

### 30 Connaître les critères de réussite

CORRIGÉ

#### Service au tennis

Mobiliser et organiser ses connaissances ; effectuer des calculs ; interpréter des résultats.

À l'instant  $t = 0$  s, Ashleigh Barty frappe une balle de tennis à une hauteur  $h = 2,80$  m.

Elle donne à cette balle une vitesse initiale  $\vec{v}_0$  orientée vers le bas, qui fait un angle  $\alpha$  égal à  $6,0^\circ$  avec l'horizontale.

Le mouvement du centre de masse B de la balle de tennis est étudié dans un référentiel terrestre supposé galiléen auquel on associe le repère  $(O ; \vec{i}, \vec{j})$ .

Dans l'étude qui suit, on suppose que la balle est frappée sans effet et que toutes les actions dues à l'air sont négligées.



1. Schématiser la situation.
2. Établir l'expression du vecteur accélération  $\vec{a}$  du centre de masse B de la balle.
3. Montrer que les équations horaires du mouvement de ce centre de masse B sont :  

$$x = v_0 \times \cos \alpha \times t \text{ et } y = -\frac{1}{2} g \times t^2 - v_0 \times \sin \alpha \times t + h$$
4. Montrer que l'équation de la trajectoire du point B s'écrit :

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

5. La balle passe-t-elle au-dessus du filet ?

#### Données

- Intensité de la pesanteur :  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .
- Distance ligne de fond de court-filet :  $L = 11,90$  m.
- Hauteur du filet :  $H = 0,92$  m.
- Valeur de la vitesse initiale :  $v_0 = 47,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

### 33 À chacun son rythme

#### L'expérience de J. J. THOMSON

Mobiliser et organiser ses connaissances ; rédiger une explication.

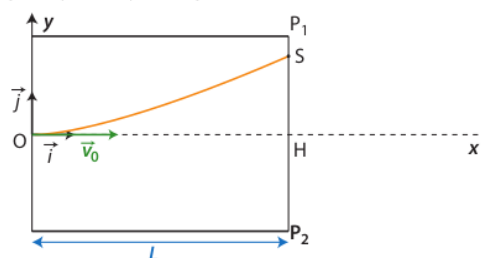
Commencer par résoudre l'énoncé compact. En cas de difficultés, passer à l'énoncé détaillé.

Au XIX<sup>e</sup> siècle, un défi pour les scientifiques est de déterminer les caractéristiques de l'électron : sa charge électrique  $-e$  et sa masse  $m_e$ .

Joseph John THOMSON conçoit un dispositif dans lequel un faisceau d'électrons est dévié lors de son passage entre deux plaques où règne un champ électrique. La mesure de la déviation du faisceau d'électrons lui permet alors de déterminer le rapport  $\frac{e}{m_e}$ .

À l'instant  $t = 0$  s, l'électron arrive en un point O avec une vitesse horizontale  $\vec{v}_0$ .

L'électron, supposé ponctuel, est soumis à la seule force électrique  $\vec{F}$ . Son mouvement est étudié dans un référentiel terrestre supposé galiléen. La trajectoire de l'électron dans un repère  $(O ; x, y)$  est représentée sur le schéma ci-dessous :



À la sortie de la zone entre les plaques  $P_1$  et  $P_2$ , l'électron a subi une déviation verticale HS comme indiqué ci-dessus.

#### Énoncé compact

Calculer le rapport  $\frac{e}{m_e}$  à partir de l'équation de la trajectoire de l'électron.

#### Énoncé détaillé

1. Exprimer la force électrique qui s'applique sur l'électron.
2. En utilisant la deuxième loi de Newton, déterminer les équations horaires du mouvement de l'électron.
3. Déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire de l'électron.
4. Calculer le rapport  $\frac{e}{m_e}$ .

#### Données

- Longueur des plaques :  $L = 9,0 \times 10^{-2}$  m.
- Valeur de la vitesse initiale de l'électron :  $v_0 = 2,4 \times 10^7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- Valeur du champ électrique :  $E = 1,6 \times 10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$ .
- Hauteur atteinte par l'électron à la sortie des plaques :  $HS = 2,0 \times 10^{-2}$  m.

