DEVOIR SURVEILLE N°7 **PHYSIQUE-CHIMIE**

Série S DURÉE DE L'ÉPREUVE : **4h00**

L'usage d'une calculatrice <u>EST</u> autorisé

spécifique

EXERCICE I. LA MÉCANIQUE AU SERVICE DE LA PÉTANQUE (5 points) 1 heure

La pétanque est un jeu de boules dérivé du jeu provençal aussi appelé "la longue". Le but du jeu consiste tout simplement à lancer la boule le plus près possible du "but" matérialisé par le bouchon. Le terrain de jeu est horizontal.

Au début d'une partie de pétanque, un joueur trace un cercle sur le sol, il se place dans ce cercle et lance le bouchon à une distance entre 6 et 10 mètres de ce cercle.

Les joueurs de pétanque ont le choix entre *pointer* c'est-a-dire tenter de placer leur boule plus près du but que l'adversaire ou *tirer* c'est-a-dire déplacer la boule adverse pour l'éloigner du "but" et remporter le point.

Le pointeur joue avec des boules de petit diamètre (71 à 74 mm) pour offrir moins de surface au tireur, assez lourdes pour un meilleur contrôle (710 à 740 g). Le tireur joue avec des boules de gros diamètre (74 à 78 mm), légères afin de limiter la fatigue (670 à 700 g).

D'après http://vwwv.la boule bleue.fr

Cet exercice aborde l'étude d'un lancer d'une boule par un pointeur, puis par un tireur. Dans tout l'exercice, les frottements seront négligés.

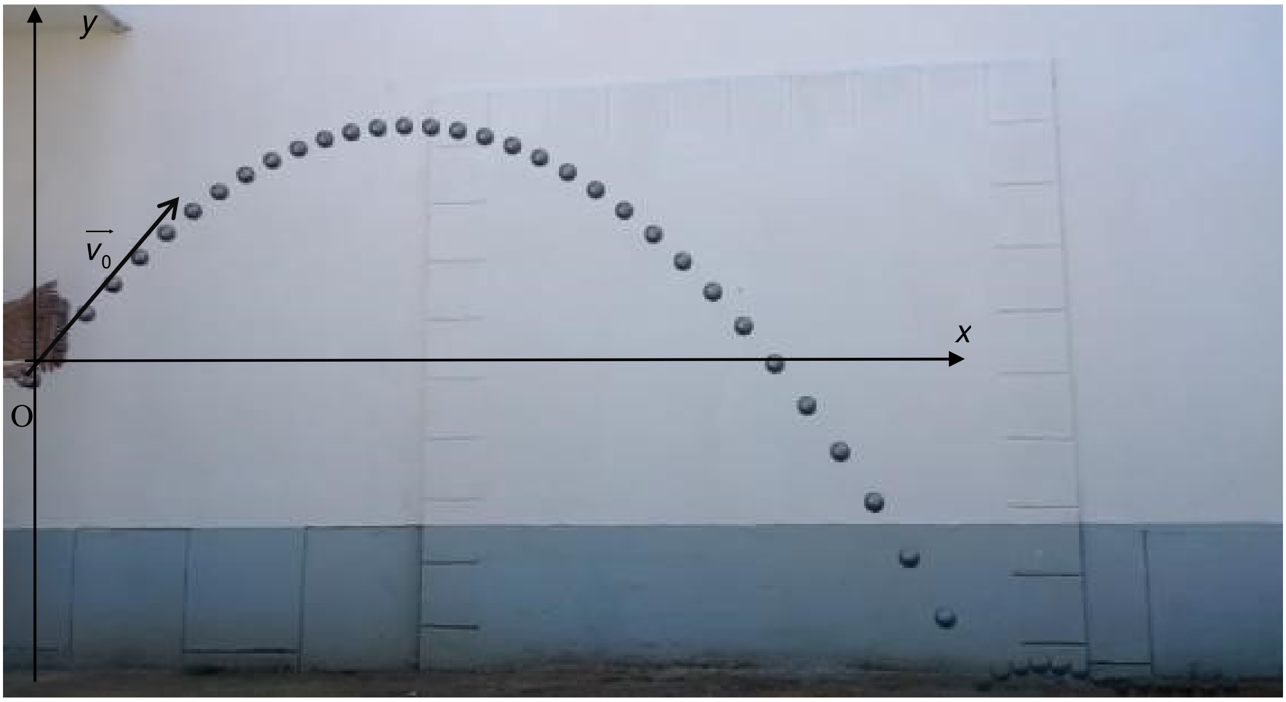
Partie A - Le pointeur

Le pointeur lance sa boule de masse m = 710 g avec une vitesse initiale $\vec{V_0}$ faisant un angle α par rapport à l'horizontale. L'origine O est prise au point où le pointeur lâche la boule. Le modèle de la chute libre conduit aux équations horaires du mouvement du centre G de la boule dans le repère (O, x, y) :

$$\begin{cases} x = V_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t \\ y = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + V_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t \end{cases}$$

Donnée : intensité du champ de pesanteur sur Terre : g = 9,81 m.s^{-2}

1. On réalise la chronophotographie du mouvement de la boule lancée par le pointeur. Cette chronophotographie est représentée ci-dessous ; l'intervalle de temps entre deux prises de vue est de 33,3 ms.



Quelques coordonnées du centre de la boule de pétanque

Date *t*(s)	*x* (m)	*y* (m)
0,000	0,000	0,000
0,033	0,117	0,117
0,067	0,243	0,243
0,100	0,346	0,360

1.1. Déterminer, à partir de la chronophotographie, la valeur de |'angle α entre l'horizontale et le vecteur vitesse à l'origine des dates en précisant la méthode choisie.

1.2. En exploitant le modèle de la chute libre et en utilisant les résultats expérimentaux, déterminer la valeur de la vitesse initiale V_0.

2. Le pointeur lance la boule en direction du bouchon et la lâche au point O origine du repère choisi. Le point O est situé à une hauteur de 1,2 m du sol.

