

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 ?

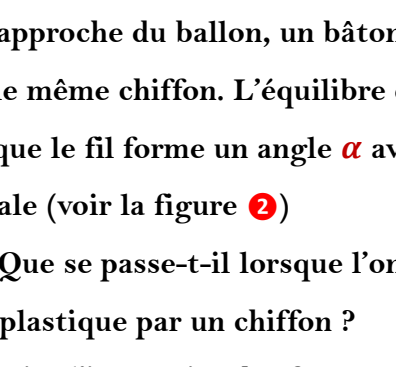
Objectifs

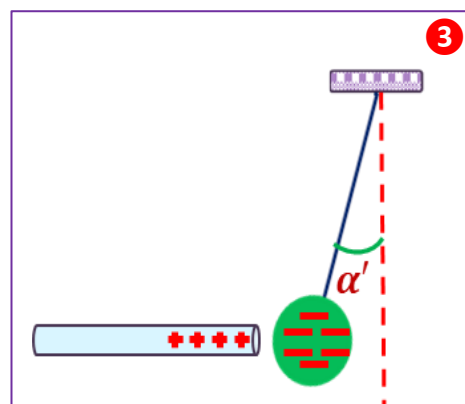
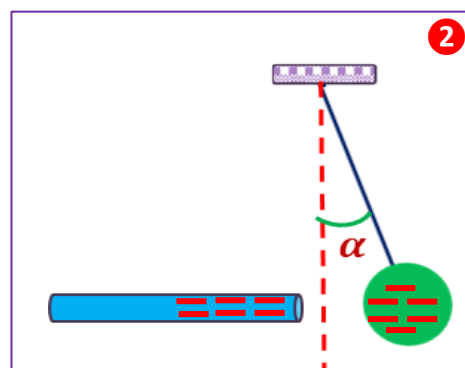
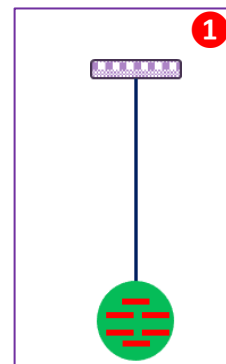
- 💡 Connaître la notion du champ électrostatique.
- 💡 Connaître la loi de Coulomb .
- 💡 Savoir déterminer les caractéristiques du champ électrostatique en un point de l'espace.
- 💡 Connaître et utiliser la relation $\vec{F} = q\vec{E}$
- 💡 Définir les lignes de champ électrostatique .
- 💡 Définir le 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 .

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 ?
- 

[illegible]

❖ Conclusion

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

② La loi de coulomb

❖ Enoncé de la loi de Coulomb

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

❖ Formulation mathématique de la loi de Coulomb

.....

.....

.....

.....

.....

.....

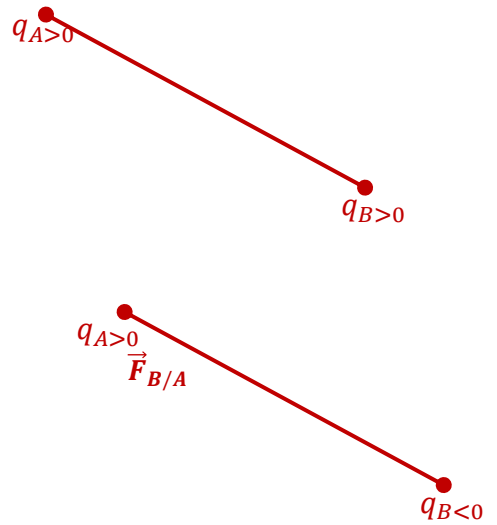
.....

.....

.....

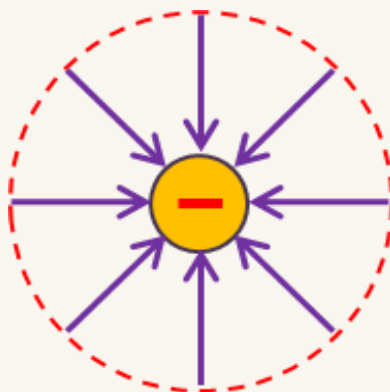
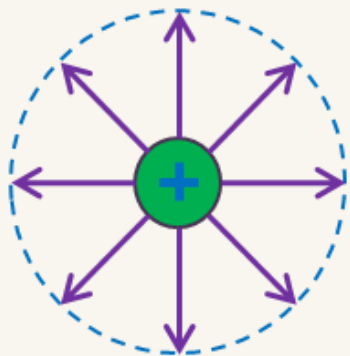
.....

.....



