1^{e} Spécialité Physique Chimie

CHAPITRE 11

MOUVEMENT D’UN SYSTÈME

EXERCICES

Wulfran Fortin

Liste des exercices

Exercice 1

Énoncé

D'après Belin 2019.

a. Lors d'un mouvement rectiligne accéléré

1. $\overrightarrow{\Delta V}$ est dans le sens du mouvement
2. $\overrightarrow{\Delta V} = \overrightarrow{0}$
3. $\overrightarrow{\Delta V}$ est dans le sens contraire du mouvement
4. $\overrightarrow{\Delta V}$ est perpendiculaire à la trajectoire

b. Soient deux vecteurs vitesses $\overrightarrow{V_2}$ et $\overrightarrow{V_3}$. Voir figure 1. Dire à quelle figure correspond le vecteur $\overrightarrow{\Delta V} = \overrightarrow{\Delta V_3} - \overrightarrow{\Delta V_2}$.

c. Lors d'un mouvement circulaire uniforme

1. la norme du vecteur vitesse $\overrightarrow{V}$ est constante
2. le vecteur $\overrightarrow{\Delta V} = \overrightarrow{0}$

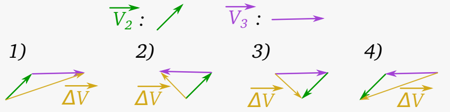


Figure *1*

3. le vecteur $\overrightarrow{\Delta V}$ existe car les vecteurs $\overrightarrow{V}$ n'ont pas la même direction
4. le vecteur $\overrightarrow{\Delta V}$ est tangent à la trajectoire

d. Le vecteur $\overrightarrow{\Delta V}$ lors d'un mouvement

1. est égal à la résultante des forces extérieures $\overrightarrow{F}$
2. est colinéaire à $\overrightarrow{F}$
3. a la même direction et le même sens que $\overrightarrow{F}$
4. est perpendiculaire à $\overrightarrow{F}$

e. Un mobile subit une poussée de $1000\ N$ pendant 1 *seconde*.

1. $\overrightarrow{\Delta V}$ du mobile augmente si sa masse diminue

2. $\overrightarrow{\Delta V}$ ne dépend pas de la masse
3. $\overrightarrow{\Delta V}$ du mobile diminue si sa masse augmente
4. $\overrightarrow{\Delta V}$ du mobile diminue si sa masse diminue

f. Une bille roule en ligne droite de la gauche vers la droite et est freinée par une force $\overrightarrow{F}$. Les vecteurs $\overrightarrow{F}$ et $\overrightarrow{\Delta V}$ sont représentés par quelle schéma ? Voir figure 2.

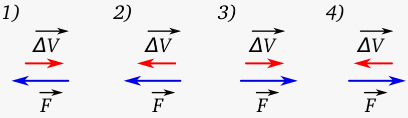


Figure *2*

g. Un aimant exerce une force d'attraction de $5.0\ N$ sur une bille immobile de masse $100\ g$ pendant une durée $\Delta t = 0.1\ s$. La variation de vitesse ΔV est égale à

1. $50\ m.s^{-1}$

2. $5.0\ m.s^{-1}$
3. $0.5\ m.s^{-1}$
4. $0.05\ m.s^{-1}$

h. Une voiture roulant en ligne droite de masse $m = 800\ kg$ freine pendant $2.0\ s$. Sa vitesse passe de $30\ m.s^{-1}$ à $10\ m.s^{-1}$. La norme de la somme des forces est égale à