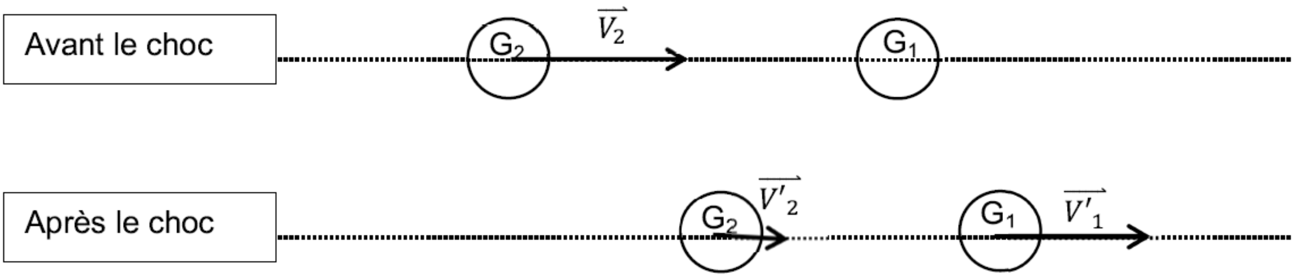
2.1. Montrer que la boule suit une trajectoire parabolique d'équation :

$$y = -\frac{1}{2} g \frac{x^2}{(V_0 \cdot \cos(\alpha))^2} + \tan(\alpha).x$$

2.2. Pour un angle α de 51° et une vitesse initiale de valeur égale à 5,5 m.s^{-1}, la boule touche le sol, puis roule vers le bouchon.
Calculer l'abscisse du point d'impact de la boule avec le sol.

Partie B - Le tireur

La boule lancée par le pointeur étant proche du bouchon, le tireur de l'équipe adverse va chercher à la déplacer. Le tireur lance sa boule à quelques centimètres de la boule visée ; la boule du tireur roule puis percute la boule du pointeur de plein fouet avec une vitesse V_2 = 8,0 m.s^{-1}.
Dans le référentiel terrestre, après le choc, les deux boules, de masses respectives m_1 et m_2, possèdent les vecteurs vitesse $\overrightarrow{V'_1}$, et $\overrightarrow{V'_2}$ portés par la même direction.
On étudie le cas de figure du choc donné par le schéma suivant :



1. Lors de ce choc, deux grandeurs se conservent et permettent d'écrire les relations suivantes :

$$m_2 \cdot \overrightarrow{V_2} = m_1 \cdot \overrightarrow{V'_1} + m_2 \cdot \overrightarrow{V'_2}$$

$$\frac{1}{2} m_2 \cdot V_2^2 = \frac{1}{2} m_1 \cdot \left(V'_1\right)^2 + \frac{1}{2} m_2 \cdot \left(V'_2\right)^2$$

Nommer les deux grandeurs dont la conservation est exprimée par ces relations.

2. La résolution du système précédent permet d'écrire les relations vectorielles suivantes :

$$\overrightarrow{V'_1} = \frac{2m_2}{m_1 + m_2} \cdot \overrightarrow{V_2} \qquad \text{et} \qquad \overrightarrow{V'_2} = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \cdot \overrightarrow{V_2}$$

À partir de ces relations vectorielles, associer les relations A, B et C comparant les masses aux trois propositions 1, 2 et 3 :

$m_1 = m_2$	A
$m_1 > m_2$	B
$m_1 < m_2$	C

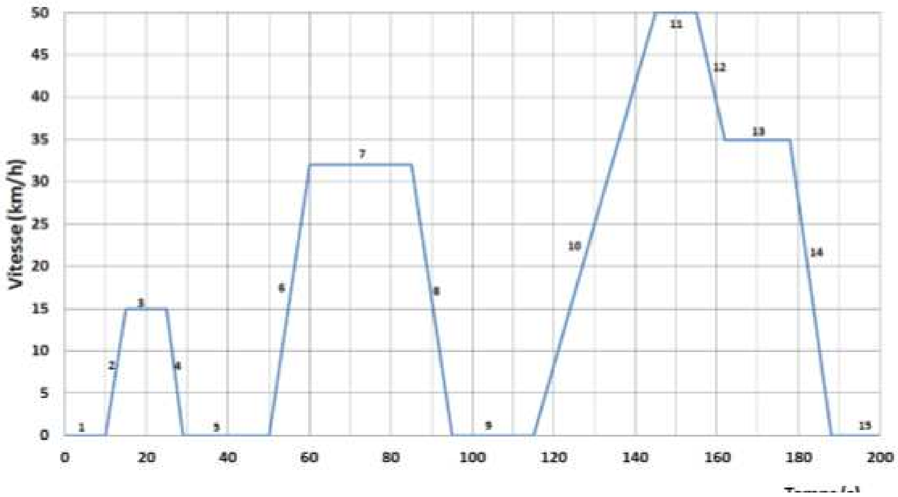
1	la boule G_2 repart en sens inverse
2	la boule G_2 suit la boule G_1
3	les boules échangent leurs vitesses

Reporter vos réponses sur votre copie et justifier chaque choix.

3. Que se passe-t-il si la masse m_1 est très largement supérieure à la masse m_2 ?

Exercice II ETUDE DU COMPORTEMENT D'UN VEHICULE HYBRIDE (20 minutes)

Le New European Driving Cycle (ou cycle NEDC) est un cycle de conduite automobile conçu pour imiter de façon reproductible les conditions rencontrées sur les . routes européennes. Il est principalement utilisé pour la mesure de la consommation et des émissions polluantes des véhicules.



Dans cette partie on néglige les forces de résistance au roulement et les forces de résistance aérodynamique.

1 - Etude mécanique : Pour les questions 1.1 et 1.2, on se limite à l'étude d'une portion du cycle de la phase 5 incluse à la phase 9 incluse.

1.1 Compléter la colonne 2 (type de phase) du tableau récapitulatif du document réponse en précisant s'il s'agit d'une accélération, d'une vitesse stabilisée ou d'une décélération.

1.2 On note a l'accélération d'un véhicule dont la variation de vitesse est Δv sur la durée Δt.
a) Donner la relation qui relie l'accélération à Δv et Δt
b) Préciser les unités de la relation précédente.
c) Compléter la troisième colonne du tableau récapitulatif du document réponse en donnant le détail des calculs.