### 34 CORRIGÉ Émission de rayons X par collision avec des électrons

Mobiliser et organiser ses connaissances

Les rayons X, découverts en 1895 par le physicien allemand Wilhelm Conrad RÖNTGEN, sont des ondes électromagnétiques utilisées principalement en imagerie médicale (radiologie) et en cristallographie (étude des substances cristallines).

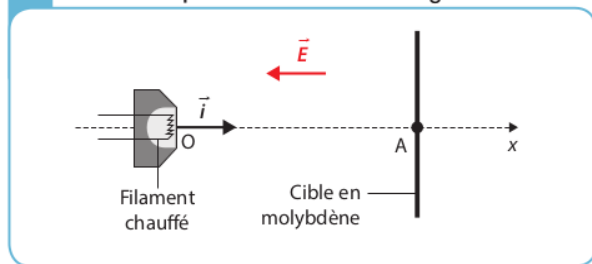
Les rayons X sont produits dans des dispositifs appelés tubes de Coolidge dont le premier exemplaire est fabriqué en 1913.

Dans ce dispositif, des électrons sont émis par un filament chauffé par effet Joule. Ils sont ensuite accélérés sous l'effet d'un champ électrique uniforme  $\vec{E}$  et dirigés vers une cible de molybdène, métal de symbole Mo.

Ce champ est obtenu grâce à une tension électrique  $U_{OA}$  d'environ  $-50$  kV imposée entre le filament chauffé et la cible.

Lorsque les électrons atteignent la cible de molybdène, ils interagissent avec le métal pour produire les rayons X. Le tube de Coolidge est complètement vidé d'air.

#### A Schéma simplifié d'un tube de Coolidge



On se propose d'évaluer la valeur de la vitesse atteinte par les électrons lorsqu'ils arrivent sur la cible en molybdène. On suppose pour cela qu'un électron est émis en O avec une vitesse de valeur nulle à  $t = 0$  s. Il arrive en A avec une vitesse  $\vec{v}_A$ .

1. a. Donner l'expression vectorielle de la force électrique  $\vec{F}$  subie par cet électron.

b. Comparer la direction et le sens de la force électrique  $\vec{F}$  à ceux du champ électrique  $\vec{E}$ .

2. Montrer que, dans le cas où la tension électrique  $U_{OA}$  appliquée entre le filament et la cible vaut  $-50$  kV, on peut négliger le poids de l'électron devant la force électrique qu'il subit.

3. Montrer que l'expression de la valeur de la vitesse de l'électron lorsqu'il arrive au point A est :

$$v_A = \sqrt{\frac{-2e \times U_{OA}}{m_e}}$$

4. Calculer la valeur de cette vitesse en A.

#### Données

- $OA = L = 2,0$  cm.
- Charge élémentaire :  $e = 1,60 \times 10^{-19}$  C.
- Masse de l'électron :  $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$  kg.
- Intensité de la pesanteur :  $g = 9,81$  N · kg<sup>-1</sup>.
- Travail de la force électrique lors du déplacement d'une particule de charge  $q$  entre les positions A et B :  $W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = q \times U_{AB}$ .
- La valeur de  $\vec{E}$  est :  $E = \frac{|U_{OA}|}{OA}$ .

### 32 🇬🇧 Penalty in rugby

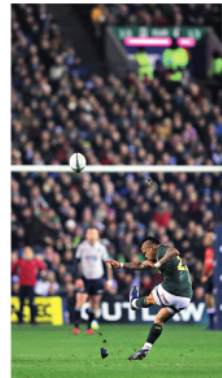
Pratiquer une langue vivante étrangère.

A rugby player attempts a penalty from 38 metres in front of the posts.

We are interested in the movement of the center of mass G of the ball.

Air friction on the ball is neglected.

At time  $t = 0$  s, he gives the ball a speed  $v_0$  of  $21$  m · s<sup>-1</sup> with an angle  $\alpha = 55^\circ$  to the horizontal axis.



1. Determine the coordinates of the acceleration, velocity and position vectors of G.
2. Establish the equation of the ball's trajectory.
3. Does the ball pass over the cross-bar at height  $h = 3.0$  metres over the ground?

#### Data

$$g = 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}.$$