Composition de sciences physiques (2ème semestre)
4 heures

Exercice 1: (4 points)

1. On place dans un bêcher 20 mL d'une solution S d'un acide R-COOH qu'on dose par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique C_b =0,1 mol/L ; on obtient la courbe de dosage sur la feuille 3 en annexe :
   a) Faire un schéma du dispositif expérimental de dosage, on n'oubliera pas de préciser les noms du matériel et des solutions utilisées. (0,25 pt)
   b) A quoi correspond l'équivalence acido-basique ? Préciser les coordonnées du point d'équivalence E. Justifier la valeur du pH. (0,5 pt)
   c) En déduire la concentration C_a de la solution acide. (0,25 pt)
   d) Calculer les concentrations des différentes espèces chimiques à l'équivalence. (0,5 pt)
2. On suppose que la solution acide a été préparée en faisant dissoudre une masse de 3,7g de l'acide R-COOH dans un volume V_e = 0,5L d'eau.
   a) En déduire la formule chimique et le nom de l'acide ainsi que le nom de sa base conjuguée. (0,5 pt)
   b) Déduire de la courbe la valeur du pKa. (0,25 pt)
   c) Calculer la constante de la réaction du dosage. La réaction est-elle quantitative? (0,5 pt)
   d) Définir le coefficient d'ionisation α et trouver son expression en fonction de Ka et du pH. (0,75 pt)
3. Pour obtenir une solution S' dont le pH = pKa, on dissout une masse du sel R-COONa dans un certain volume de la solution S.
   a) Donner le nom et les propriétés de la solution S'. (0,25 pt)
   b) Citer une méthode simple de préparation de ce type de solution. (0,25 pt)

On donne : C = 12g/mol ; H : 1g/mol ; O : 16 g/mol; pKa(H_2O/OH^-)=14

Exercice 2: (4 points)

1. Écrire l'équation de la réaction entre l'acide éthanoïque et le butan-2-ol, en utilisant les formules semi-développées. Nommer les produits obtenus. (0,5 pt)
2. On mélange 0,2 mol de chacun de ces réactifs et on répartit ce mélange de façon égale dans 10 ampoules scellées et portées à 100°C. On retire successivement à différents instants t l'une des ampoules et on la refroidit rapidement.
   a) Pourquoi refroidit-t-on l'ampoule retirée ? (0,25 pt)
   b) On procède alors au dosage colorimétrique de l'acide restant dans chaque ampoule par une solution de soude concentrée, de concentration C_b = 1 mol/L.
      Établir la relation liant le nombre de mole n_A de l'acide dans l'ampoule et le nombre de mole n_E du produit organique E formé dans chaque ampoule. En déduire l'expression de n_E en fonction du volume v_b versé à l'équivalence. (0,5 pt)
   c) Sachant que le changement de couleur est obtenu quand on verse les volumes de soude v_b suivants :

t(min)	0	3	8	28	38	48	68
v_b (cm^3)	20	16	13,5	8,5	7,2	6,9	6,9
n_E (mol)							

   Compléter le tableau ci-dessus et tracer la courbe n_E =f(t) (1 pt)
3. Calculer la vitesse de formation du produit E à t = 12 min, ainsi que sa vitesse moyenne de formation entre les instants t_1= 3 min et t_2 = 48 min. (0,5 pt)

4. Déterminer le temps de demi-réaction. (0,25 pt)
5. Calculer le rendement de cette réaction. Conclure. (0,25 pt)
6. On prépare l'ester précédent en faisant réagir un corps A sur le butan-2-ol ; l'autre produit de la réaction est l'acide éthanoïque.
   a) Écrire la formule semi-développée du corps A et préciser son nom et sa fonction. (0,5 pt)
   b) Quelle est la masse de ce corps A qui permet d'obtenir une masse de 40 g du corps E.(0,25pt)

On donne M(C) = 12 g/mol ; M(O) =16 g/mol ; M(H) =1g/mol.