1. $8000\ kg$
2. $8000\ m$
3. $800\ N$
4. $8000\ N$

Correction

a. Réponse 1 car le mouvement est accéléré donc le vecteur variation de vitesse ne peut pas être nul, et comme la vitesse augmente, il est dans le sens du mouvement. On se déplace en ligne droite, tous les vecteurs vitesses sont colinéaires.
b. Réponse 3.
c. La réponse 1 est juste, dire que le mouvement est uniforme signifie que la vitesse est constante en norme (mais pas forcément en direction). La réponse 3 est juste également, car on se déplace sur un cercle, la direction du mouvement change. Voir figure 3.
d. D'après la deuxième loi de Newton, on a

$$\overrightarrow{F} = m\frac{\overrightarrow{\Delta V}}{\Delta t}$$

Donc les réponses justes sont la 2 et la 3.
e. D'après la deuxième loi de Newton, on a $\overrightarrow{F} = m\frac{\overrightarrow{\Delta V}}{\Delta t}$, que l'on peut écrire en modi-

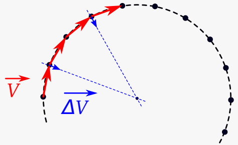


Figure *3*

fiant l'égalité

$$\Delta t \frac{\overrightarrow{F}}{m} = \overrightarrow{\Delta V}$$

Donc les réponses justes sont la 1 et la 3.
f. $\overrightarrow{F}$ et $\overrightarrow{\Delta V}$ sont dans le même sens, et la force s'oppose au mouvement, la bonne réponse est le schéma 2.
g. $\Delta V = \Delta t \frac{F}{m} = 0.1\ s \frac{5.0\ N}{0.100\ kg} = 5\ m.s^{-1}$, la bonne réponse est la 2.
h. $F = m\frac{\Delta V}{\Delta t} = 800\ kg \frac{30\ m.s^{-1} - 10\ m.s^{-1}}{2.0\ s} = 8000\ N$, la bonne réponse est la 4.

Exercice 2

Énoncé

D'après Belin 2019.
Afin de comparer l'aérodynamisme des automobiles, on effectue une expérience qui consiste à débrayer le moteur d'un véhicule de masse $m = 1.0\ t$ roulant à vitesse constante sur une route droite et horizontale de
gauche à droite. L'automobile poursuit «en roue libre» et les valeurs de la vitesse sont relevées au cours du ralentissement dans le tableau 1. On donne $g = 9.81\ N.kg^{-1}$.

a. Calculer la valeur approchée ΔV à la date $40\ s$.
b. Donner la direction et le sens de $\overrightarrow{\Delta V}$.
c. En déduire à cet instant les caractéristiques de la résultante des forces
appliquées sur la voiture $\overrightarrow{F}$.
d. Faire un bilan des forces appliquées à la

$t\ (s)$	$v\ (km.h^{-1})$
0	100
20	85
40	70
60	55
100	40
120	32
140	28

Table *1*

voiture et déterminer la valeur de la force responsable du ralentissement.

Correction

a. $\Delta V_5 = V_6 - V_5 = 32 - 40 = -8\ km.h^{-1}$.
b. Direction horizontale, sens opposé au mouvement, de la droite vers la gauche.
c. $\overrightarrow{F} = m\frac{\overrightarrow{\Delta V}}{\Delta t}$ donc $\overrightarrow{F}$ est dans le même sens et la même direction que $\overrightarrow{\Delta V}$.
d. La voiture subit l'action de la Terre via une force verticale vers le bas, appelée le poids $\overrightarrow{P}$. Elle subit aussi l'action du sol via une force appelée réaction du support, verticale vers le haut $\overrightarrow{R}$, et on a $\overrightarrow{R} = -\overrightarrow{P}$. Enfin, la voiture subit une force de frottement $\overrightarrow{f}$ opposée au mouvement, due à l'air et à la route. La résultante des forces est simple-

ment égale à $\overrightarrow{f}$ et on a

$$\begin{aligned}
f &= m\frac{\Delta V}{\Delta t} \\
&= m\frac{V_6 - V_5}{t_6 - t_5} \\
&= 1000\ kg\,\frac{32\ km.h^{-1} - 40\ km.h^{-1}}{120\ s - 100\ s} \\
&= 1000\ kg\,\frac{-8\ km.h^{-1}}{20\ s} \\
&= 1000\ kg\,\frac{-2.22\ m.s^{-1}}{20\ s} \\
&= -111\ N
\end{aligned}$$

C’est une force de frottement qui s’oppose au mouvement.

