu'il est représenté sur la figure par le vecteur $\vec{B}$.
- 2 Déterminer l'intensité et le sens du courant traversant le circuit.
- 3 Calculer l'intensité de la force de Laplace exercée sur la barre **AB**.
- 4 Représenté sur la figure ci-dessus la force de Laplace $\vec{F}$ et déduire le sens du déplacement de la barre **AB**
- 5 Calculer le travail de la force de Laplace et déterminer sa nature.
- 6 Calculer la puissance moyenne engendrée par la force de Laplace lors de ce déplacement.



Exercice 2 Réfraction et réflexion e la lumière

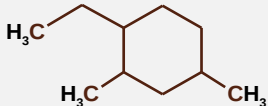
On envoie un rayon lumineux (**SI**) d'un angle d'incidence $i_1 = 55^\circ$ sur la surface libre de l'eau contenue dans un cristalliseur au fond duquel est placé un miroir plan **AB** comme l'indique la figure ci-contre.

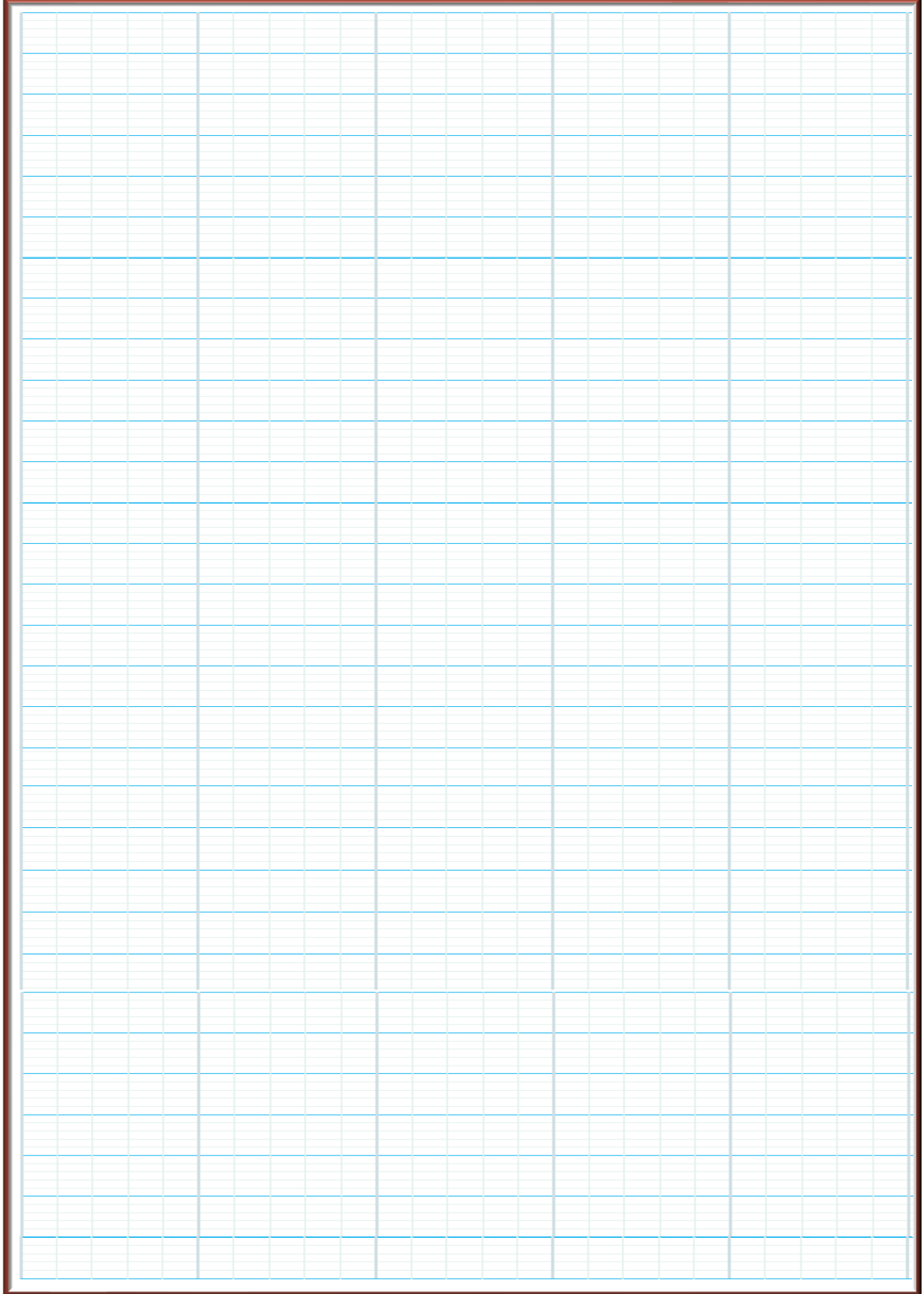
- 1 Tracer la marche du rayon lumineux .
- 2 En appliquant la loi de réfraction de la lumière déterminer la valeur de l'angle de réfraction i_2 au point **I**.
- 3 Déterminer la valeur de l'angle d'incidence i_3 du rayon lumineux sur le miroir plan **AB** au point **J** .
- 4 En appliquant la loi de réflexion de la lumière déterminer la valeur de l'angle de réflexion i_4 de la lumière au point **J**.
- 5 Déterminer l'angle d'incidence i_5 au point **K**.
- 6 En appliquant la loi de réfraction de la lumière déterminer la valeur de l'angle de réfraction i_6 au point **K**.
- 7 Déterminer l'angle de déviation D que forme le rayon incident (**SI**) et le rayon lumineux émergent (**KR**).