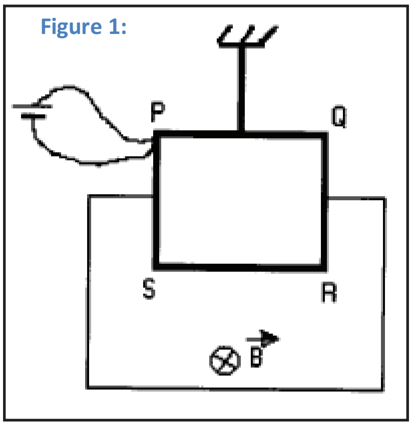
Exercice 3: (3,5 points)

1. Établir l'expression du champ de gravitation $\vec{\mathscr{G}}$ d'un astre en fonction du champ g_0 sur sa surface, de son rayon R et de l'attitude z. (0,5 pt)
2. On considère des satellites Martiens (satellites autours de la planète mars) :
   a) Pour une trajectoire circulaire, établir l'expression de la vitesse d'un satellite martien évoluant à une altitude z au-dessus de la surface de Mars. (0,5 pt)
   b) En déduire l'expression de la période de révolution T du satellite. (0,5 pt)
   c) En déduire la troisième loi de Kepler. (0,5 pt)
3. Si un jour, des hommes vivront sur Mars, il leur faudra aussi des satellites « marsostationnaires » pour diffuser leurs programmes de télévision.
   a) Calculer l'altitude d'un satellite marsostationnaire, c'est-à-dire un satellite qui évolue constamment au-dessus d'un même point de Mars. (0,5 pt)

On donne la masse de mars = $6{,}421 \cdot 10^{23}$ kg, son rayon = 3397,2 km et sa période de rotation=24,62 j.

   b) Que serait la vitesse linéaire d'un satellite évoluant à une altitude deux fois plus grande ? . (0,5pt)
   c) Quelle autre condition doit être remplie pour que le satellite puisse être marsostationnaire? (0,5pt)

Exercice 3: (4 points)

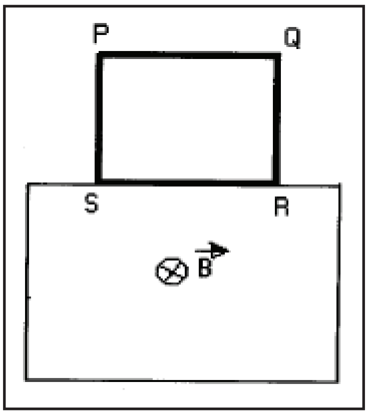


On prendra g = 10m/s

Une spire ayant la forme d'un cadre vertical carré PQRS de coté a =10 cm, de masse m =100g est parcourue par un courant d'intensité I = 4A. Cette spire et plongée à moitié dans un champ uniforme $\vec{B}$ de valeur B = 0,2T. (Voir figure 1).

La spire est suspendue par un fil vertical de masse négligeable.

1. Déterminer la caractéristique des forces électromagnétiques qui s'exercent sur les cotés du cadre. (0,5 pt)
2. Quelle est la valeur de la tension du fil à l'équilibre ? (0,75 pt)
3. On supprime le courant dans le cadre et on coupe le fil à la date t = 0. La spire tombe alors en chute libre. Le schéma ci-contre représente la corde à l'origine des temps. Dans la suite, on néglige l'action des forces électromagnétiques.



   a) Représenter la spire lorsqu'elle est partiellement plongée dans le champ magnétique et exprimer à la date t correspondante la surface de la partie plongée dans le champ magnétique. (1 pt).
   b) Exprimer le flux magnétique à travers la corde à la date t. (0,5 pt)
   c) En déduire l'expression de la f.é.m. induite et préciser le sens du courant traversant la spire. (0,75 pt)
   d) Calculer l'intensité de ce courant à t = 0,5s, si la résistance totale du cadre est r =3Ω. (0,5 pt)

Exercice 5: (4,5 points)

Des ions $^{27}Al^{3+}$ pénètrent en O avec une vitesse $\vec{V_0}$ horizontal de valeur V_0 = 400 km/s dans un plan de l'espace ABDC vertical de forme carré, de côté 10 cm.

On donne AO = OC. On négligera le poids des ions devant les forces électriques et magnétiques.