II Champ électrostatique créé par une charge ponctuelle

① Le vecteur du champ électrostatique



② Force électrostatique

③ Superposition de deux champs électrostatiques

❖ Application

On considère une charge électrique ponctuelle $q_O = 4,8 \times 10^{-8} \text{ C}$ placée au centre d'un rectangle $ABCD$ de côté $a = 4 \text{ cm}$ (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

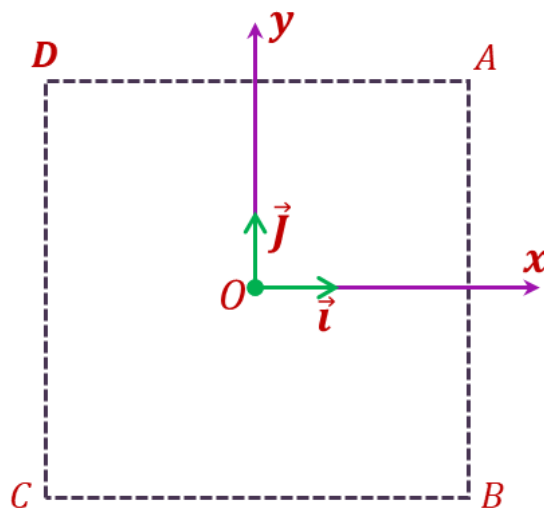
$q_A = -3,2 \times 10^{-8} \text{ C}$ au point A .

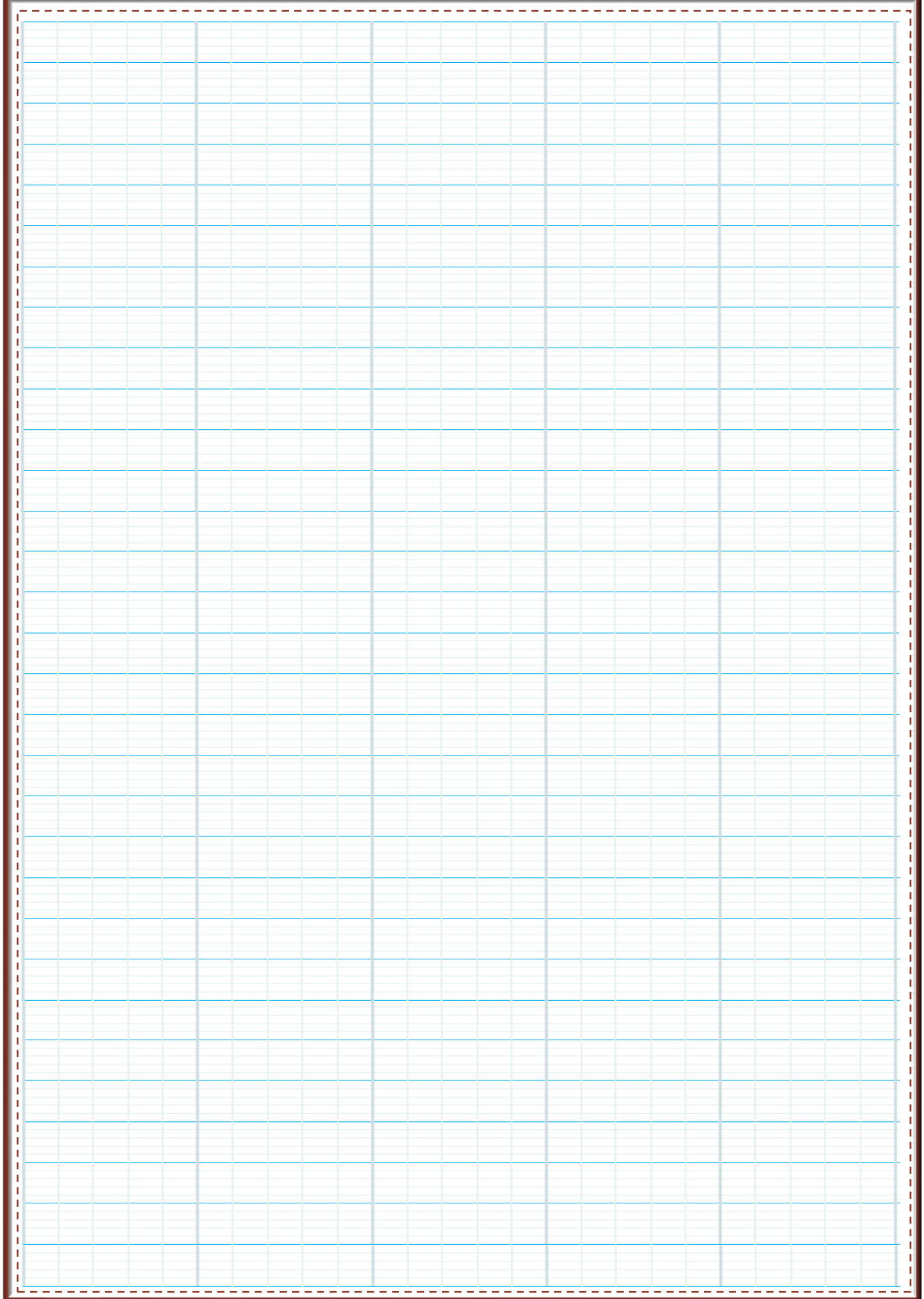
a – Déterminer les caractéristiques de la force électrostatique $\vec{F}_{A/O}$