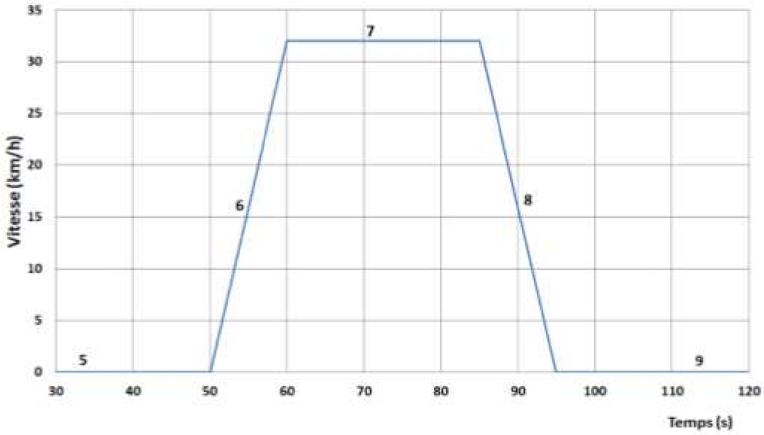
1.3 Expliquer à partir du graphique du cycle urbain élémentaire donné ci-dessus, comment repérer la phase pour laquelle l'accélération du véhicule est la plus importante.

1.4 Pendant la phase 6, on relève la puissance motrice P en fonction de la vitesse v. Déterminer à l'aide du graphe de P=f(v) en annexe 1 , la puissance motrice délivrée par le moteur en fin de la phase 6.

1.5 Vérifier, en vous servant du tableau des caractéristiques du véhicule donné en annexe 1 , que le moteur électrique est capable à lui seul de garantir cette force motrice jusqu'à la fin de la phase 6.

A.1.1
A1.2.c

DOCUMENT REPONSE (à rendre avec la copie)



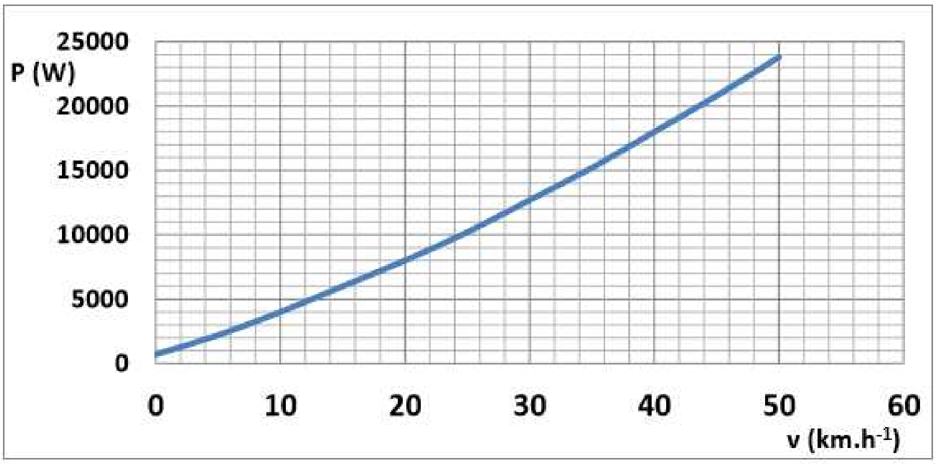
Cycle urbain élémentaire

Phase n°	Type de Phase	Accélération ($m.s^{-2}$)	Vitesse ($km.h^{-1}$)	Durée de la phase (s)	Temps total (s)
5	Arrêt		0	21	49
6			0-32	12	61
7			32	24	85
8			32-0	11	96
9	Arrêt		0	21	117

Caractéristiques du véhicule

Véhicule 	Type	Mild-hybrid
	Masse totale	1073 kg
Moteur thermique 	Type	1.3 essence
	Puissance max	54 kW
	Couple max (régime)	120 Nm (à 3300 tr/min)
Machine électrique 	Puissance max	15 kW
	Couple max (min)	84 N.m (70 N.m)
batterie	Type Tension/capacité nominale	NiMH 42V/36 A.h
	Courant max (min)	500 A (350 A)
	masse	33 kg

Puissance motrice en fonction de la vitesse pour la phase 6



Extrait du bulletin officiel de la république française

Le pouvoir calorifique supérieur (PCS) donne le dégagement maximal théorique de la chaleur lors de la combustion, y compris la chaleur de condensation de la vapeur d'eau produite lors de la combustion.

Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) des combustibles exclut de la chaleur dégagée la chaleur de condensation de l'eau supposée restée à l'état de vapeur à l'issue de la combustion.

Source : bulletin officiel de la république française du 28 septembre 2006

EXERCICE III : STATION SPATIALE ISS (6,5 points) (1h30min)

La station spatiale internationale ISS (International Space Station) est à ce jour le plus grand des objets artificiels placé en orbite terrestre à une altitude de 400 km.
Elle est occupée en permanence par un équipage international qui se consacre à la recherche scientifique dans l'environnement spatial. Jusqu'à présent, trois vaisseaux cargos ATV ont permis de ravitailler la station ISS.

Les parties A et B de cet exercice sont indépendantes.

PARTIE A : Étude du mouvement de la station spatiale ISS

La station spatiale internationale, supposée ponctuelle et notée S, évolue sur une orbite qu'on admettra circulaire, dont le plan est incliné de 51,6° par rapport au plan de l'équateur. Son altitude est environ égale à 400 km.

Données :

- rayon de la Terre : R = 6380 km
- masse de la station : m = 435 tonnes
- masse de la Terre, supposée ponctuelle : M = $5{,}98 \times 10^{24}$ kg
- constante de gravitation universelle : G = $6{,}67 \times 10^{-11}$ $m^3.kg^{-1}.s^{-2}$
- altitude de la station ISS : h
- expression de la valeur de la force d'interaction gravitationnelle F entre deux corps A et B ponctuels de masses respectives m_A et m_B, distants de d = AB :

$$F = G.\frac{m_A.m_B}{d^2}$$

1. Représenter sur un schéma :
   - la Terre et la station S, supposée ponctuelle ;
   - un vecteur unitaire $\vec{u}$ orienté de la station S vers la Terre (T) ;
   - la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur la station S.

Donner l'expression vectorielle de cette force en fonction du vecteur unitaire $\vec{u}$.

2. En considérant la seule action de la Terre, établir l'expression vectorielle de l'accélération $\vec{a_S}$ de la station dans le référentiel géocentrique, supposé galiléen, en fonction de G, M, h, R et du vecteur unitaire $\vec{u}$.

3. Vitesse du satellite.
3.1. Montrer que, dans le cas d'un mouvement circulaire, la valeur de la vitesse du satellite de la station a pour expression : $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$.
3.2. Calculer la valeur de la vitesse de la station en $m.s^{-1}$.
4. Combien de révolutions autour de la Terre un astronaute présent à bord de la station spatiale internationale fait-il en 24h ?