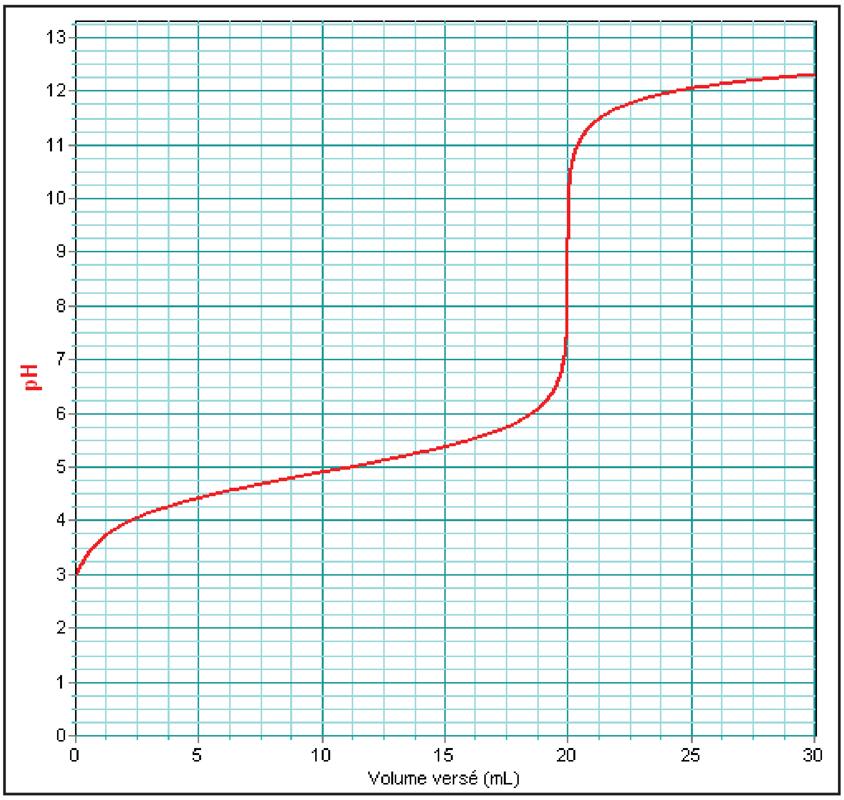
1. Dans la région ABDC règne un champ électrique uniforme $\vec{E}$, vertical orienté du bas vers le haut, d'intensité E = 200 kV/m.
   a) Montrer que la trajectoire des ions reste dans le plan ABDC. (0,5 pt)
   b) Écrire l'équation de cette trajectoire. (0,75 pt)
   c) Trouver les coordonnées du point de sortie S_1 des ions du champ électrique. (0,5 pt).
2. Dans la région ABDC règne un champ électrique uniforme $\vec{E'}$ de même direction et de même sens que $\vec{V_0}$ de valeur E' = 200 kV/m. Déterminer les coordonnées du point de sortie S_2 des ions de ce champ et leur vitesse V_1 en ce point. (0,5 pt)
3. Dans la région ABDC règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ horizontal, perpendiculaire à $\vec{V_0}$ et entrant de valeur B = 0,4 T.
   a) Montrer que la trajectoire des ions est dans le plan ABDC. (0,5 pt)
   b) Calculer le rayon de cette trajectoire. (0,5 pt)
   c) Déterminer les coordonnées du point de sortie S_3 des ions de la région ABDC. (0,75 pt)

On rappelle l'équation du cercle : $(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 = R^2$ tel que $C(x_0;y_0)$ est le centre du cercle.

4. Dans la région ABDC règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ de même direction et de même sens que $\vec{V_0}$ de valeur B = 0,4T. Donner les coordonnées du point de sortie S_4 des ions de la région ABDC et la vitesse V_2 des ions en ce point. (0,5 pt)

On donne : masse du proton = masse neutron = $1,67.\ 10^{-27}$kg ; Charge élémentaire : e = $1,6.\ 10^{-19}$C

