

# THEME 2 : Lois et modèles

## C9 Lois de Newton

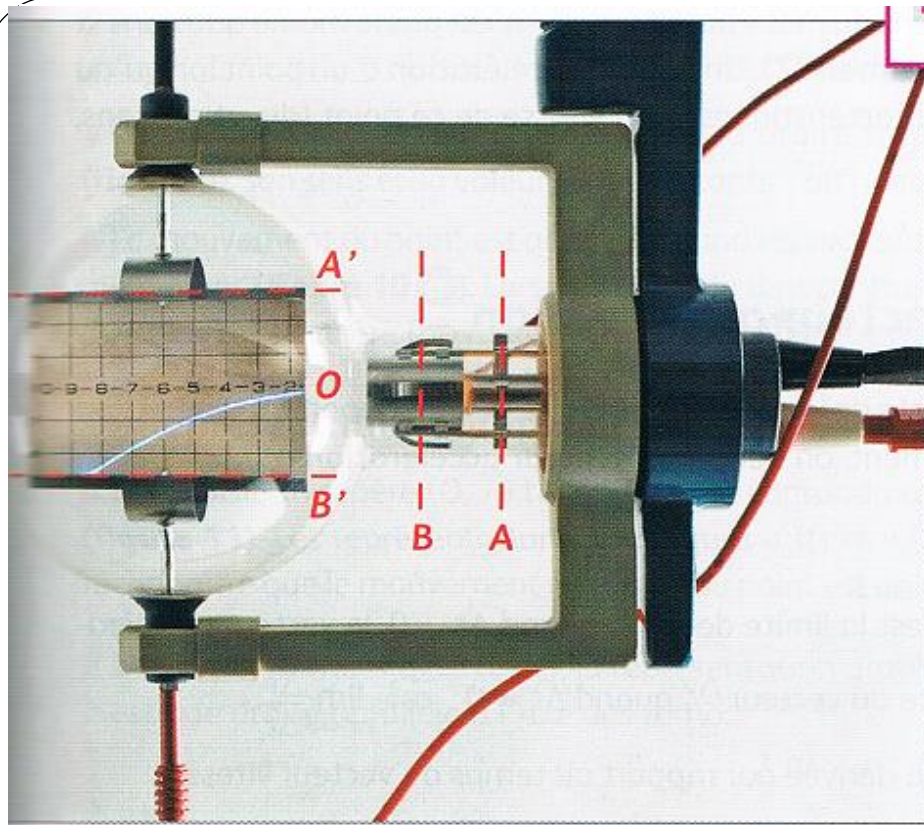
### TP2

*Etude de mouvements  
dans un champ électrique uniforme*

# 4

## Électrons dans un champ électrique

- ▶ Étudions le mouvement d'un électron dans un champ électrique uniforme.



6 Tube à électrons.

#### DISPOSITIF

■ Le tube à électrons (dans lequel un vide poussé à été réalisé) comprend (**document 6**):

- un canon à électrons qui accélère et focalise les électrons émis par un filament, afin d’obtenir un faisceau rectiligne d’électrons de même vitesse (tension  $U$  entre les plaques  $A$  et  $B$ );
- deux plaques horizontales  $A'$  et  $B'$  (séparées par une distance  $d = 5,2$  cm) entre lesquelles la même tension  $U$  permet de créer un champ électrique uniforme  $\vec{E}'$ . Le faisceau d’électrons qui pénètre au point  $O$  est dévié par ce champ  $\vec{E}'$ ;
- un écran gradué recouvert d’une substance fluorescente permet de matérialiser la trajectoire des électrons.

■ La photographie du tube à électrons est disponible sur le site élève :