PARTIE B : Ravitaillement de la station ISS

Le 23 mars 2012, un lanceur Ariane 5 a décollé du port spatial de l'Europe à Kourou (Guyane), emportant à son bord le véhicule de transfert automatique (ATV) qui permet de ravitailler la station spatiale internationale (ISS).
Au moment du décollage, la masse de la fusée est égale à $7{,}8\times10^{2}$ tonnes, dont environ 3,5 tonnes de cargaison : ergols, oxygène, air, eau potable, équipements scientifiques, vivres et vêtements pour l'équipage à bord de l'ATV.

D'après
http://www.esa.int/esaCP/Pr_10_2012_p_FR.html

On se propose dans cette partie d'étudier le décollage de la fusée.
Pour ce faire, on se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen.
À la date t = 0 s, le système est immobile.
À t = 1 s, la fusée a éjecté une masse de gaz notée m_g, à la vitesse $\overrightarrow{v_g}$. Sa masse est alors notée m_f et sa vitesse $\overrightarrow{v_f}$.

Données :
- Intensité de la pesanteur à Kourou : $g = 9{,}78\ N.kg^{-1}$
- Débit d'éjection des gaz au décollage : $D = 2{,}9\times10^{3}\ kg.s^{-1}$
- Vitesse d'éjection des gaz au décollage : $v_g = 4{,}0\ km.s^{-1}$

1. Modèle simplifié du décollage
Dans ce modèle simplifié, on suppose que le système {fusée + gaz} est isolé.

1.1. En comparant la quantité de mouvement du système considéré aux dates t = 0 s et t = 1 s, montrer que :

$$\overrightarrow{v_f} = -\frac{m_g}{m_f}.\overrightarrow{v_g}$$

Quelle est la conséquence de l'éjection de ces gaz sur le mouvement de la fusée ?

1.2. Après avoir montré numériquement que la variation de la masse de la fusée est négligeable au bout d'une seconde après le décollage, calculer la valeur de la vitesse de la fusée à cet instant.

2. Étude plus réaliste du décollage

2.1. En réalité la vitesse v_f est très inférieure à celle calculée à la question 1.2.. En supposant que le système {fusée + gaz} est isolé, quelle force n'aurait-on pas dû négliger ?

2.2. On considère désormais le système {fusée}. Il est soumis à son poids $\vec{P}$ et à la force de poussée $\vec{F}$ définie par $\vec{F} = -D.\overrightarrow{v_g}$ où D est la masse de gaz éjecté par seconde.

2.2.1. Montrer que le produit ($D.v_g$) est homogène à une force.

2.2.2. Vérifier par une application numérique que la fusée peut effectivement décoller.

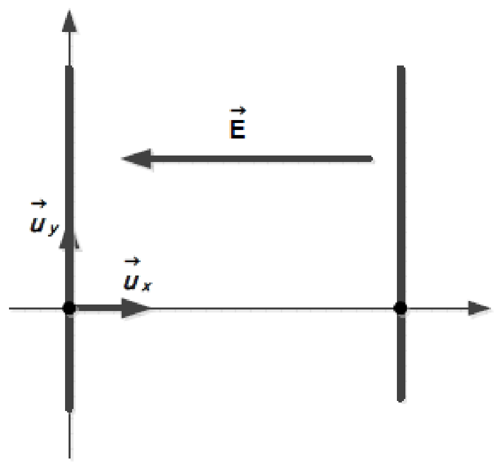
EXERCICE IV : Mouvement dans un champ électrique uniforme(6,5 points) 1 heure

Dans les domaines de la science des matériaux, on a souvent recourt à un microscope haute résolution pour étudier leur microstructure. L'augmentation de la résolution passant par une diminution de la longueur d'onde, on utilise un faisceau d'électrons à la place d'un faisceau de photons visibles. Dans un microscope électronique à balayage, les électrons sont accélérés grâce à un champ électrique produit par une différence de potentiel entre la source et une anode, puis focalisés sur l'échantillon par des lentilles magnétiques ou électrostatiques. Après interaction avec l'échantillon, le faisceau d'électrons est mesuré par un détecteur permettant de former une image du cristal. On se propose d'étudier ici le canon à électrons qui accélère les électrons d'une plaque A vers une plaque B.

Le champ électrique $\vec{E}$ est uniforme et horizontal. entre les plaques A et B verticales. Sa norme vaut :

$\|\vec{E}\|$ **= E = 300 000 V.*m*$^{-1}$**.

On étudie le mouvement d'un électron de masse ***m*** et de charge **– *e*** entre ces deux plaques.
Au temps *t* = 0, l'électron se trouve en O, origine du repère cartésien.
La vitesse de l'électron en O est nulle.
L'électron atteint la plaque B en un point M.
La distance entre les plaques vaut OM = **L = 10 *cm***.
On rappelle qu'une charge ***q*** placée dans un champ électrique $\vec{E}$ subit une force $\vec{F} = q\,\vec{E}$.



On précise qu'on ne fera pas de corrections relativistes dans tout l'exercice.
Données :

- charge élémentaire ***e* = 1,60*10^{-19} C**
- intensité de la pesanteur : ***g* = 9,81 *m.s*$^{-2}$**
- masse de l'électron : ***m* = 9,11*10^{-31} *kg***
- constante de Planck : ***h* = 6,63*10^{-34} J.s**

Calcul de la vitesse de l'électron par la deuxième loi de Newton

III-1- Donner l'expression vectorielle de la force électrostatique subie par l'électron en fonction de E et *e*. Calculer la norme de cette force.

III-2- Donner l'expression vectorielle du poids de l'électron. Calculer la norme de cette force.

Dans la suite de l'exercice, on décide de négliger le poids de l'électron par rapport à la force électrostatique.

III-3- Appliquer la 2^{e} loi de Newton à l'électron et donner les composantes de l'accélération suivant *x* et *y*. En déduire l'expression des composantes de la vitesse de l'électron en fonction du temps puis les expressions des composantes de la position de l'électron en fonction du temps

III-4- En déduire l'expression du temps t_M au bout duquel l'électron parviendra à la plaque B. Faire le calcul.