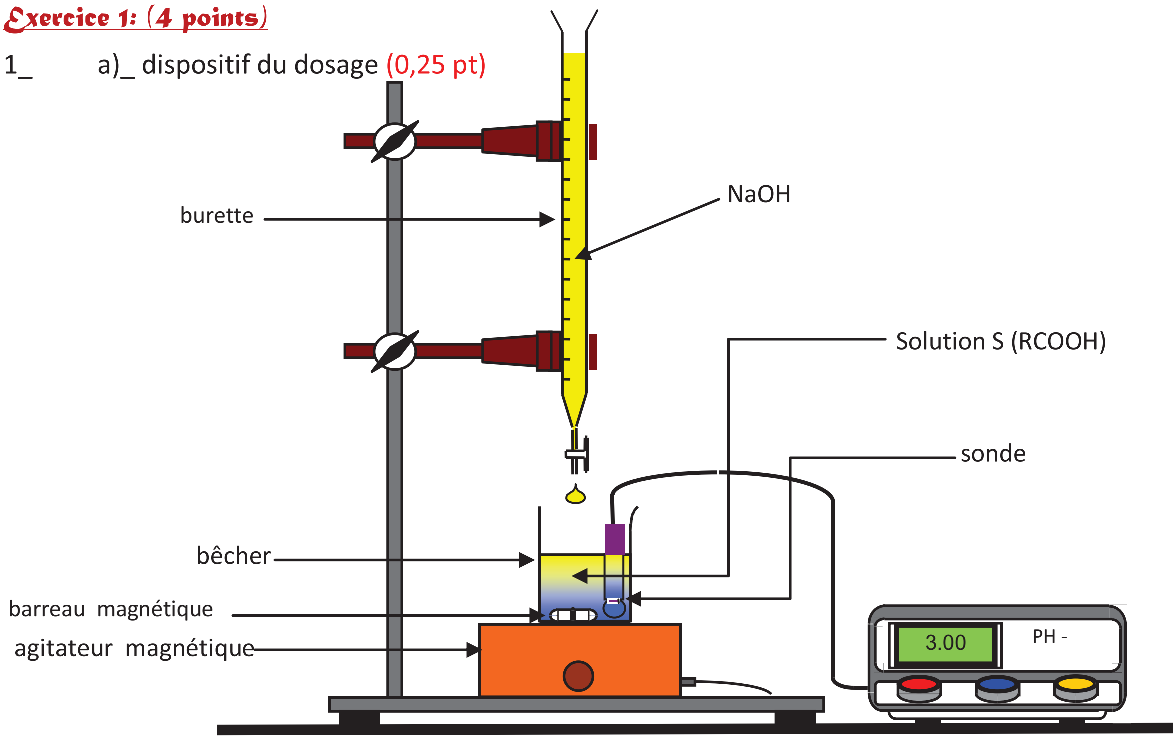
Courbe de dosage (exercice 1)



Correction de la composition (2ème semestre)

Exercice 1: (4 points)

1_ a)_ dispositif du dosage (0,25 pt)



b)_ L'équivalence correspond à un mélange dans les proportions stœchiométriques des réactifs : $n(HO^-) = n(H_3O^+)$.

Les coordonnées du point d'équivalence sont: $\boxed{pH_E = 8{,}75 \text{ et } V_E = 20\text{ mL}}$. (0,25 pt)

$pH_E = 8{,}75 > 7$ est un pH basique car à l'équivalence on a une solution de carboxylate de sodium qui est une base faible. (0,25 pt)

c)_ $Ca = \dfrac{CbVb}{V_E} = \underline{0{,}1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}}$ (0,25 pt)

d)_ Concentration des espèces présentent à l'équivalence (0,5 pt)

$$[Na^+] = \frac{CbVb}{V_E + Vb} = \frac{0{,}1\times 20}{40} = 0{,}05\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\ ;$$

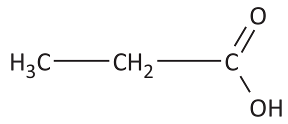
$$[RCOO^-] = \frac{CaV_E}{V_E + Vb} = \frac{0{,}1\times 20}{40} = 0{,}05\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-8{,}5} = 1{,}8.10^{-9}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\ ;\ [HO^-] = 10^{-14+pH} = 10^{-5{,}25} = 5{,}6.10^{-6}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

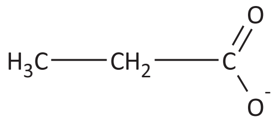
2)_ a)_ $n_A = \dfrac{m}{M} = CaVa \Rightarrow M = \dfrac{m}{CaVa} = \dfrac{3{,}7}{0{,}1\times 0{,}5} = 74\text{ g/mol}$

$M(C_nH_{2n}O_2) = 14n + 32 = 74 \Rightarrow n = 3 \Rightarrow \boxed{C_3H_6O_2}$ (0,25 pt)