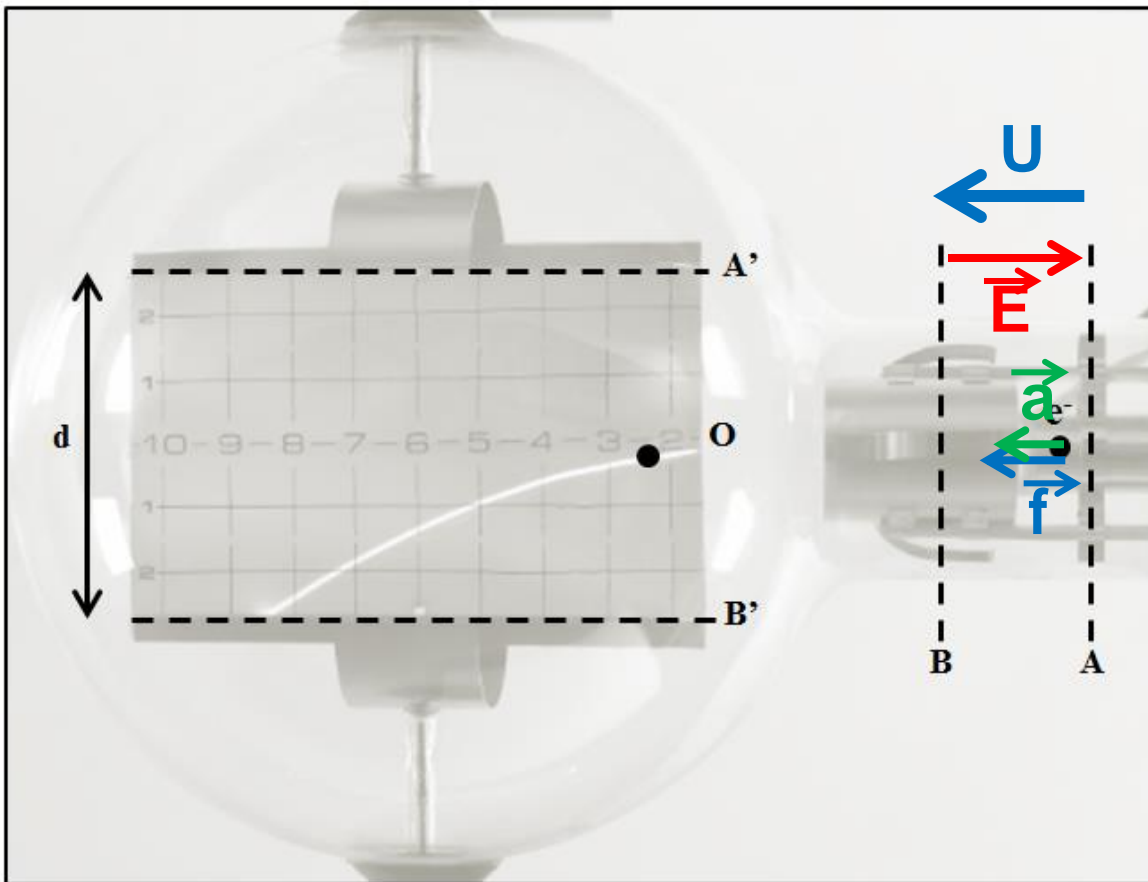
[www.nathan.fr/siriuslycee/eleve-termS](http://www.nathan.fr/siriuslycee/eleve-termS)

## 1 Analyser le dispositif

### Le canon à électrons

a. En s’appuyant sur la force électrique  $\vec{f}$  qui s’exerce sur un électron dans le champ  $\vec{E}$ , créé entre les plaques  $A$  et  $B$ , établir les caractéristiques de la force  $\vec{f}$ , du champ  $\vec{E}$  et de l’accélération  $\vec{a}$  de l’électron.





Le tube à électrons (dans lequel un essai a été réalisé) comprend (document 6) : un canon à électrons qui accélère et focalise les électrons émis par un filament, afin d'obtenir un faisceau rectiligne d'électrons de même vitesse  $U$  entre les plaques  $A$  et  $B$  ; deux plaques horizontales  $A'$  et  $B'$  (séparées par une distance  $d = 5,2$  cm) entre lesquelles la même vitesse  $U$  permet de créer un champ électrique  $\vec{E}'$ . Le faisceau d'électrons qui pénètre par le point  $O$  est dévié par ce champ  $\vec{E}'$  ; un écran gradué recouvert d'une substance fluorescente permet de matérialiser la trajectoire des électrons.

Une photographie du tube à électrons est disponible sur le site élève :

[thales.lyc-sirius.fr/siriuslycee/eleve-termS](http://thales.lyc-sirius.fr/siriuslycee/eleve-termS)