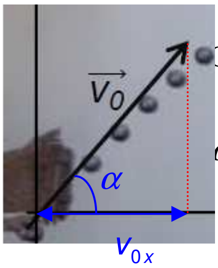
CORRECTION DEVOIR SURVEILLE N°7
PHYSIQUE-CHIMIE
Série S DURÉE DE L'ÉPREUVE : **4h00**

L'usage d'une calculatrice <u>EST</u> autorisé

Bac S 2017 Liban **Correction**
EXERCICE I : LA MÉCANIQUE AU SERVICE DE LA PÉTANQUE (5 points)

Partie A - Le pointeur

1.1. En travaillant sur la représentation de $\vec{v_0}$ sur la chronophotographie, on peut mesurer que $v_0 \Leftrightarrow 3,0 \text{ cm}$ et que $v_{0x} \Leftrightarrow 2,0 \text{ cm}$ (dépend de l'imprimante).



Or $\cos\alpha = \frac{v_{0x}}{v_0}$ donc $\alpha = \arccos\left(\frac{v_{0x}}{v_0}\right)$ *(Attention au réglage de la calculatrice en °)*

$\alpha = \arccos\left(\frac{2,0}{3,0}\right) = 48°$ *(cohérent à l'œil nu)*

1.2. Utilisons la relation $x = v_0.\cos(\alpha).t$ pour le 4$^{\text{ème}}$ point de coordonnées t = 0,100 s et x = 0,346 m :

$$v_0 = \frac{x}{\cos(\alpha).t}$$

$$v_0 = \frac{0,346}{\cos(48)\times 0,100} = 5,2 \text{ m.s}^{-1}.$$

Pour être plus rigoureux, on peut aussi tracer la représentation graphique de x en fonction du temps.
Il s'agit d'une fonction linéaire. On trace la droite moyenne passant au plus près de tous les points et par l'origine.
Puis on détermine le coefficient directeur de cette droite. Il est égal à $v_0.\cos(\alpha)$. Ainsi on accède à v_0.

2.1. Utilisons les équations horaires données :*(à savoir redémontrer)* : $\begin{cases} x = v_0.\cos(\alpha).t & (1) \\ y = -\frac{1}{2}.g.t^2 + v_0.\sin(\alpha).t & (2) \end{cases}$

D'après la relation (1), on a $t = \frac{x}{v_0.\cos(\alpha)}$, que l'on introduit dans l'expression (2).

$$y = -\frac{1}{2}.g.\left(\frac{x}{v_0.\cos(\alpha)}\right)^2 + v_0.\sin(\alpha).\frac{x}{v_0.\cos(\alpha)}$$

On retrouve l'expression proposée : $y = -\frac{1}{2}.g.\frac{x^2}{(v_0.\cos(\alpha))^2} + x.\tan(\alpha)$

2.2. La boule touche le sol pour $y_S = -1,2 \text{ m}$ (car O est à 1,2 m au-dessus du sol).
Il faut résoudre le polynôme du second degré en x suivant :

$$y_S = -\frac{1}{2}.g.\frac{x^2}{(v_0.\cos(\alpha))^2} + x.\tan(\alpha) \quad \Leftrightarrow -\frac{1}{2}.g.\frac{x^2}{(v_0.\cos(\alpha))^2} + x.\tan(\alpha) - y_S = 0$$

Soit $a.x^2 + b.x + c = 0$ avec $\Leftrightarrow \begin{cases} a = -\frac{1}{2}.\frac{g}{(v_0.\cos(\alpha))^2} = -\frac{1}{2}\times\frac{9,81}{(5,5\times\cos 51°)^2} = -0,409 \\ b = \tan(\alpha) = \tan 51° = 1,23 \\ c = -y_S = +1,2 \end{cases}$

$\Delta = b^2 - 4a.c = 1{,}23^2 - 4\times(-0{,}409)\times 1{,}2 = 3{,}47$

Racines du polynôme : $\begin{cases} x_1 = \dfrac{-b+\sqrt{\Delta}}{2a} = \dfrac{-1{,}23+\sqrt{3{,}47}}{2\times(-0{,}409)} = -0{,}77 \text{ m} \\ x_2 = \dfrac{-b-\sqrt{\Delta}}{2a} = \dfrac{-1{,}23-\sqrt{3{,}47}}{2\times(-0{,}409)} = +3{,}78 \text{ m} \end{cases}$

On garde la racine positive cohérente avec la situation physique donc $x_S = 3{,}78 \text{ m}$.

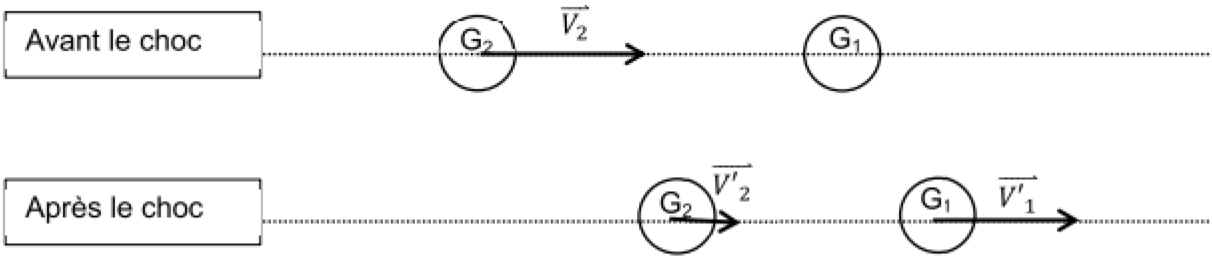
(cohérent car la boule tombe à 3,78 m puis roule jusqu'au bouchon situé entre 6 et 10 m du pointeur).

Partie B - Le tireur

1. Les deux grandeurs qui se conservent lors de ce choc sont : - le vecteur quantité de mouvement $\vec{p} = m.\vec{v}$,

- l'énergie cinétique $E_C = \dfrac{1}{2}.m.v^2$.

2.



D'après les relations vectorielles données : $\vec{V_1'} = \dfrac{2\ m_2}{m_1+m_2}.\vec{V_2}$ et $\vec{V_2'} = \dfrac{m_2-m_1}{m_1+m_2}.\vec{V_2}$

A : si $m_1 = m_2$, alors $\vec{V_1'} = \vec{V_2}$ et $\vec{V_2'} = \vec{0}$: les boules échangent leurs vitesses **(3)**

B : si $m_1 > m_2$, alors $m_1 + m_2 > 2\ m_2$ donc $\vec{V_1'} = k.\vec{V_2}$ avec $0 < k < 1$: la boule 1 part vers la droite.
$m_2 - m_1 < 0$ donc $\vec{V_2'} = b.\vec{V_2}$ avec $b < 0$: **la boule 2 repart vers la gauche**. (1)

C : si $m_1 < m_2$, alors $2\ m_2 > m_1 + m_2$ donc $\vec{V_1'} = c.\vec{V_2}$ avec $c > 1$: la boule 1 part vers la droite.
$m_2 - m_1 > 0$ donc $\vec{V_2'} = d.\vec{V_2}$ avec $d > 0$: la boule 2 continue vers la droite. (2)

La boule G_2 suit la boule G_1.