(0,25 pt)



acide propanoïque



ion propanoate (base conjugée)

b)_ A la demi équivalence $V = \dfrac{V_E}{2} = 10 \text{ mL} \Rightarrow \boxed{pH = pKa = 4{,}8}$ (0,25 pt)

c)_ $Kr = \dfrac{Ka_1}{Ka_2} = \dfrac{10^{-4,8}}{10^{-14}} = \underline{1{,}58.10^9 > 10^3}$, la réaction est quantitative (totale) (0,5 pt)

d)_ le coefficient d'ionisation est le taux d'avancement (nombre de mol ionisé sur le nombre de mol initial): $\alpha = \dfrac{x}{n}$

RCOOH	+	OH^-	$\rightarrow$	$RCOO^-$	+	H_2O
n		x		0		0
n-x		0		x		x
n(1-α)		0		nα		nα

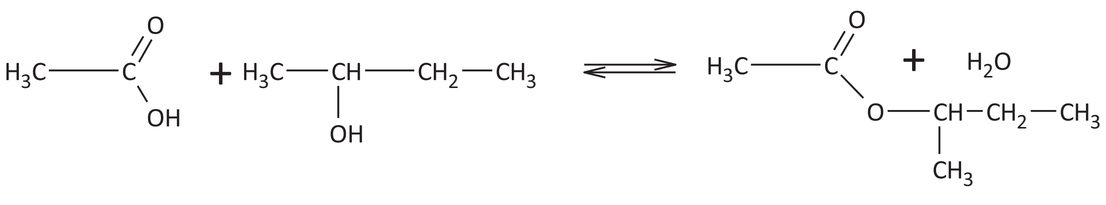
$$pH = pKa + \log\left(\frac{[RCOO^-]}{[RCOOH]}\right) = pKa + \log\left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right) \Rightarrow \boxed{pH = pKa + \log\left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right)}$$ (0,75 pt)

3)_ a)_ solution tampon: à faible ajout de base, d'acide ou une dilution modérée ne modifie pratiquement pas le pH. (0,25 pt)

b)_ On peut doser la solution S à la demi équivalence. (0,25 pt)

Exercice 2: (4 points)

1)_ Équation de la réaction (0,5 pt)