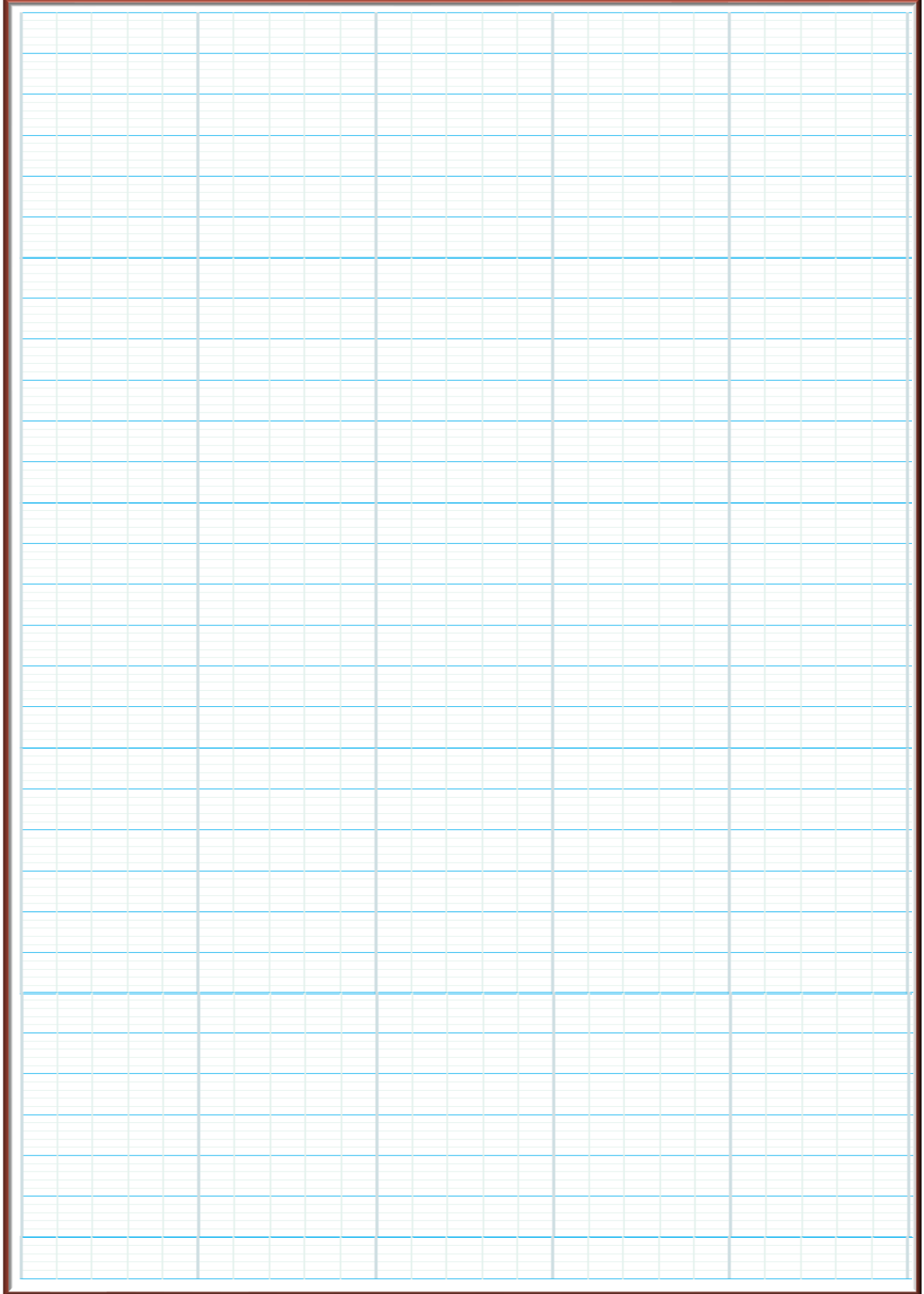


- 1 Répondre par vrai ou faux
- ☐ Les alcanes linéaires sont des hydrocarbures saturés tandis que les alcanes ramifiés sont des hydrocarbures insaturés.
 - ☐ La formule brute d'un cycloalcane est C_nH_{2n}
 - ☐ La représentation topologique montre la représentation spatiale de la molécule.
 - ☐ Le méthyl cyclobutane est un alcane linéaire.
 - ☐ Le craquage est une opération qui consiste à transformer des hydrocarbures lourds en hydrocarbures légers
 - ☐ La ramification : est opération qui consiste à transformé un alcane ramifié en un alcane linéaire.
 - ☐ Le groupe caractéristique des alcools est le hydroxyde OH .

2 compléter le tableau suivant par ce qui convient:

Composé organique	Nom	Famille	Groupe fonctionnel
$\begin{array}{c} H_3C-CH_2-CH-CH_2-CH_2-CH_3 \\ \\ CH_2-CH_3 \end{array}$			
			
$H_3C-CH_2-CH_2-OH$			
$\begin{array}{c} H_3C-CH-CH_2-C \\ \quad \quad \quad // \quad \backslash \\ CH_3 \quad \quad \quad O \quad OH \end{array}$			
			
			





Bibliographies utilisées

- ❖ **Ministre de l'éducation nationale, programmes des sections internationales-Option français-Physique chimie –Première année baccalauréat Sc. Ex - Sc. M .**