## 1 Analyser le dispositif

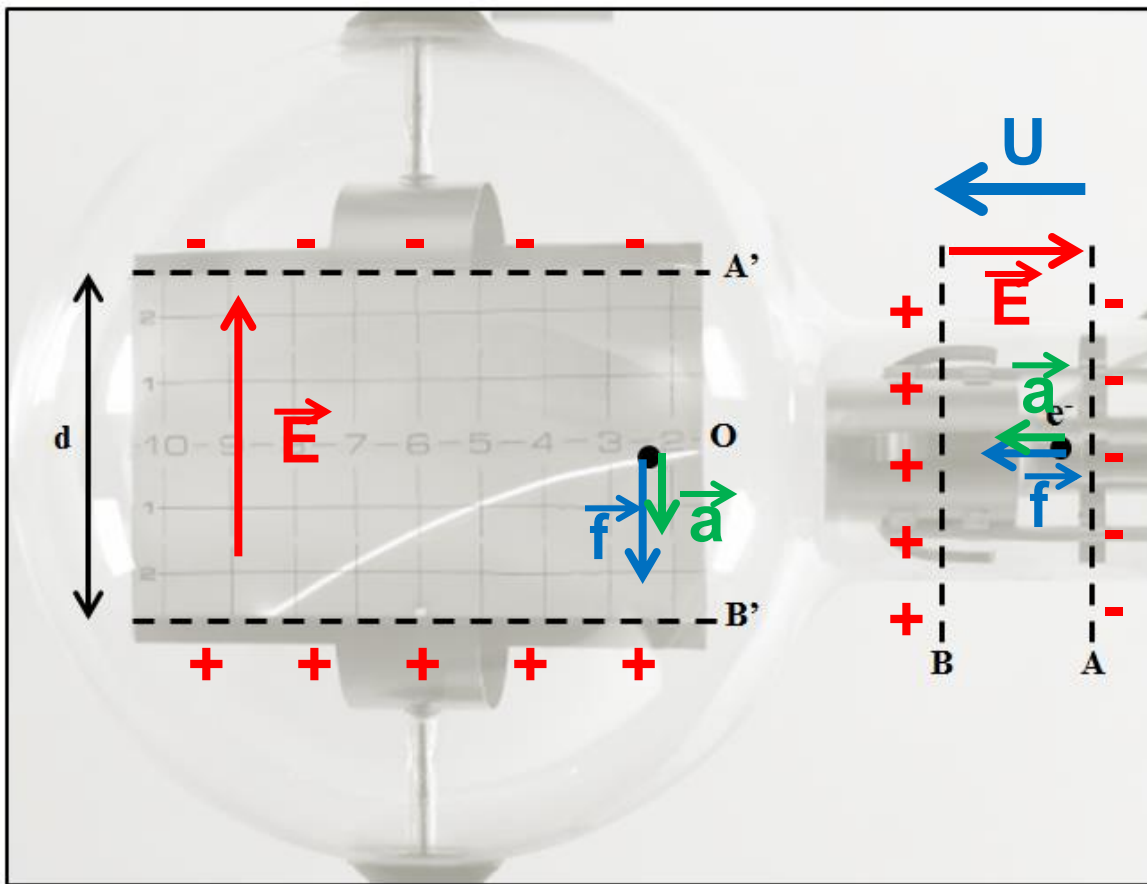
### Le canon à électrons

a. En s'appuyant sur la force électrique  $\vec{f}$  qui s'exerce sur un électron dans le champ  $\vec{E}$ , créé entre les plaques  $A$  et  $B$ , établir les caractéristiques de la force  $\vec{f}$ , du champ  $\vec{E}$  et de l'accélération  $\vec{a}$  de l'électron.

$\vec{f} = q \vec{E} = -e \vec{E}$  donc les deux vecteurs sont colinéaires mais opposés

On néglige l'action du poids de l'électron donc  $\vec{F}_R = \vec{f} = m \vec{a}$  donc

les deux vecteurs sont colinéaires et de même sens



Le tube à électrons (dans lequel un essai a été réalisé) comprend (document 6) :  
 un canon à électrons qui accélère et focalise les électrons émis par un filament, afin d'obtenir un faisceau rectiligne d'électrons de même vitesse  $U$  entre les plaques  $A$  et  $B$ );  
 deux plaques horizontales  $A'$  et  $B'$  (séparées par une distance  $d = 5,2$  cm) entre lesquelles la même vitesse  $U$  permet de créer un champ électrique  $\vec{E}$ . Le faisceau d'électrons qui pénètre par le point  $O$  est dévié par ce champ  $\vec{E}$  ;  
 un écran gradué recouvert d'une substance fluorescente permet de matérialiser la trajectoire des électrons.

Une photographie du tube à électrons est disponible sur le site élève :

[thales.lyc-sirius.fr/siriuslycee/eleve-termS](http://thales.lyc-sirius.fr/siriuslycee/eleve-termS)

**b.** Réaliser un schéma du canon à électrons, représenter ces trois vecteurs et indiquer le signe des plaques  $A$  et  $B$ .

Le champ électrique est orienté des charges  $+$  vers les charges  $-$  car les charges  $+$  attirent les électrons.