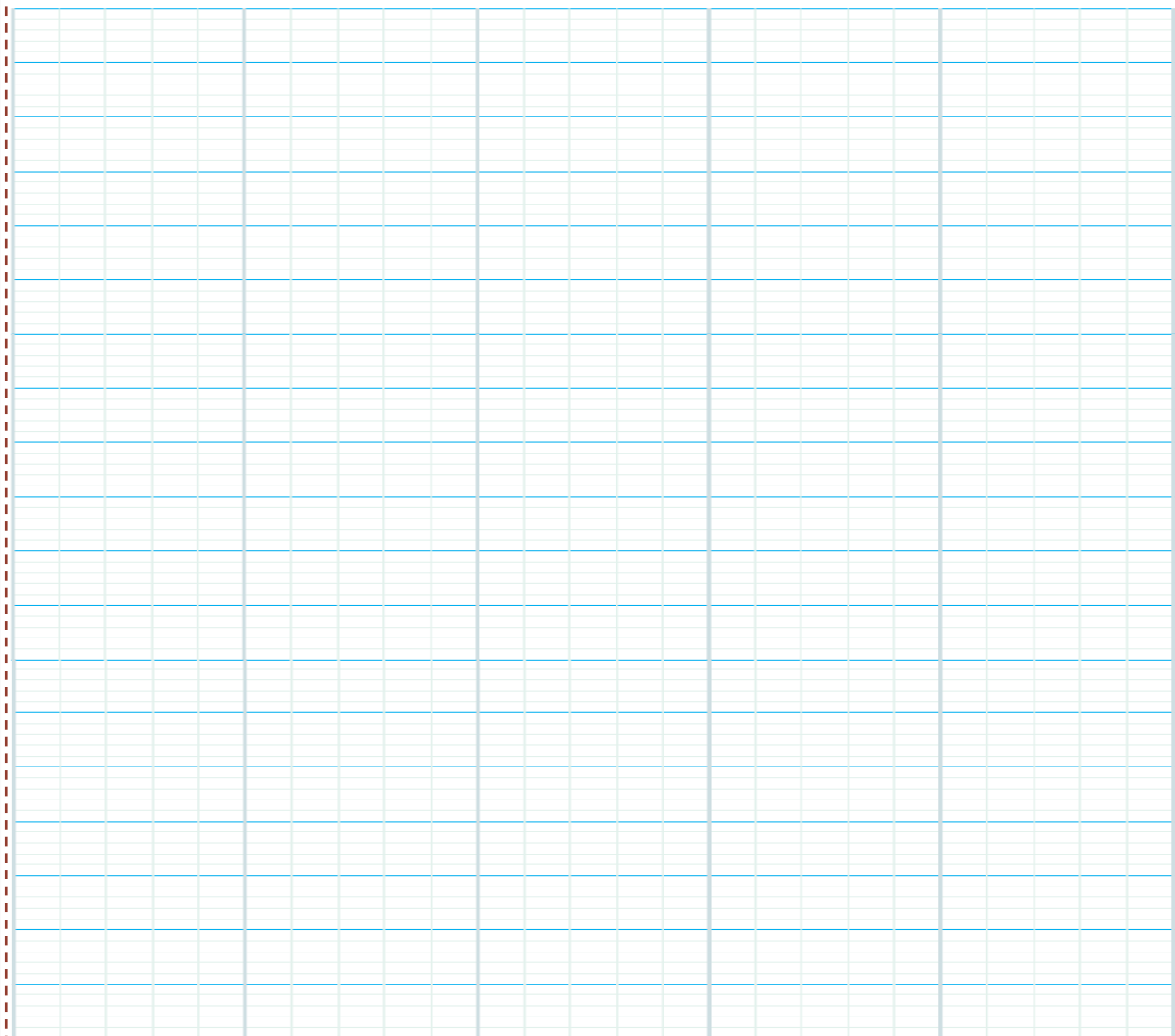
b – Représenter les forces $\vec{F}_{A/O}$ et $\vec{F}_{O/A}$ en utilisant une échelle convenable.

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 $K = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$







③ Les lignes de champ électrostatique

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

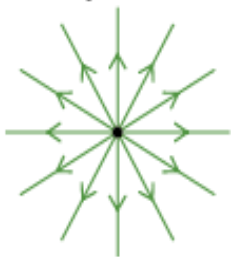
.....

.....

.....

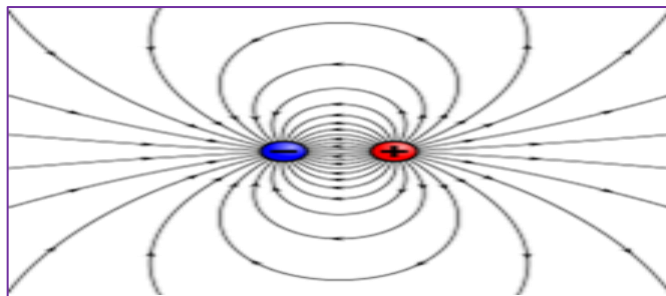
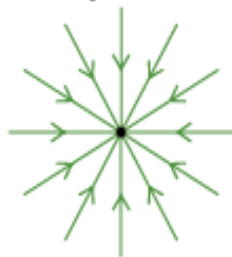
.....

$q > 0$



Lignes de champ électrostatique créé par une charge ponctuelle.