- ❖ **Collection L'archipel , Première année baccalauréat Sc. Ex - Sc. M , Édition Al Madariss 5^{ème} édition 2021**
- ❖ **Mohamed El Heddari et autres , Etincelle Physique chimie, Première année baccalauréat Sc. Ex - Sc. M . Édition Apostrophe.**
- ❖ **Abdelhak Ben Saddik et autres, collection Al Massar en Physique chimie, Première année baccalauréat Sc. Ex - Sc. M , Nadia édition 2010.**
- ❖ **Cours sur internet:**
 - **Cours de Physique chimie - Première année baccalauréat Sc. Ex - Sc. M , Prof : Hicham Mahajar .**
 - **Cours de Physique chimie - Première année baccalauréat Sc. Ex - Sc. M ,Prof Yassine Derraz.**
 - **Cours de Physique chimie - Première année baccalauréat Sc. Ex - Sc. M ,Prof Abdelhakim Sbiro.**
 - **Cours de Physique chimie - Première année baccalauréat Sc. Ex - Sc. M ,Prof Rachid Jankel.**
 - **Cours de Physique chimie - Première année baccalauréat Sc. Ex - Sc. M ,Prof Hammou Mona.**
 - **Cours de Physique chimie - Première année baccalauréat Sc. Ex - Sc. M , Prof Mohammed Delahi.**
 - **Cours de Physique chimie - Première année baccalauréat Sc. Ex - Sc. M ,Prof Ayoub Elmardi.**
 - **Cours de Physique chimie - Première année baccalauréat Sc. Ex - Sc. M ,Prof Allal Mahdade.**