**Le dispositif de déviation du faisceau d'électrons**

**c.** Répondre aux questions précédentes lorsque l'électron est entre les plaques  $A'$  et  $B'$ .



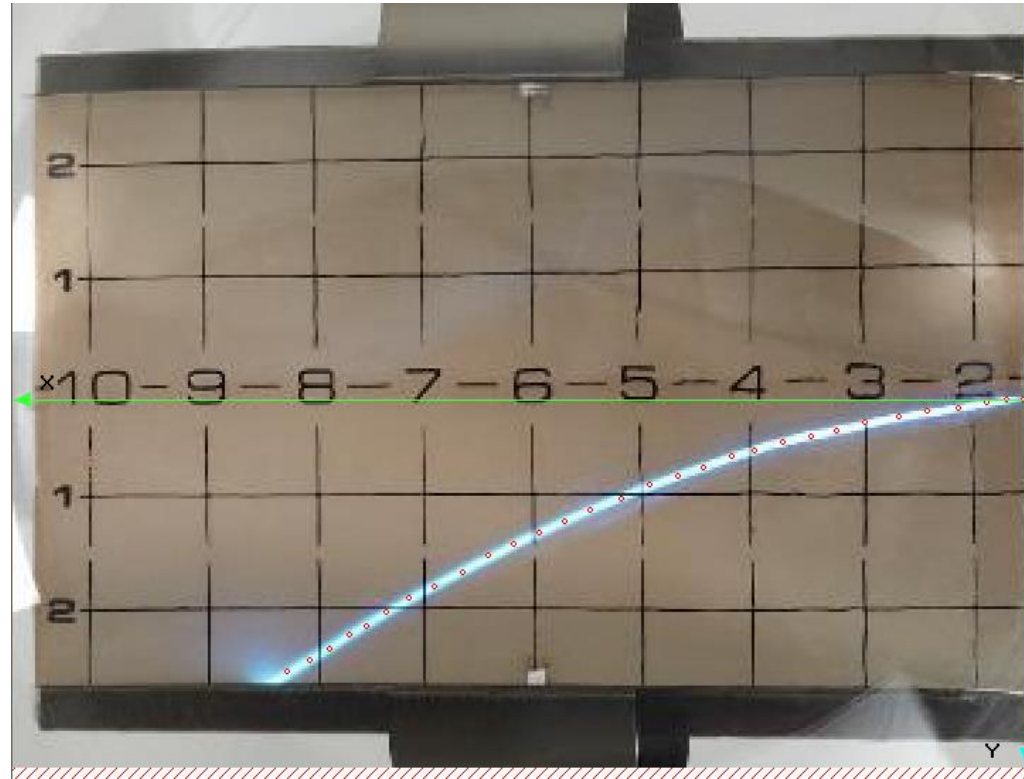
## Expérience

- Avec un logiciel de traitement d'images, relever sur la photographie les coordonnées d'environ 20 points du faisceau dans un repère  $(O; \vec{i}, \vec{j})$  (→ Fiche pratique 3).
- Transférer les données dans un logiciel de traitement de données (→ Fiche pratique 4).

Pour la partie 2 « Traitement de l'image », sous Généris 5+,

- Dans Acquisition, sélectionner « Traitement manuel » puis ouvrir le fichier image « Tube champ E.jpg » qui se trouve sur le commun de la classe.
- Cliquer sur le point correspondant au point O pour fixer l'origine du repère et cocher « L'image choisie associée au repère constitue l'origine des dates ».
- Etalonnage vertical : cliquer au niveau de la plaque A' puis, en maintenant l'appui, déplacer le curseur jusqu'à la plaque B' => indiquer  $d = 5,2 \text{ cm} = 0,052 \text{ m}$ .
- Etalonnage horizontal : mesurer la distance que représente d sur l'écran ; positionner horizontalement la règle sur l'écran puis, comme précédemment avec la souris, étalonner de droite à gauche.
- Lancer l'acquisition en indiquant une durée nulle puis enregistrer une vingtaine de positions de l'électron en cliquant sur sa trajectoire.
- Modélisation : déterminer l'équation de la trajectoire :