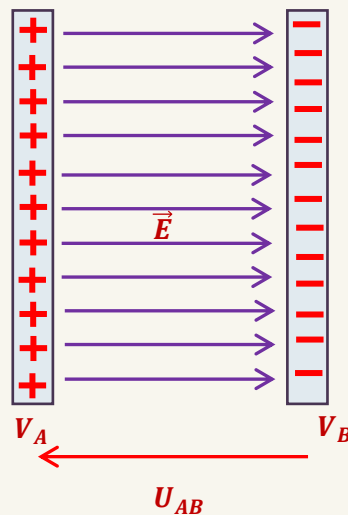
$q < 0$



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

III Champ électrostatique uniforme

① Définition



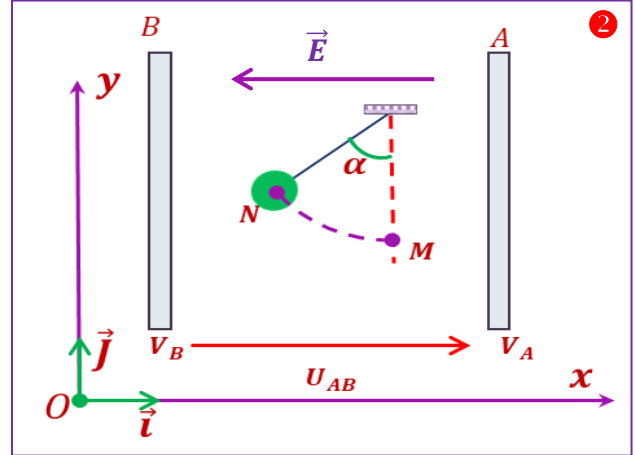
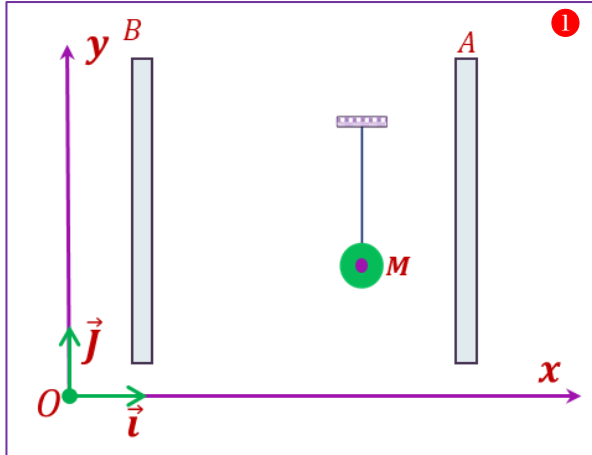
IV L'énergie potentielle électrostatique

① Travail d'une force électrostatique constante

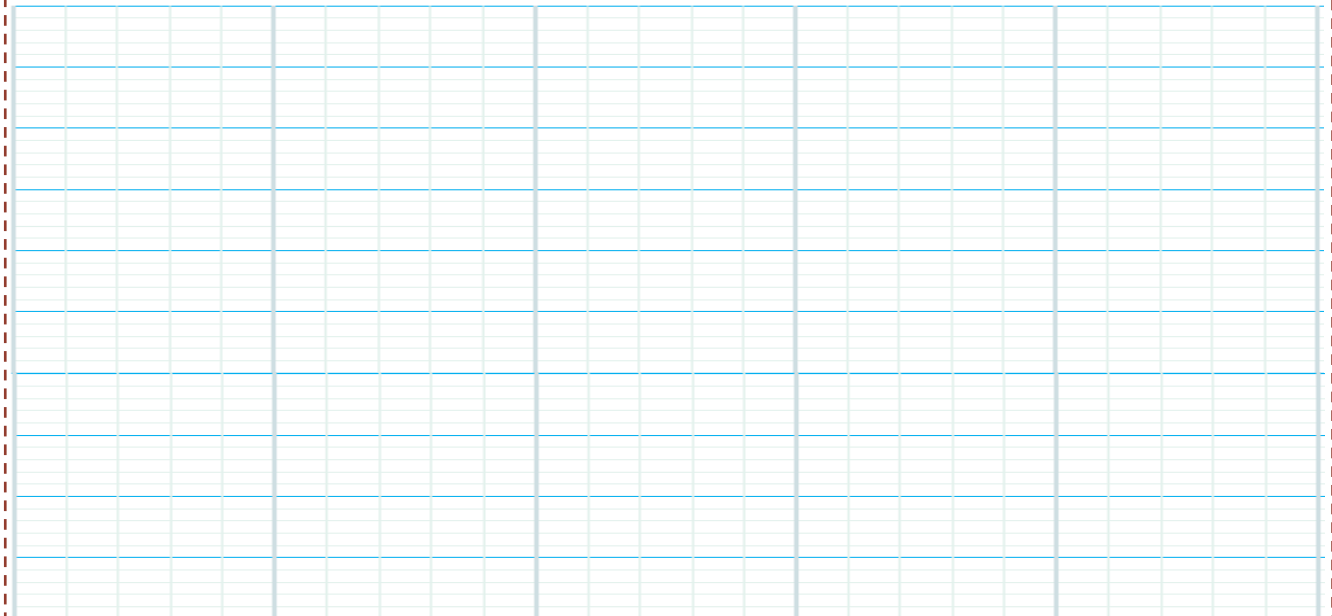
❖ Activité

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 .