3. Si m_1 ? m_2, alors le terme $\dfrac{2\ m_2}{m_1+m_2}$ tend vers 0, alors $\vec{V_1'}$ tend vers 0.

Conclusion : La boule 1 ne bouge presque pas.

Toujours si m_1 ? m_2, le terme $\dfrac{m_2-m_1}{m_1+m_2}$ tend vers –1, alors $\vec{V_2'}$ tend vers $-\vec{V_2}$.

Conclusion : La boule 2 rebondit et repart vers la gauche avec (quasiment) la même vitesse.

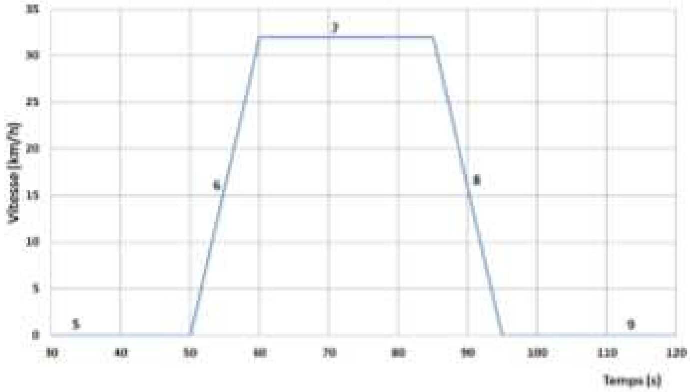
EXERCICE II:

Partie A : ETUDE DU COMPORTEMENT D'UN VEHICULE HYBRIDE.

A.1 Etude mécanique :

Pour les questions A.1.1 et A.1.2, on se limite à l'étude d'une portion du cycle de la phase 5 incluse à la phase 9 incluse.

A.1.1 Compléter la colonne 2 (type de phase) du tableau récapitulatif du document réponse page 7/9 en précisant s'il s'agit d'une accélération, d'une vitesse stabilisée ou d'une décélération.



Cycle urbain élémentaire

Phase n°	Type de Phase	Accélération ($m.s^{-2}$)	Vitesse ($km.h^{-1}$)	Durée de la phase (s)	Temps total (s)
5	Arrêt		0	21	49
6	Accélération (1)		0-32	12	61
7	Vitesse stabilisée(2)		32	24	85
8	décélération(3)		32-0	11	96
9	Arrêt		0	21	117

(1) La vitesse augmente.
(2) La vitesse est constante.
(3) La vitesse diminue.

A.1.2 On note **a** l'accélération d'un véhicule dont la variation de vitesse est Δv sur la durée Δt.

a) Donner la relation qui relie **a** à Δv et Δt.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

b) Préciser les unités de la relation précédente.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \left| \begin{array}{l} a \text{ en } m.s^{-2} \\ \Delta v \text{ en } m.s^{-1} \\ \Delta t \text{ en } s \end{array} \right.$$

c) Compléter la troisième colonne du tableau récapitulatif du **document réponse page 7/9** en donnant le détail des calculs.

Phase n°	Type de Phase	Accélération ($m.s^{-2}$)	Vitesse ($km.h^{-1}$)	Durée de la phase (s)	Temps total (s)
5	Arrêt	0 [1]	0	21	49
6	Accélération	0,74 [2]	0-32	12	61
7	Vitesse stabilisée	0 [3]	32	24	85
8	décélération	- 0,81 [4]	32-0	11	96
9	Arrêt	0 [5]	0	21	117

[1] La voiture est à l'arrêt : son accélération est nulle.

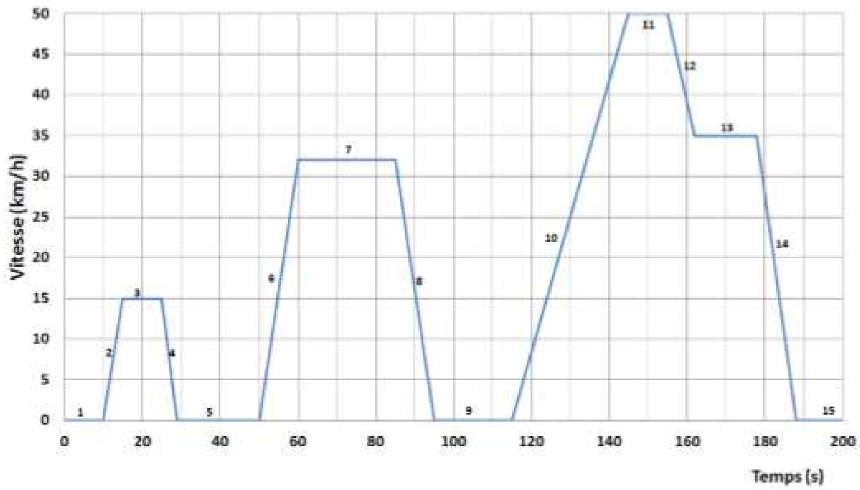
[2] $32\ km.h^{-1} = \dfrac{32}{3,6} = 8,89\ m.s^{-1}$, donc $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{8,89 - 0}{12} = 0,74\ m.s^{-2}$.

[3] La vitesse de la voiture est constante : son accélération est donc nulle.

[4] $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{0 - 8,89}{11} = -\ 0,81\ m.s^{-2}$.

[5] La voiture est à l'arrêt : son accélération est nulle.

A.1.3 Expliquer à partir du graphique du cycle urbain élémentaire donné ci-dessus, comment repérer la phase pour laquelle l'accélération du véhicule est la plus importante.