Exercice 3

Énoncé

D’après Belin 2019.
Lors d’une partie de pétanque un joueur lance sa boule afin de la placer au plus près du bouchon. Le mouvement de la boule est filmé et les résultats sont regroupés dans un tableau 2.

a. Tracer la trajectoire de la boule à partir des valeurs du tableau.
b. Déterminer la hauteur à laquelle le joueur lâche sa boule.
c. Déterminer le diagramme objet interaction de la boule une fois la boule lâchée.
d. Déterminer à l’aide d’un tableur l’ensemble des ΔV sur l’axe des x.
e. Déterminer à l’aide d’un tableur l’ensemble des ΔV sur l’axe des y.
Conclure en comparant la force exercée sur la boule et $\overrightarrow{\Delta V}$ sur l’axe des y.

t (s)	x (m)	y (m)
0.0	0.0	2.0
0.2	1.3	3.4
0.4	2.5	4.3
0.6	3.8	4.9
0.8	5.0	5.1
1.0	6.3	4.9
1.2	7.6	4.3
1.4	8.8	3.3
1.6	10.1	1.9
1.6	11.3	0.1

Table *2*

Correction

a. Voir figure 4.
b. D'après la trajectoire, la boule a été lâ-

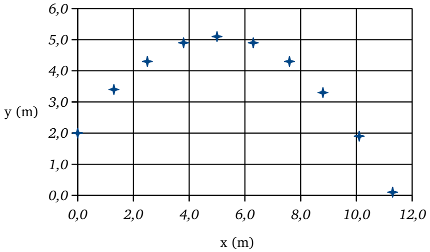


Figure *4*

chée pour $y = 2.0\ m$.
c. Le système étudié est la boule. Elle ne subit que l'action gravitationnelle de la planète Terre, qui est une action à distance, que l'on appelle le poids et qui est modélisée par un

vecteur force vertical vers le bas $\overrightarrow{P}$.

d. On utilise une formule pour calculer automatiquement toutes les valeurs des vitesses et des variations de vitesse, puis on tire les deux formules sur la totalité des lignes. Voir figure 5.

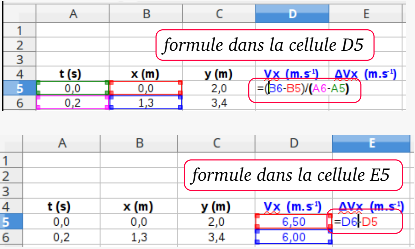


Figure *5*

e. On procède de la même manière que pour la question précédente. On a finalement le tableau de valeur suivant pour les variations de vitesse. Voir tableau 3.

$t\ (s)$	$\Delta V_x\ (m.s^{-1})$	$\Delta V_y\ (m.s^{-1})$
0.0	$-0.5.0$	-2.5
0.2	0.5	-1.5
0.4	-0.5	-2.0
0.6	0.5	-2.0
0.8	0.0	-2.0
1.0	$-0.5.3$	-2.0
1.2	0.5	-2.0
1.4	-0.5	-2.0
1.6		
1.6		

Table *3*

On constate que sur les deux axes les variations de vitesse sont constantes, mais en moyenne, on a $\Delta V_x = 0.0\ m.s^{-1}$ et $\Delta V_x = -2.0\ m.s^{-1}$ ce qui signifie que le long de l'axe des x, le mouvement est uniforme, la vitesse ne change pas, mais que sur l'axe verticale, la vitesse varie, et d'après le sens de la variation, le vecteur variation de vitesse est orienté vers le bas, comme le poids de la boule. On a donc

$$\overrightarrow{P} = m\frac{\overrightarrow{\Delta V_y}}{\Delta t}$$

Voir figure 6.