◆ Conclusion

② Le potentiel électrostatique

❖ Définition

Physique

- Remarque

[illegible]

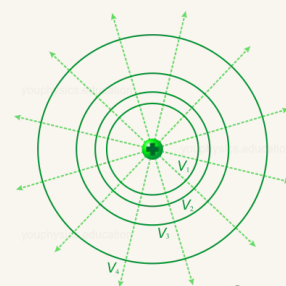
.....

.....

.....

.....

.....

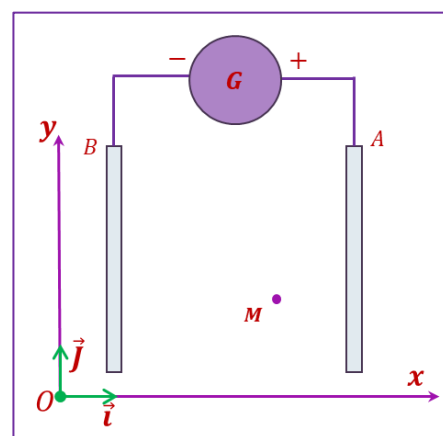


■ Application

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

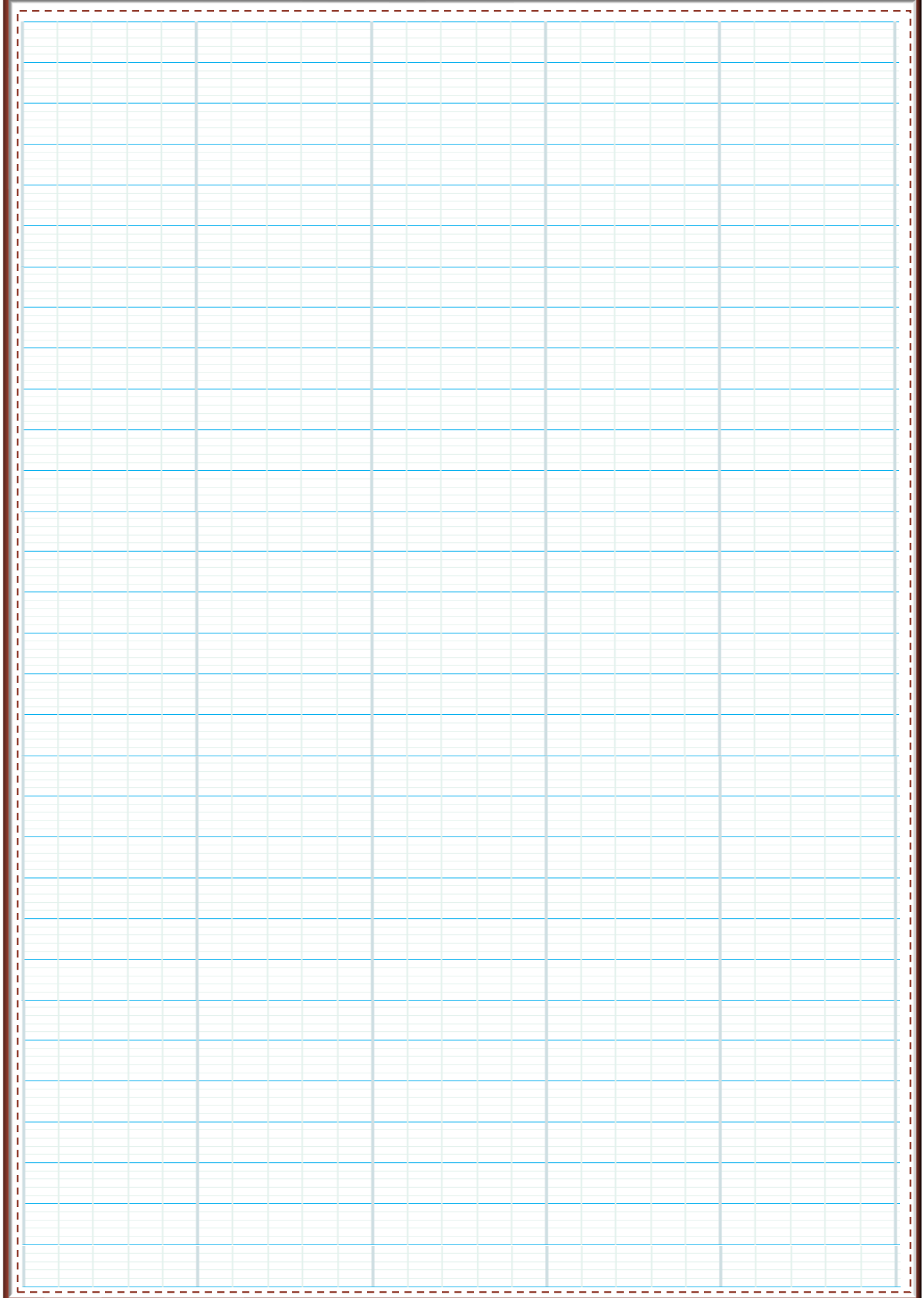
Initialement l'ion Al^{3+} se trouve en un point M situé à une distance $d_M = 3cm$ de la plaque A (voir la figure ci-contre)