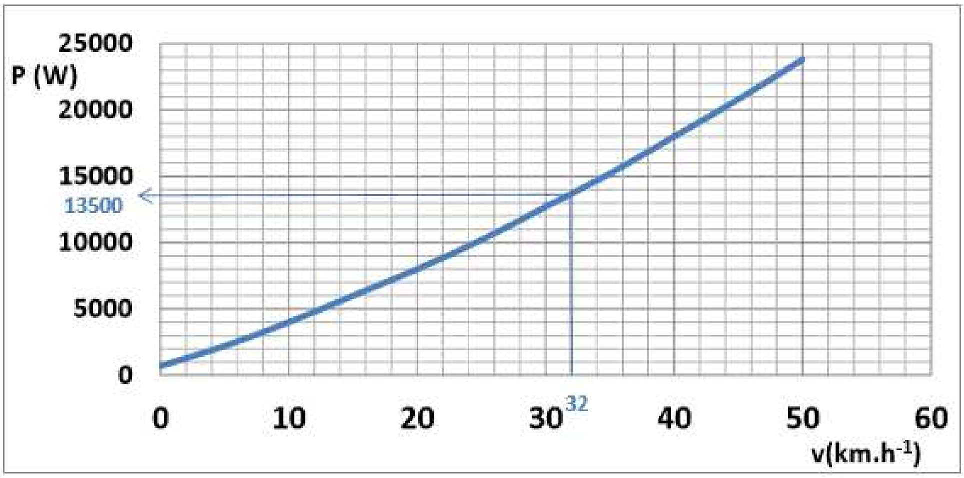


Sur ce graphique, il y a 3 phases d'accélération : (2) , (6) et (10)

L'accélération la plus importante correspond à la phase pour laquelle le coefficient directeur (pente) est le plus grand.

A.1.4 Pendant la phase 6, on relève la puissance motrice P en fonction de la vitesse v. Déterminer à l'aide du graphe de P=f(v) en **annexe 1 page 8/9**, la puissance motrice délivrée par le moteur en fin de la phase 6.

En fin de phase 6, la vitesse est de $32\ km.h^{-1}$.



La puissance motrice délivrée par le moteur en fin de la phase 6 est de 13500 W.

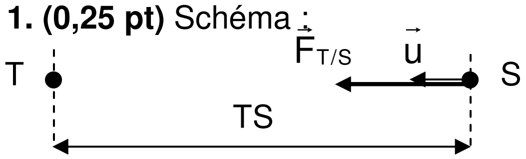
A.1.5 Vérifier, en vous servant du tableau des caractéristiques du véhicule donné en **annexe 1 page 8/9**, que le moteur électrique est capable à lui seul de garantir cette force motrice jusqu'à la fin de la phase 6.

D'après les documents, le moteur peut fournir une puissance maximale de 54 kW soit 54 000 W, Ce qui est bien supérieur à la puissance nécessaire en fin de phase 6.

CORRECTION EXERCICE III : STATION SPATIALE ISS (6,5 points)

Partie A : Étude du mouvement de la station spatiale ISS

1. (0,25 pt) Schéma :



L'expression vectorielle de la force gravitationnelle $\vec{F}_{T/S}$ exercée par la Terre T sur la station S est :

(0,25 pt) $\boxed{\vec{F}_{T/S} = G \cdot \dfrac{m.M}{(d_{TS})^2}.\vec{u}}$.

2. Le système {station ISS} est étudié dans le référentiel géocentrique supposé galiléen.

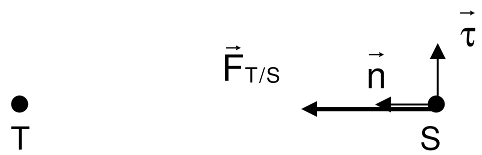
(0,25 pt) La station n'est soumise qu'à la force gravitationnelle $\vec{F}_{T/S}$.

La masse m de la station étant constante, la deuxième loi de Newton s'écrit : $\vec{F}_{T/S} = m.\overrightarrow{a_S}$

En posant $d_{TS} = R + h$ il vient : $G.\dfrac{m.M}{(R+h)^2}.\vec{u} = m.\overrightarrow{a_S}$

(0,25 pt) Finalement : $\boxed{\overrightarrow{a_S} = \dfrac{G.M}{(R+h)^2}.\vec{u}}$.

3.1. (1 pt) Dans le repère de Frenet $(S, \vec{n}, \vec{\tau})$,



le vecteur accélération s'écrit : $\vec{a}_S = \dfrac{v^2}{(R+h)}.\vec{n} + \dfrac{dv}{dt}.\vec{\tau}$.

avec $\vec{n} = \vec{u}$ on a : $\vec{a}_S = \dfrac{v^2}{(R+h)}.\vec{u} + \dfrac{dv}{dt}.\vec{\tau}$.

En égalant les deux expressions de l'accélération, il vient : $\dfrac{G.M}{(R+h)^2}.\vec{u} = \dfrac{v^2}{(R+h)}.\vec{u} + \dfrac{dv}{dt}.\vec{\tau}$

Par identification on obtient : $\begin{cases} \text{sur } \vec{u} : \dfrac{G \cdot M}{(R+h)^2} = \dfrac{v^2}{(R+h)} \\ \text{sur } \vec{\tau} : 0 = \dfrac{dv}{dt} \Rightarrow v = cte \end{cases}$

La valeur de la vitesse de la station est constante donc le mouvement est uniforme.

L'expression de la vitesse v s'obtient à partir de la relation : $\dfrac{G \cdot M}{(R+h)^2} = \dfrac{v^2}{(R+h)}$

$v^2 = \dfrac{G \cdot M}{(R+h)}$ soit finalement : $\boxed{v = \sqrt{\dfrac{G \cdot M}{R+h}}}$

3.2. (0,25 pt) On convertit R + h en m :

$v = \sqrt{\dfrac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,98 \times 10^{24}}{6380 \times 10^3 + 400 \times 10^3}}$ = **$7,67 \times 10^3$ m.s^{-1}** = 7,67 km.s^{-1}.

4. (0,5 pt) Soit T la période de révolution de la station autour de la Terre, comme le mouvement est circulaire et uniforme de rayon R + h , la vitesse v s'écrit : v = $\dfrac{2\pi.(R+h)}{T}$

(0,25 pt) donc $T = \dfrac{2\pi.(R+h)}{v}$ soit $T = \dfrac{2\pi\left(6380 \times 10^3 + 400 \times 10^3\right)}{7,67 \times 10^3}$ = $5,56 \times 10^3$ s = 1,54 h

(0,25 pt) Le nombre n de révolutions de la station en Δt = 24 h est n = $\dfrac{\Delta t}{T}$

n = $\dfrac{24}{1,54}$ = 15,6. Un astronaute à bord de la station ISS fait **plus de 15 fois** le tour de la Terre en 24 h.