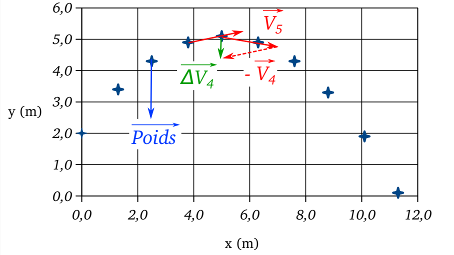


Figure *6*

Exercice 4

Énoncé

D'après Hachette 2019.
Sur la figure 7, relier chaque schéma indiquant la résultante des forces $\overrightarrow{F}$ au schéma représentant le vecteur vitesse $\overrightarrow{V}$ et variation de vitesse $\overrightarrow{\Delta V}$ qui lui correspond. Plusieurs schémas peuvent accepter la même réponse.

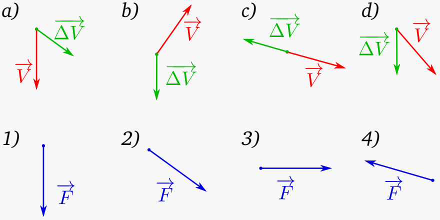


Figure 7

Correction

Le schéma $a)$ correspond au schéma $2)$.
Le schéma $b)$ correspond au schéma $1)$.
Le schéma $c)$ correspond au schéma $4)$.
Le schéma $d)$ correspond au schéma $1)$.
Le schéma $3)$ n'a aucune correspondance.

Exercice 5

Énoncé

D'après Hachette 2019.
On dispose de boules de masse m différentes sur lesquelles une même force $\overrightarrow{F}$ constante s'exerce. On a reporté dans le tableau 4 la valeur du vecteur variation de vitesse de chaque boule en fonction de sa masse, pendant le même intervalle de temps.

a. Choisir la bonne affirmation

boule	$\Delta V\ (m.s^{-1})$	$m\ (g)$
1	5	300
2	10	150
3	15	100
4	20	75

Table *4*

1. *ΔV et m sont proportionnelles*

2. ΔV *et* m *sont inversement proportionnelles*

b. Comment la valeur ΔV évolue-t-elle si la masse de la boule est multipliée par deux ?

Correction

a. On voit que ΔV et m ne peuvent pas être proportionnelles car si l'un augmente, l'autre diminue. On va ensuite tracer ΔV en fonction de $\frac{1}{m}$, voir figure 8.
On constate que c'est la deuxième affirma-

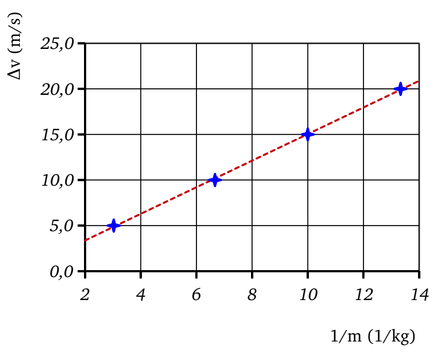


Figure *8*

tion qui est juste ΔV *et* m *sont inversement* *proportionnelles* .

b. Si m est doublée, alors ΔV est divisée par 2.

Exercice 6

Énoncé

D'après Lelivrescolaire 2019.
En 1971 David Scott réalise une expérience à la surface de la Lune. Il laisse tomber un marteur de $1.32\ kg$ et une plume de faucon de masse $0.03\ kg$ en même temps, depuis la même hauteur. Les deux objets atteignent le sol au même moment.

a. Pourquoi peut-on affirmer que chaque objet est en chute libre ?

b. Montrer que pour un objet en chute libre, la variation de vitesse ne dépend pas de sa masse.

c. Expliquer alors pourquoi les deux objets atteignent le sol au même moment.