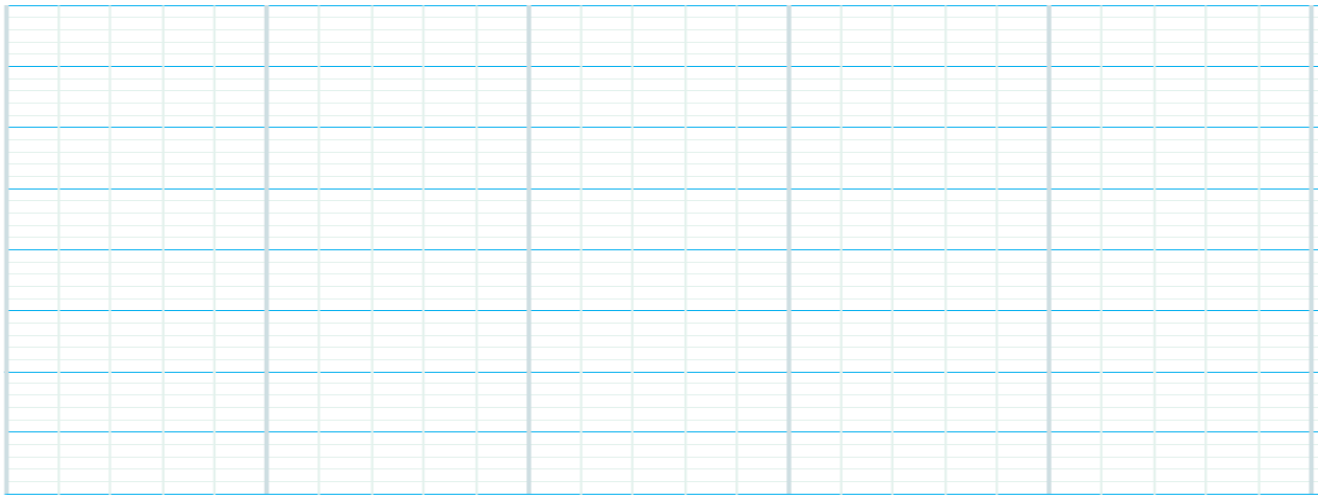
On relie ces deux plaques à un générateur électrique de tension $U_{PN} = 12V$.



- 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: $e = 1,6 \times 10^{-19}C$





③ L'énergie potentielle électrostatique

❖ Définition

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

❖ La variation de l'énergie potentiel électrostatique

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

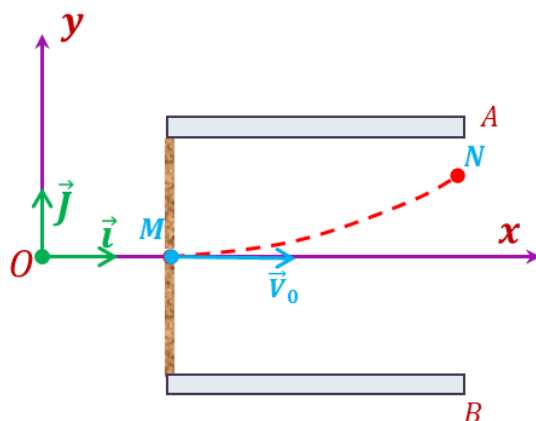
.....

④ L'énergie mécanique d'une particule chargée

❖ 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 $|U_{AB}| = 520\text{V}$.