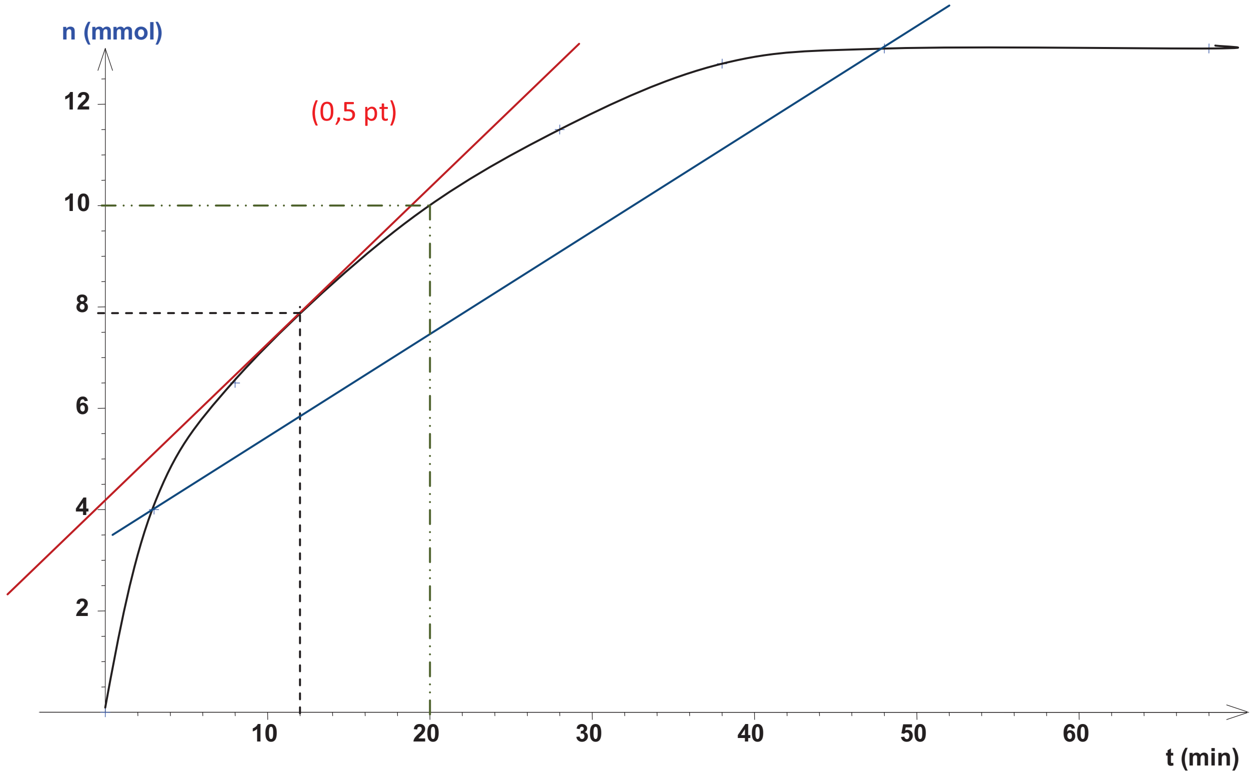
éthanoate de1-methylpropyle

2)_ a)_ On refroidit l'ampoule pour "stopper" la réaction (trempe) (0,25 pt)

b)_ $n_A = n_0 - n_E = \dfrac{0{,}2}{10} - n_E = 0{,}02 - n_E \Rightarrow \boxed{n_A = 0{,}02 - n_E}$ (0,25 pt)

$n_A = CbVb = 0{,}02 - n_E \Rightarrow \boxed{n_E = (20 - Vb)\times 10^{-3}}$ où Vb (mL) (0,25 pt) c)_ Tableau et graphe $n_E = f(t)$ (0,5 pt)

t(min)	0	3	8	28	38	48	68
$n_E(10^{-3})$	0	4	6,5	11,5	12,8	13,1	13,1



3)_ $v_f(t = 12\ min) = \dfrac{7{,}8-4{,}2}{12} = \underline{0{,}3 \text{ mmol/min}}$ (0,25 pt) ;

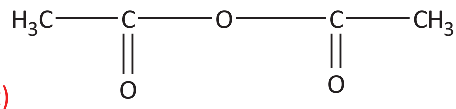
$$v_{mf} = \frac{13{,}1-4}{48-3} = \underline{0{,}2 \text{ mmol/min}} \quad (0{,}25 \text{ pt})$$

4)_ A $t = \dfrac{t_1}{2} \Rightarrow n_E = \dfrac{n_{E_\infty}}{2} = \dfrac{0{,}02}{2} = 0{,}01 = 10\ mmol$. A $n_E = 10$ mmol nous avons graphiquement

$$\boxed{t_{\frac{1}{2}} = 20 \text{ min}}. \quad (0{,}25 \text{ pt})$$

5)_ $\rho = \dfrac{n_E(\text{exp})}{n_E(\text{th})} = \dfrac{0{,}0131}{0{,}02} = \underline{65{,}5\%}$: la réaction est limitée (équilibre chimique) (0,25 pt)

6)_ a)_ Anhydride éthanoïque (fonction chimique: anhydride d'acide) (0,25 pt)



(0,25 pt)

b)_ $n_A = n_E \Rightarrow m_A = \dfrac{m_E}{M_E} M_A = \dfrac{40\times 102}{74} = \underline{55{,}13\,g}$ (0,25 pt)

Exercice 3: (3,5 points)

1)_ $\vec{\mathscr{G}} = \dfrac{GM}{(R+z)^2}\vec{n}$

A la surface de la terre z=0 $\Rightarrow \vec{g_0} = \dfrac{GM}{R^2}\vec{n} \Rightarrow g_0 = \dfrac{GM}{R^2} \Rightarrow GM = g_0R^2$

d'où $\boxed{\vec{\mathscr{G}} = g_0\dfrac{R^2}{(R+z)^2}\vec{n}}$ (0,5 pt)