Correction

a. On fait un diagramme d'interaction objet. Le système étudié est l'objet qui tombe. Lors de sa chute, le seul autre objet agissant sur lui est la Lune, via le poids de l'objet, c'est une action à distance. Comme il n'y a pas d'atmosphère sur la Lune, il n'y a pas de frottement dans l'air. La chute est donc dite libre.

b. La seule force qui s'exerce sur l'objet est son poids $\overrightarrow{P}$ qui peut s'exprimer en fonction du champs de pesanteur de la Lune et de la masse de l'objet

$$\overrightarrow{P} = m\overrightarrow{g_{\text{Lune}}}$$

On applique la deuxième loi de Newton à la résultante des forces qui ici se limite au poids

$$\overrightarrow{P} = m\frac{\overrightarrow{\Delta V}}{\Delta t}$$

et donc on a

$$m\overrightarrow{g_{\text{Lune}}} = m\frac{\overrightarrow{\Delta V}}{\Delta t}$$

puis en simplifiant par m

$$\overrightarrow{g_{\text{Lune}}} = \frac{\overrightarrow{\Delta V}}{\Delta t}$$

et en isolant la variation de vitesse

$$\overrightarrow{\Delta V} = \Delta t\overrightarrow{g_{\text{Lune}}}$$

La variation de vitesse est la même pour tous les objets quelque soi leur masse.
c. Les deux objets partent en même temps, et parcourent la même distance en chute libre, ils arriveront donc en même temps puisque leurs variations de vitesse seront identiques.

Exercice 7

Énoncé

D'après Lelivrescolaire 2019.

Le 6 février 2018, la fusée la plus puissante du monde *Falcon Heavy* a été lancée depuis le centre spatial Kennedy en Floride. Les 27 moteurs fusées sont mis à feu et exercent une poussée $F = 22800\ kN$.

La masse de la fusée est $m = 1420\ t$ au décollage.

L'intensité de la pesanteur est
$g = 9.81\ N.kg^{-1}$.

a. Quelles forces s'exercent sur la fusée ?

b. Représenter ces forces sur un schéma avec pour échelle $1\ cm \longleftrightarrow 10000\ kN$.

c. Calculer la valeur de la résultante des forces.

d. En appliquant la deuxième loi de Newton, calculer la variation de vitesse lors de la première seconde du décollage.

Correction

a. La fusée subit l'action de la Terre via le poids et l'action des moteurs via la force de poussée.

b. On calcule la valeur du poids de la fusée

$$\begin{aligned} P &= m \times g \\ &= 1420\ t \times 9.81\ N.kg^{-1} \\ &= 1420000\ kg \times 9.81\ N.kg^{-1} \\ &= 13930200\ N \\ &= 13930\ kN \end{aligned}$$

On calcule ensuite par proportionnalité la longueur des vecteurs forces à dessiner. Pour la poussée F, on doit dessiner une flèche verticale vers le haut d'une longueur de

$$\frac{22800\ kN \times 1\ cm}{10000\ kN} = 2.3\ cm$$

Pour le poids P de la fusée, on doit dessiner une flèche verticale vers le bas d'une longueur de

$$\frac{13930\ kN \times 1\ cm}{10000\ kN} = 1.4\ cm$$

c. La résultante des forces $\overrightarrow{R}$ s'écrit

$$\overrightarrow{R} = \overrightarrow{F} + \overrightarrow{P}$$

En tenant compte de l'orientation des vecteurs, sa norme vaut

$$\begin{aligned} R &= F - P \\ &= 22800\ kN - 13900\ kN \\ &= 8900\ kN \end{aligned}$$