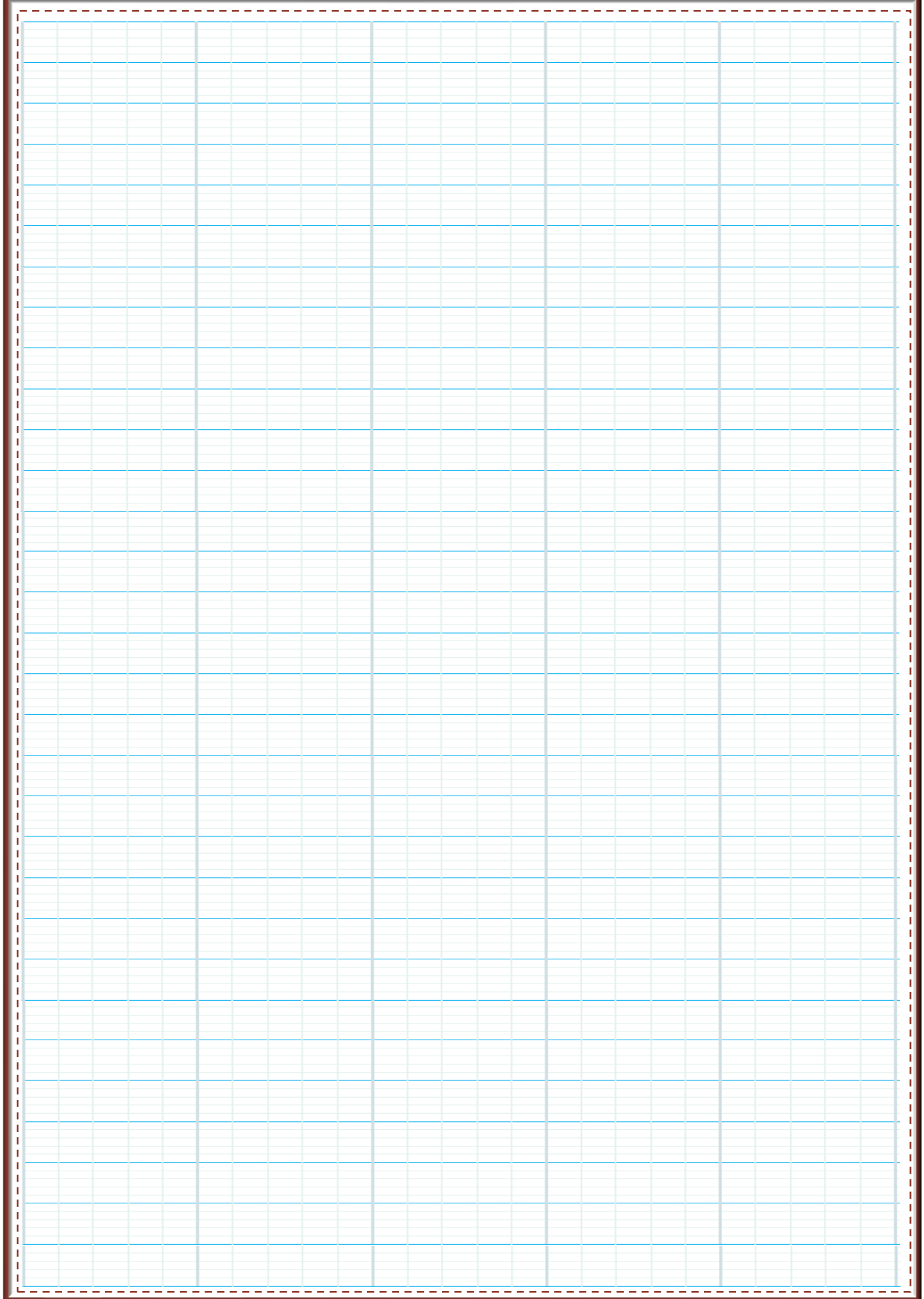
Un électron pénètre à partir d'un point **M** avec une vitesse $V_0 = 7,8 \times 10^7 \text{ m.s}^{-1}$ dans la région où règne un champ électrostatique uniforme et sort à partir d'un point **N** d'ordonnée $y_N = 1,7 \times 10^{-2}\text{m}$ (voir la figure ci-contre)