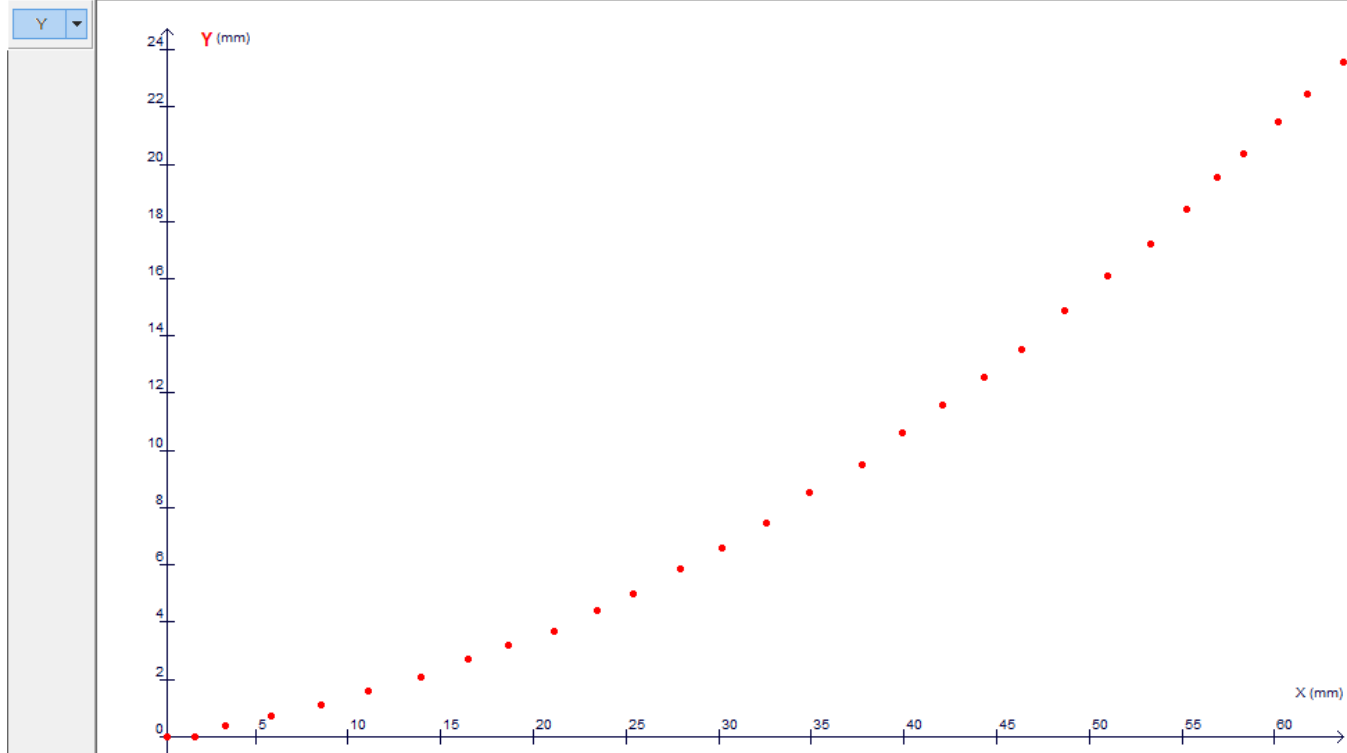
$$y(x) =$$



## Expérience

- Avec un logiciel de traitement d'images, relever sur la photographie les coordonnées d'environ 20 points du faisceau dans un repère  $(O; \vec{i}, \vec{j})$  ( $\rightarrow$  Fiche pratique 3).
- Transférer les données dans un logiciel de traitement de données ( $\rightarrow$  Fiche pratique 4).

Pour la partie 2 « Traitement de l'image », sous



- Lancer l'acquisition en indiquant une durée nulle puis enregistrer une vingtaine de positions de l'électron en cliquant sur sa trajectoire.
- Modélisation : déterminer l'équation de la trajectoire :