d. La deuxième loi de Newton permet de calculer la variation de vitesse

$$R = m\frac{\Delta V}{\Delta t}$$

en isolant ΔV

$$\Delta V = \frac{R}{m} \times \Delta t$$

donc ici

$$\Delta V = \frac{8900000\ N}{1420000\ kg} \times 1\ s = 6.3\ m.s^{-1}$$

Exercice 8

Énoncé

D'après Lelivrescolaire 2019.
On étudie la chute d'un grêlon. À l'instant $t_2 = 1.0\ s$ le grêlon a une vitesse $v_2 = 13.8\ m.s^{-1}$, à l'instant $t_3 = 2.0\ s$ le grêlon a une vitesse $v_3 = 15.0\ m.s^{-1}$. La masse du grêlon est $m = 20\ mg$.
a. Calculer la valeur du vecteur variation de vitesse $\overrightarrow{\Delta V_2}$ à l'instant $t_2 = 1.0\ s$.
b. À l'aide de la deuxième loi de Newton, calculer la résultante des forces s'appliquant au grêlon à l'instant t_2.
c. Quelles sont les forces qui s'exercent sur le grêlon à l'instant t_2 ? Donner leur direction et leur sens.
d. Calculer l'intensité de chacune des forces.

Correction

a. Par définition

$$\overrightarrow{V_3} = \overrightarrow{V_2} + \overrightarrow{\Delta V_2}$$

donc

$$\overrightarrow{\Delta V_2} = \overrightarrow{V_3} - \overrightarrow{V_2}$$

et donc

$$\Delta V_2 = V_3 - V_2 = 15.0 - 13.8 = 1.2\ m.s^{-1}$$

b.

$$\overrightarrow{F_2} = m\frac{\Delta V_2}{\Delta t}$$

$$\overrightarrow{F_2} = m\frac{\Delta V_2}{t_3 - t_2}$$

donc

$$F_2 = 20 \times 10^{-6}\ kg \times \frac{1.2\ m.s^{-1}}{2.0\ s - 1.0\ s}$$

$$F_2 = 2.4 \times 10^{-5}\ N$$

c. Le grêlon subit l'action à distance de la Terre via le poids et l'action de l'air via le frottement. La somme de ces deux forces donne la résultante calculée à la question b. Le poids est vertical vers le bas, le frottement s'oppose au mouvement, donc il est vertical vers le haut.
d. Pour le poids

$$P = m \times g = 1.96 \times 10^{-4}\,N$$

Pour les frottements, on soustrait au poids la résultante des forces et on a

$$f = 1.96 \times 10^{-4} - 2.4 \times 10^{-5}$$

$$= 1.7 \times 10^{-4}\,N$$

Exercice 9

Énoncé

D'après Lelivrescolaire 2019.

On étudie la chute d'une goutte de pluie. On a déterminé la valeur de la vitesse à différentes dates (tableau 5). Le volume de la goutte est $V = 0.05\ cm^3$, la masse volumique de l'eau est $\rho = 1000\ kg.m^{-3}$.

a. À l'aide de la deuxième loi de Newton,

$t\ (s)$	$V_{\text{goutte}}\ (m.s^{-1})$
3.0	19.6
3.2	20.3
3.4	21

Table *5*

déterminer l'intensité de la résultante des forces à $t = 3.2\ s$.

b. Quelles sont les forces qui s'appliquent sur la goutte ?

Donner leurs caractéristiques.

Correction

a. On doit calculer la variation de vitesse à l'instant $t = 3.2\ s$.

$$\Delta V = 21 - 20.3 = 0.7\ m.s^{-1}$$

On doit aussi calculer la masse de la goutte d'eau

$$m = \rho \times V$$

$$m = 1000\ kg.m^{-3} \times 0.05 \times 10^{-6}\ m^3$$

$$m = 5 \times 10^{-5}\ kg$$

Ensuite, on applique la deuxième loi de Newton

$$F = 5 \times 10^{-5}\ kg \times \frac{0.7\ m.s^{-1}}{3.4 - 3.2}$$

$$= 1.75 \times 10^{-4}\ N$$

b. La goutte subit l'action de la Terre via son poids et l'action de l'air via les forces de frottement. Le poids est vertical vers le bas, le frottement vertical, vers le haut. La somme