2)_ a)_ $\vec{F} = m\vec{\mathscr{G}} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = g_0\dfrac{R^2}{(R+z)^2}\vec{n} = a_n\vec{n} \Rightarrow g_0\dfrac{R^2}{(R+z)^2} = \dfrac{v^2}{R+z} \Rightarrow$

$$\boxed{v = \sqrt{g_0\frac{R^2}{R+z}}}$$ (0,5 pt)

b)_ $T = \dfrac{2\pi(R+z)}{v} \Rightarrow T^2 = 4\pi^2\dfrac{(R+z)^2}{v^2} = 4\pi^2\dfrac{(R+z)^3}{(g_0R^2)})$

$$\Rightarrow \boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{(R+z)^3}{g_0R^2}}}$$ (0,5 pt)

c)_ $\boxed{\dfrac{T^2}{(R+z)^3} = \dfrac{4\pi^2}{g_0R^2} = \dfrac{4\pi^2}{GM} = cte}$ ($3^{ème}$ loi de Kepler) (0,5 pt)

3)_ a)_ Soit z_0 l'altitude du satellite marsostationnaire (le satellite et la planète Mars doivent avoir la même période)

$$(R+z)^3 = \frac{T^2GM}{4\pi^2} = \frac{T^2GM}{4\pi^2} \Rightarrow \boxed{z_0 = \left(\frac{T^2GM}{4\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}} - R}$$

AN $z_0 = \left(\dfrac{(24{,}62\times24\times3600)^2\times6{,}67.10^{-11}\times6{,}421.10^{23}}{4\pi^2}\right))^{\frac{1}{3}} - 3397{,}2.10^3 = 166554{,}15$ km

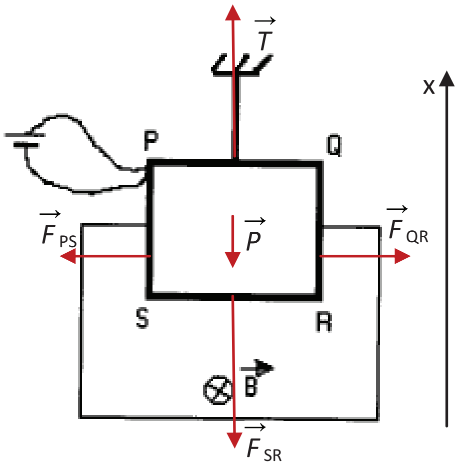
$$\boxed{z_0 = 166554{,}15.\text{km}}$$ (0,5 pt)

b)_ $v = \sqrt{\dfrac{GM}{R+z_0}} = \sqrt{\dfrac{6{,}67.10^{-11}\times6421.10^{23}}{3397{,}2.10^3+166554{,}15.10^3}} = 15{,}87$ km/s

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{GM}{R+z_0}} = 15{,}87.\text{km/s}}$$ (0,5 pt)

c)_ le satellite doit se trouver dans le plan équatorial martien et tourne dans le même sens que la planète Mars. (0,5 pt)

Exercice 4: (4 points)



1)_ caractéristiques(sens, directions et points d'application: voir schéma) (0,5 pt)

$F_{PS} = F_{QR} = IB\frac{a}{2} = 4\times 0{,}2\times\frac{0{,}1}{2} = \underline{0{,}04N}$

$F_{SR} = IBa = 4\times 0{,}2\times 0{,}1 = \underline{0{,}08N}$

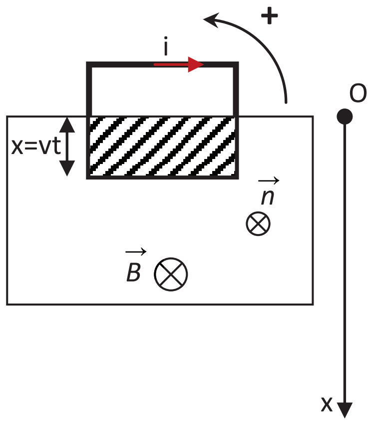
2)_ A l'équilibre: $\vec{F}_{PS}+\vec{F}_{QR}+\vec{F}_{SR}+\vec{T}+\vec{P}=\vec{0}$ or

$\vec{F}_{PS}+\vec{F}_{QR}=\vec{0} \Rightarrow \vec{F}_{SR}+\vec{T}_{QR}+\vec{P}=\vec{0}$

Sur (Ox): $T-P-F_{SR}=0 \Rightarrow T=P+F_{SR}=mg+F_{SR}$

AN: $T=0{,}1\times 10+0{,}08=\underline{1{,}08N}$ (0,75 pt)