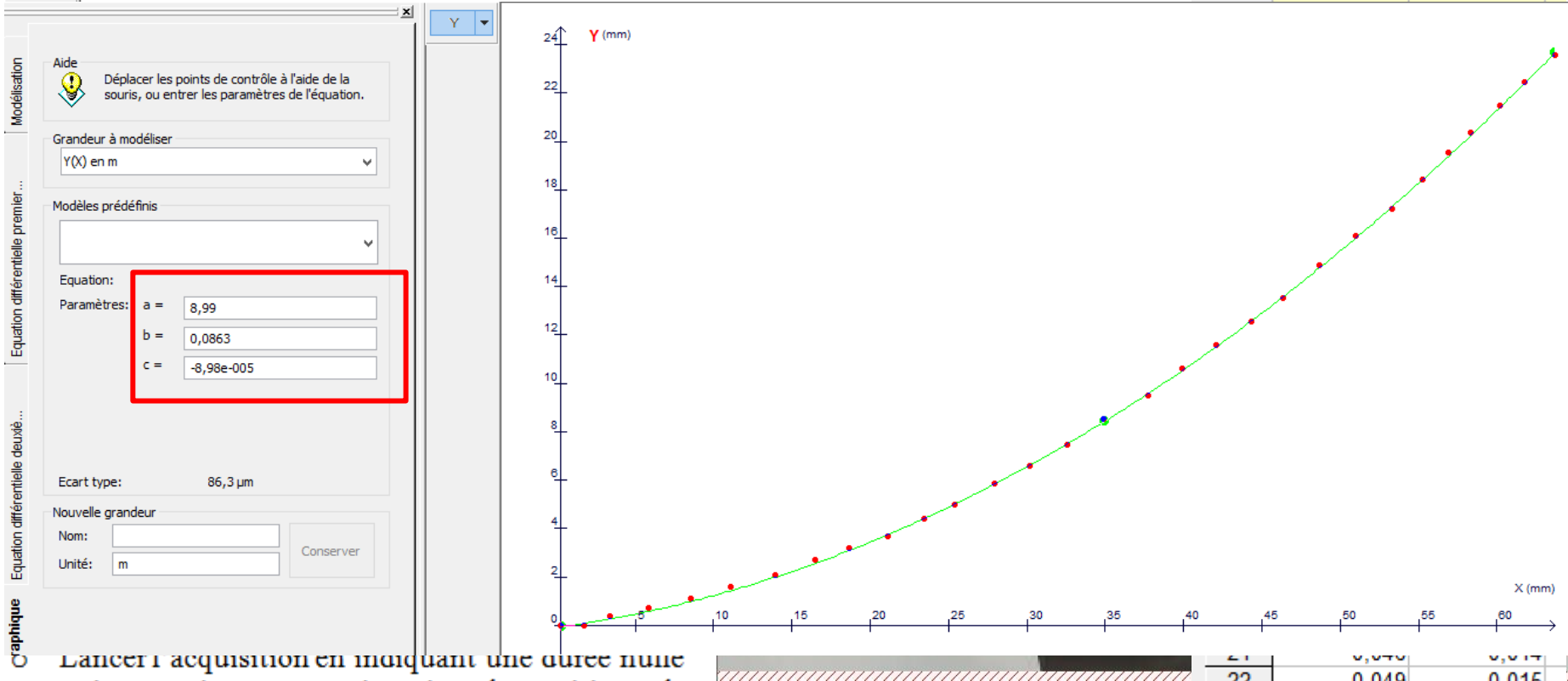
$$y(x) =$$

|       | A     | B     |
|-------|-------|-------|
| Grd   | X     | Y     |
| Unité | m     | m     |
| 1     | 0,000 | 0,000 |
| 2     | 0,002 | 0,000 |
| 3     | 0,003 | 0,000 |
| 4     | 0,006 | 0,001 |
| 5     | 0,009 | 0,001 |
| 6     | 0,011 | 0,002 |
| 7     | 0,014 | 0,002 |
| 8     | 0,016 | 0,003 |
| 9     | 0,019 | 0,003 |
| 10    | 0,021 | 0,004 |
| 11    | 0,023 | 0,004 |
| 12    | 0,025 | 0,005 |
| 13    | 0,028 | 0,006 |
| 14    | 0,030 | 0,007 |
| 15    | 0,033 | 0,007 |
| 16    | 0,035 | 0,009 |
| 17    | 0,038 | 0,010 |
| 18    | 0,040 | 0,011 |
| 19    | 0,042 | 0,012 |
| 20    | 0,044 | 0,013 |
| 21    | 0,046 | 0,014 |
| 22    | 0,049 | 0,015 |
| 23    | 0,051 | 0,016 |
| 24    | 0,053 | 0,017 |
| 25    | 0,055 | 0,018 |
| 26    | 0,057 | 0,020 |
| 27    | 0,058 | 0,020 |
| 28    | 0,060 | 0,021 |
| 29    | 0,062 | 0,022 |
| 30    | 0,064 | 0,024 |

## Expérience

- Avec un logiciel de traitement d'images, relever sur la photographie les coordonnées d'environ 20 points du faisceau dans un repère  $(O; \vec{i}, \vec{j})$  (→ Fiche pratique 3).
- Transférer les données dans un logiciel de traitement de données (→ Fiche pratique 4).