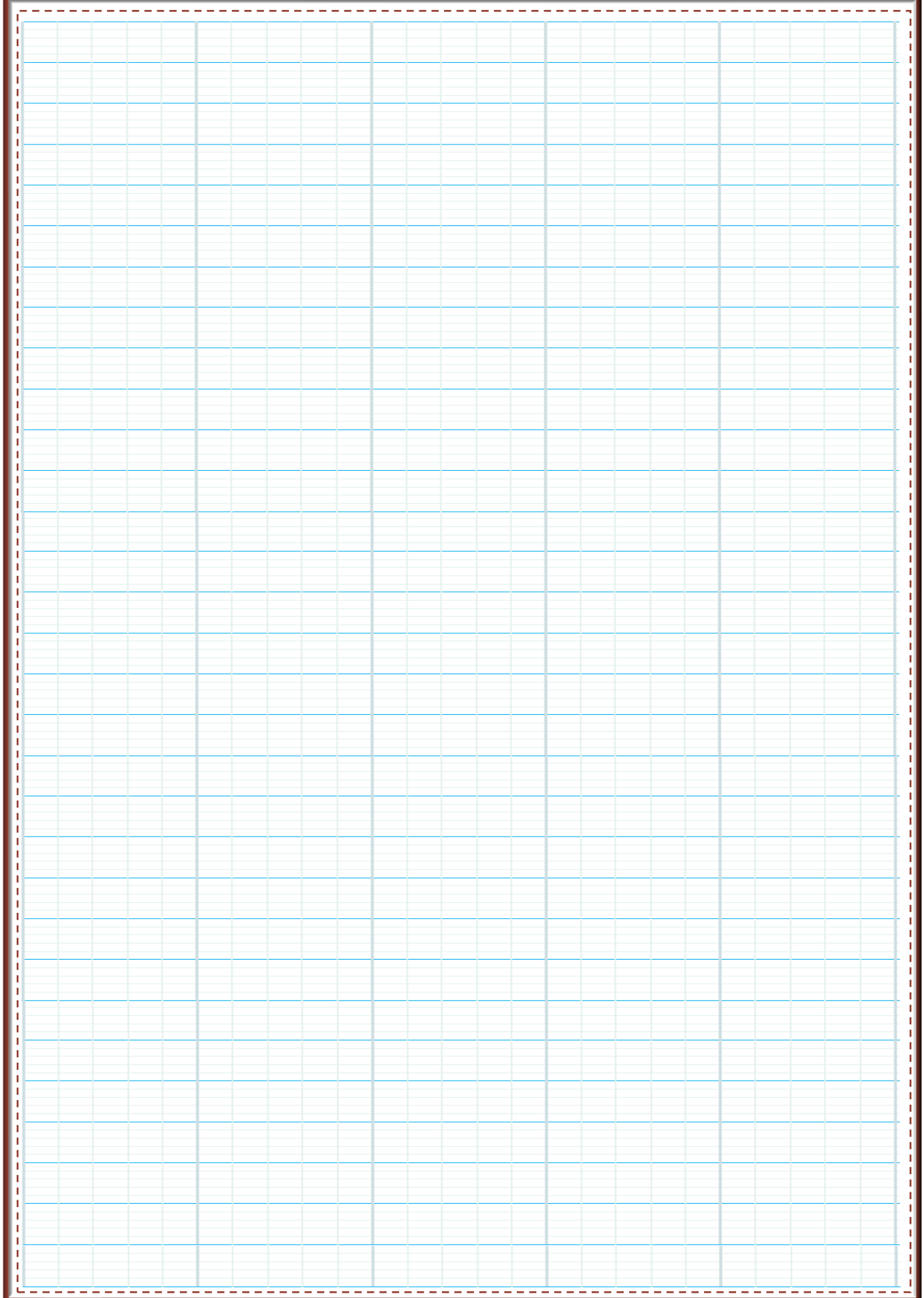


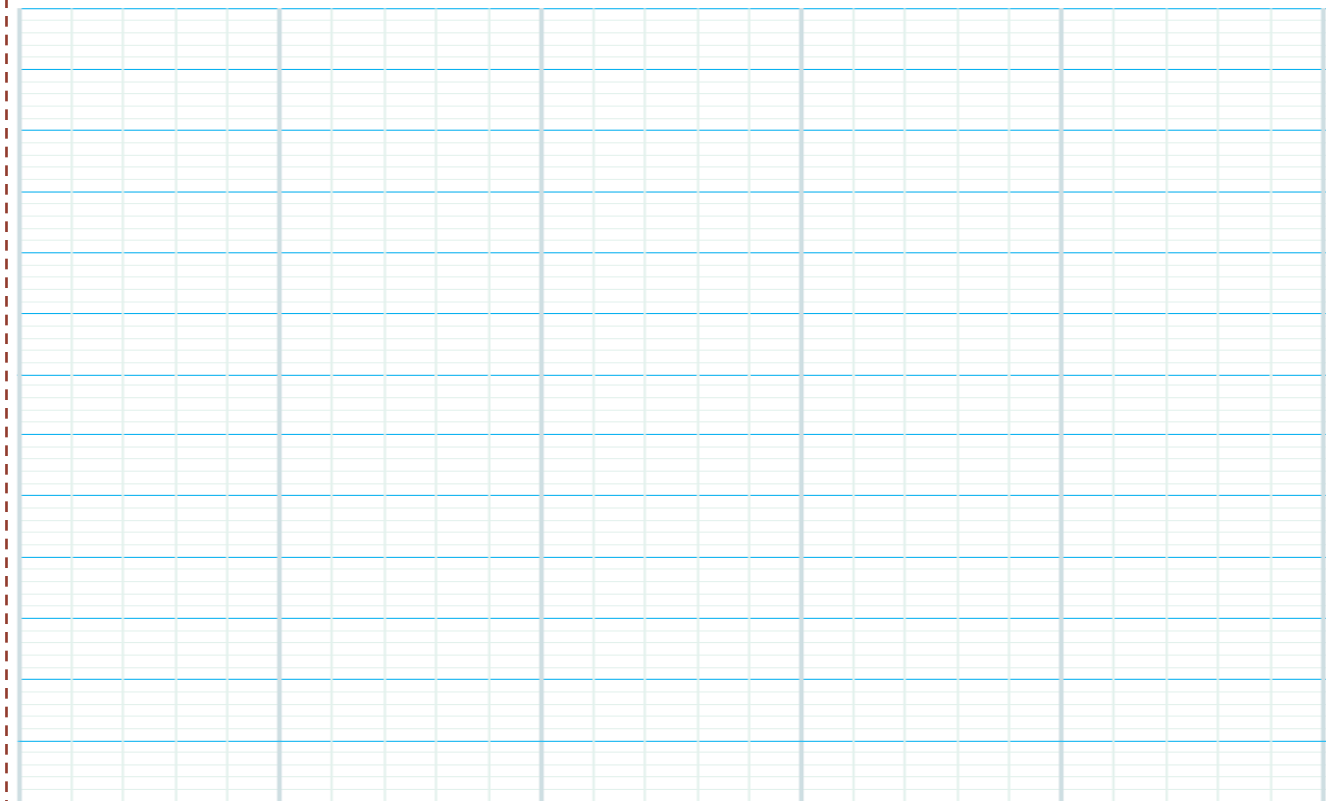
- ① Quel est le signe de la tension U_{AB} ? Justifier la réponse.
- ② Indiquer sur la figure, le sens du vecteur du champ électrostatique .Calculer sa valeur.
- ③ On choisit le plan vertical passant par **M** comme référence de l'énergie potentiel électrostatique $E_{pe}(M) = 0$.
 - a – Exprimer l'énergie 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 : $g = 10\text{N.Kg}^{-1}$







❖ **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 :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....