Partie B : Ravitaillement de la station ISS

1. Modèle simplifié du décollage

1.1. (1,5 pt) Le système S = {fusée + gaz} étant supposé isolé, la quantité de mouvement $\vec{p}_S$ du système se conserve au cours du temps. Entre les dates t = 0 et t = 1 s on a donc :

$$\vec{p}_S(t = 0 \text{ s}) = \vec{p}_S(t = 1 \text{ s})$$

Initialement le système est immobile (on considère que les gaz n'ont pas encore eu le temps d'être éjectés de la fusée) donc $\vec{p}_S(t = 0 \text{ s}) = \vec{0}$ d'où $\vec{0} = \vec{p}_f + \vec{p}_g$,

soit $\vec{0} = m_f \cdot \vec{v}_f + m_g \cdot \vec{v}_g$

donc finalement :

$$\boxed{\vec{v}_f = -\frac{m_g}{m_f} \cdot \vec{v}_g}$$

Lors du décollage, les gaz sont éjectés vers le bas. La relation précédente montre que la fusée est alors propulsée vers le haut. Il s'agit d'un exemple de mode de propulsion par réaction.

1.2. Entre les dates t = 0 et t = 1 s, la variation de masse $|\Delta m|$ de la fusée est due à l'éjection de gaz qui a lieu avec un débit D.

La masse m_g des gaz éjectés s'écrit $m_g = D.\Delta t$

Donc **$|\Delta m| = D.\Delta t$**.

Pour Δt = 1 s on a : $|\Delta m| = 2,9 \times 10^3 \times 1 = 2,9 \times 10^3$ kg $\approx 3 \times 10^3$ kg = 3 t.

En exprimant les masses en tonnes, calculons : $\dfrac{\Delta m}{m_{fi}} = \dfrac{2,9}{7,8 \times 10^2} = 3,7 \times 10^{-3}$ = 0,37% ≈ 0,4 %

(0,25 pt) La variation de masse $|\Delta m|$ de la fusée au bout d'une seconde après le décollage est inférieure à 1 % de la masse initiale m_{fi} de la fusée : elle est donc négligeable.

On considère que la masse m_f de la fusée n'a pas varié une seconde après le décollage. Calculons alors la valeur de la vitesse de la fusée :

En projetant la relation $\vec{v}_f = -\frac{m_g}{m_f} \cdot \vec{v}_g$ selon un axe vertical il vient : $v_f = \frac{m_g}{m_f} \cdot v_g$

En laissant les masses en tonnes et la vitesse en $km.s^{-1}$, il vient : $v_f = \frac{2,9}{7,8 \times 10^2} \times 4,0$

(0,25 pt) $v_f = 1,5 \times 10^{-2}$ $km.s^{-1}$ = **15 $m.s^{-1}$.**

2.1. (0,25 pt) Si la vitesse est en réalité très inférieure à celle calculée, c'est que le système n'est pas isolé. Le système {fusée + gaz} subit la force poids qui le ralentit fortement (et dans une moindre mesure la force de frottement de l'air).

2.2.1. (0,25 pt) D s'exprime en $kg.s^{-1}$.
v_g s'exprime en $m.s^{-1}$.
Donc $D.v_g$ s'exprime en **$kg.m.s^{-2}$**.
Le produit $D.v_g$ est donc homogène à une masse (kg) multipliée par une accélération ($m.s^{-2}$).
La deuxième loi de Newton $\sum \overrightarrow{F_{ext}} = m.\vec{a}$ permet de conclure que le produit $D.v_g$ est homogène à une force.

2.2.2. La fusée peut décoller si la valeur F de la force de poussée $\vec{F} = -D \cdot \vec{v}_g$ est supérieure à la valeur P du poids $\vec{P}$ de la fusée :

$P = m_f.g$

(0,25 pt) soit $P = 7,8 \times 10^5 \times 9,78 = 7,6 \times 10^6$ N (convertir m_f en kg).

$F = D.v_g$

(0,25 pt) soit $F = 2,9 \times 10^3 \times 4,0 \times 10^3 = 12 \times 10^6$ N.

(0,25 pt) Comme F > P, la fusée peut décoller.

EXERCICE IV :

III-1-	Force électrostatique : $\vec{F} = eE\,\vec{u}_x + 0\,\vec{u}_y$	$\|\vec{F}\| = 4{,}8 \times 10^{-14}$ N
III-2-	Poids : $\vec{P} = 0\,\vec{u}_x + (-mg)\,\vec{u}_y$	$\|\vec{P}\| = 8{,}9 \times 10^{-30}$ N
III-3-	Loi de Newton : $\vec{F} = m\,\vec{a}$ Accélération $\begin{cases} a_x = \frac{eE}{m} \\ a_y = 0 \end{cases}$ Vitesse $\begin{cases} v_x(t) = \frac{eE}{m}t \\ v_y(t) = 0 \end{cases}$ Position : $\begin{cases} x(t) = \frac{1}{2}\frac{eE}{m}t^2 \\ y(t) = 0 \end{cases}$	
III-4-	Expr. litt. : $t_M = \sqrt{\frac{2Lm}{eE}}$	Appl. Num. : t_M = **1.95 *ns***
III-5-	Vitesse : $v_M = 1{,}03 \times 10^{8}\ m.s^{-1}$	
III-6-	Travail : **W = L e E**	
III-7-	Expr. litt. : $V_B - V_A = E\,L$	Appl. Num. : $V_B - V_A$ = **30 *kV***
III-8-	Expr. litt. . : $E_m(O) = E_c(O) + E_p(O)$	Appl. Num. : $E_m(O)$ = **0 J**
III-9-	Valeur : $E_m(M)$ = **0 J** Justification : **il n'y a pas de dissipation d'énergie, pas de forces de frottements**	
III-10-	$E_m(M) = \frac{1}{2} m v_M^2 - e V_B$	**III-11-** Vitesse : $v_M = \sqrt{\frac{2eV_B}{m}}$
III-12-	Relation : $\lambda = \frac{h}{p}$	**III-13-** Longueur d'onde : $\lambda = 8{,}6 \times 10^{-11}$ *m*
III-14-	Justification : **leur longueur d'onde est du même ordre de grandeur que celle de la distance interatomique (10^{-10} *m*).**	