Pour la partie 2 « Traitement de l'image », sous



- Lancer l'acquisition en indiquant une durée nulle puis enregistrer une vingtaine de positions de l'électron en cliquant sur sa trajectoire.
- Modélisation : déterminer l'équation de la trajectoire :

$$y(x) \approx \frac{1}{2} 8,99 x^2 \approx 4,5 x^2$$

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 21 | 0,047 | 0,014 |
| 22 | 0,049 | 0,015 |
| 23 | 0,051 | 0,016 |
| 24 | 0,053 | 0,017 |
| 25 | 0,055 | 0,018 |
| 26 | 0,057 | 0,020 |
| 27 | 0,058 | 0,020 |
| 28 | 0,060 | 0,021 |
| 29 | 0,062 | 0,022 |
| 30 | 0,064 | 0,024 |
| 31 | 0,066 | 0,026 |
| 32 | 0,068 | 0,028 |
| 33 | 0,070 | 0,030 |
| 34 | 0,072 | 0,032 |
| 35 | 0,074 | 0,034 |
| 36 | 0,076 | 0,036 |
| 37 | 0,078 | 0,038 |
| 38 | 0,080 | 0,040 |
| 39 | 0,082 | 0,042 |
| 40 | 0,084 | 0,044 |
| 41 | 0,086 | 0,046 |
| 42 | 0,088 | 0,048 |
| 43 | 0,090 | 0,050 |
| 44 | 0,092 | 0,052 |
| 45 | 0,094 | 0,054 |
| 46 | 0,096 | 0,056 |
| 47 | 0,098 | 0,058 |
| 48 | 0,100 | 0,060 |
| 49 | 0,102 | 0,062 |
| 50 | 0,104 | 0,064 |
| 51 | 0,106 | 0,066 |
| 52 | 0,108 | 0,068 |
| 53 | 0,110 | 0,070 |
| 54 | 0,112 | 0,072 |
| 55 | 0,114 | 0,074 |
| 56 | 0,116 | 0,076 |
| 57 | 0,118 | 0,078 |
| 58 | 0,120 | 0,080 |
| 59 | 0,122 | 0,082 |
| 60 | 0,124 | 0,084 |



## 2 Exploiter puis conclure

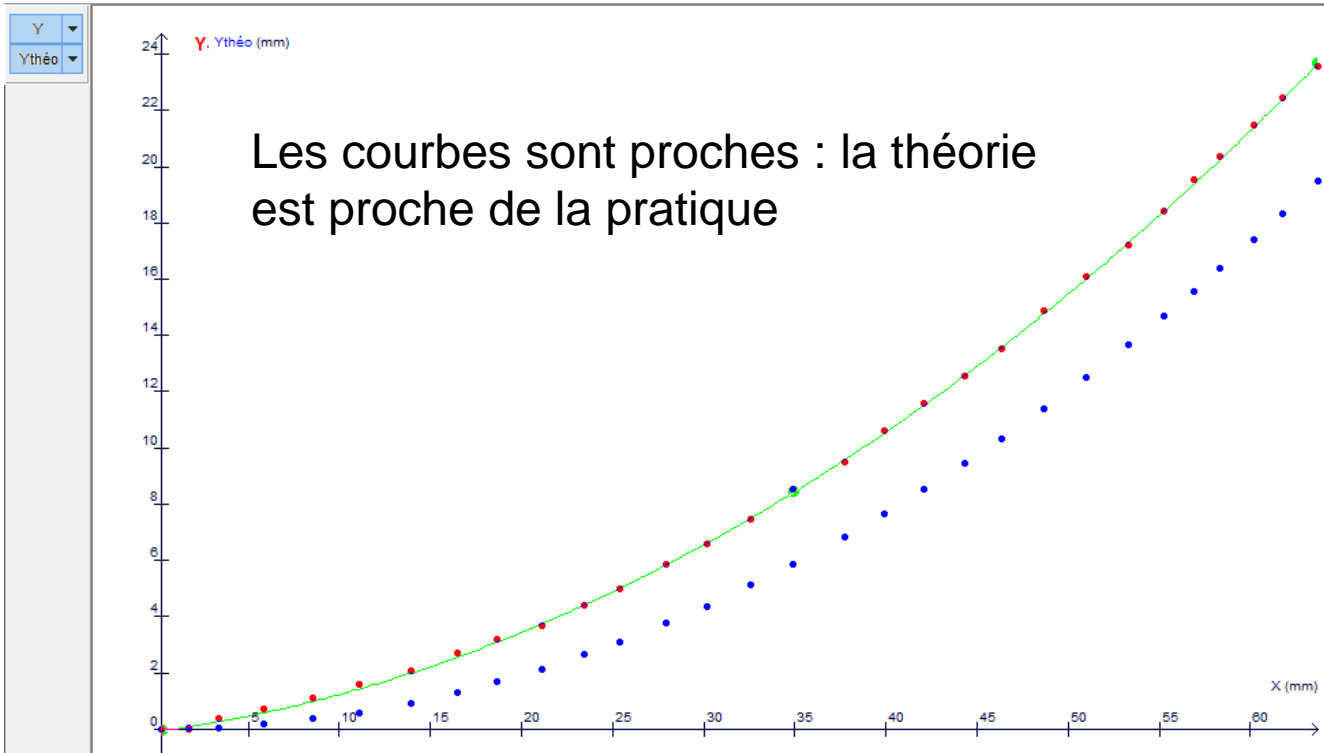
Si on fait l'hypothèse que la vitesse d'entrée  $\vec{v}_0$  des électrons est parallèle aux plaques A' et B' et qu'elle est identique à la vitesse de sortie du canon à électrons, lorsque les tensions accélératrice et de déviation sont égales, la deuxième loi de Newton permet d'établir l'équation de la trajectoire dans le repère  $(O; \vec{i}, \vec{j})$  :