des deux forces donne la résultante calculée précédemment.
Pour le poids

$$P = 5 \times 10^{-5} \times 9.81 = 4.9 \times 10^{-4}\,N$$

Pour le frottement

$$f = 4.9 \times 10^{-4} - 1.75 \times 10^{-4}$$

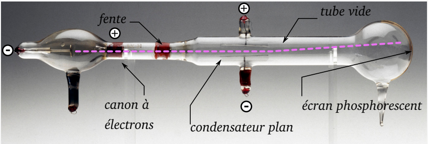
$$= 3.15 \times 10^{-4}\,N$$

Exercice 10

Énoncé

D’après Lelivrescolaire 2019.
En 1897 le physicien britannique Joseph Thomson découvre l’existence de l’électron. Il utilise un tube à vide où les électrons sont émis au niveau de la cathode puis accélérés rectilignement. Le faisceau passe ensuite entre deux plaques de charges électriques opposées. Le champ électrique entre les plaques est de $15\ kV.m^{-1}$. Il observe alors la déviation du faisceau d’électron vers la plaque chargée positivement grâce à un écran muni d’une plaque phosphorescente. Il en déduit que les électrons sont chargés négativement. Voir figure 9

a. Reproduire le schéma et représenter le champ électrique $\overrightarrow{E}$ entre les deux plaques sans souci d’échelle.
b. Montrer que le poids de l’électron est négligeable devant la force électrique. La



Tube à rayons cathodique de J.J. Thomson

Figure *9*

masse de l'électron est $m = 9.1 \times 10^{-31}\ kg$, la valeur de la charge élémentaire est $e = 1.6 \times 10^{-19}\ C$.

c. Appliquer la deuxième loi de Newton.

d. Donner le sens et la direction du vecteur variation de vitesse $\overrightarrow{\Delta V}$.

e. Tracer l'allure de la trajectoire de l'électron sur le schéma après l'avoir reproduit.

f. En déduire que les observations expérimentales sont conformes à la théorie.

Correction

a. Voir figure 10.

b. On calcule le poids puis la force électro-

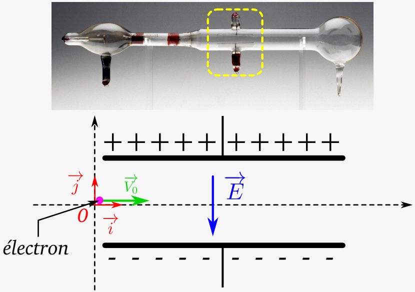


Figure *10*

statique pour pouvoir faire la comparaison.

$$
\begin{aligned}
P &= m \times g \\
&= 9.1 \times 10^{-31}\ kg \times 9.81\ N.kg^{-1} \\
&= 8.9 \times 10^{-30}\ N
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
F &= q \times E \\
&= 1.6 \times 10^{-19}\ C \times 15000\ V.m^{-1} \\
&= 2.5 \times 10^{-15}\ N
\end{aligned}
$$

Le rapport montre que la force électrostatique est 10^{14} fois plus grande, on peut donc parfaitement négliger l'effet du poids.

c. Comme la seule force qui s'applique est la force électrostatique, on a

$$\overrightarrow{F_{\text{elec}}} = m\frac{\overrightarrow{\Delta V}}{\Delta t} = -e\overrightarrow{E}$$

d. On constate que le vecteur variation de vitesse a la même direction que le vecteur champ électrique, mais est de sens opposé car la masse, la charge élémentaire e et la durée sont des quantités positives.

e. L'électron va être dévié vers la plaque positive, transversalement. Voir figure 11.

f. L'électron est dévié du coté de la charge positive (elle l'attire), la plaque négative le repousse, l'électron a bien une charge électrique négative.

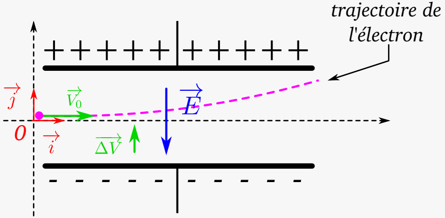


Figure *11*