$$y_{\text{exp}} \approx 4,5 x^2 \quad y_{\text{théorique}} = \frac{x^2}{4d} = 4,81 x^2$$

La trajectoire est une portion de parabole de sommet O.

- Créer la grandeur  $y_{\text{théorique}}$  et afficher la courbe  $y_{\text{théorique}}(x)$  en superposition avec les points expérimentaux. La fonction  $y_{\text{théorique}}(x)$  représente-t-elle correctement les résultats obtenus?
- Rechercher et relever l'équation de la parabole qui passe au mieux entre les points expérimentaux.

| ? |       | =X[1]^2÷(4×0,052) |       |
|---|-------|-------------------|-------|
| B |       | C                 |       |
| Y |       | Ythéo             |       |
| m |       | m                 |       |
|   | 0,002 |                   | 0,000 |
|   | 0,002 |                   | 0,000 |
|   | 0,003 |                   | 0,001 |
|   | 0,003 |                   | 0,001 |
|   | 0,004 |                   | 0,001 |
|   | 0,004 |                   | 0,002 |
|   | 0,005 |                   | 0,002 |
|   | 0,006 |                   | 0,003 |
|   | 0,006 |                   | 0,004 |
|   | 0,007 |                   | 0,004 |
|   | 0,008 |                   | 0,005 |
|   | 0,010 |                   | 0,006 |
|   | 0,011 |                   | 0,008 |
|   | 0,012 |                   | 0,009 |
|   | 0,013 |                   | 0,010 |
|   | 0,015 |                   | 0,011 |
|   | 0,016 |                   | 0,013 |
|   | 0,018 |                   | 0,014 |
|   | 0,020 |                   | 0,016 |
|   | 0,021 |                   | 0,018 |
|   | 0,023 |                   | 0,019 |
|   | 0,025 |                   | 0,021 |
|   | 0,026 |                   | 0,022 |



## 2 Exploiter puis conclure

Si on fait l'hypothèse que la vitesse d'entrée  $\vec{v}_0$  des électrons est parallèle aux plaques A' et B' et qu'elle est identique à la vitesse de sortie du canon à électrons, lorsque les tensions accélératrice et de déviation sont égales, la deuxième loi de Newton permet d'établir l'équation de la trajectoire dans le repère  $(O; \vec{i}, \vec{j})$  :

$$y_{\text{théorique}} = \frac{x^2}{4d}$$

La trajectoire est une portion de parabole de sommet O.

- Créer la grandeur  $y_{\text{théorique}}$  et afficher la courbe  $y_{\text{théorique}}(x)$  en superposition avec les points expérimentaux. La fonction  $y_{\text{théorique}}(x)$  représente-t-elle correctement les résultats obtenus ?
- Rechercher et relever l'équation de la parabole qui passe au mieux entre les points expérimentaux.
- Formuler des hypothèses pour expliquer l'écart entre les modèles théorique et expérimental.

Le champ électrique généré par les plaques A' et B' est présent avant O, à l'extérieur, donc

- $\vec{v}_0$  n'est pas parallèle aux plaques A'B' (l'électron est déjà dévié)
- $v_0$  est différent de la vitesse de sortie du canon à électrons (accélération vers le bas)