3)_ a)_ Expression de la surface



chute libre: $a=g \Rightarrow v=gt \Rightarrow x=\frac{1}{2}gt^2$

$S=a\times x=a\times\frac{1}{2}gt^2=\frac{1}{2}agt^2 \Rightarrow \boxed{S=\frac{1}{2}agt^2}$ (1 pt)

b)_ $\Phi=BS=\frac{1}{2}gaBt^2 \Rightarrow \boxed{\Phi=\frac{1}{2}agBt^2}$ (0,5 pt)

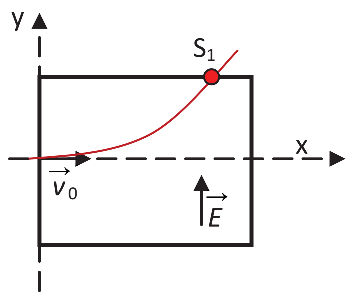
c)_ $e=-\frac{d\Phi}{dt}=-\frac{1}{2}gaB\times 2t=-gaBt \Rightarrow \boxed{e=-agBt}$

$e<0$ donc le courant circule dans le sens négatif (voir schéma) (0,75 pt)

d)_ $i=\frac{|e|}{r}=\frac{gaBt}{r}$ (rien ne s'oppose à l'algébrisation du courant)

A t=0,5s $\Rightarrow i=\frac{10\times 0{,}1\times 0{,}2\times 0{,}5}{3}=\underline{33{,}3\text{ mA}}$ (0,5 pt)

Exercice 5: (4,5 points)



1)__ a)_ $\vec{F}=q\vec{E}=m\vec{a} \Rightarrow \vec{a}=\frac{q}{m}\vec{E}$

$$\vec{a}\begin{cases} a_x=0 \\ a_y=\frac{qE}{m} \\ a_z=0 \end{cases} \Rightarrow \vec{v}\begin{cases} v_x=v_0 \\ v_y=\frac{qEt}{m} \\ v_z=0 \end{cases} \Rightarrow \vec{OM}\begin{cases} x=v_0t \\ y=\frac{qEt^2}{2m} \\ z=0 \end{cases}$$

z=0, le mouvement est plan et s'effectue dans le plan xOy (0,5 pt) b)_ $y = \dfrac{qE}{2m}\left(\dfrac{x}{v_0}\right)^2 = \dfrac{qE}{2mv_0^2}x^2 \Rightarrow \boxed{y = \dfrac{qE}{2mv_0^2}x^2}$ (0,75 pt)

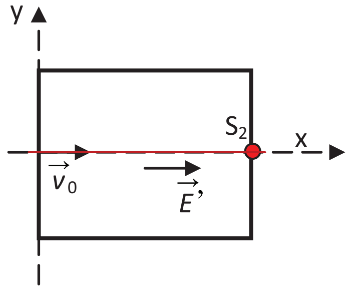
c)_ Soit $S_1(a;\, y_1) \Rightarrow y_1 = \dfrac{qE}{2mv_0^2}a^2 \Rightarrow y_1 = \dfrac{3\times1{,}6.10^{-19}\times200.10^3\times(10.10^{-2})^2}{2\times1{,}67.10^{-27}\times27\times(400.10^3)^2} = 6{,}65$ cm

$y_1 > 5\ cm$ donc la particule va sortir au point d'ordonnée $y_1 = 5\ cm$. Trouvons l'abscisse x_1.

$$x_1 = \sqrt{2mv_0^2\frac{y_1}{qE}} = \sqrt{2\times27\times1{,}67.10^{-27}\times(400.10^3)^2\times\frac{5.10^{-2}}{3\times1{,}6.10^{-19}\times200.10^3}} = 8{,}7 \text{ cm}$$

On trouve: $\boxed{S_1\ (8{,}7\text{ cm};\ 5\text{ cm})}$. (0,5 pt)

2)_ $\vec{a} = \dfrac{q}{m}\vec{E} \Rightarrow a = \dfrac{qE}{m} \Rightarrow v = \dfrac{qE}{m}t + v_0$ et $x = \dfrac{qE}{2m}t^2 + v_0t$: le mouvement est rectiligne uniformément accéléré donc $\boxed{S_2\ (10\text{ cm};\ 0)}$ (0,25 pt)



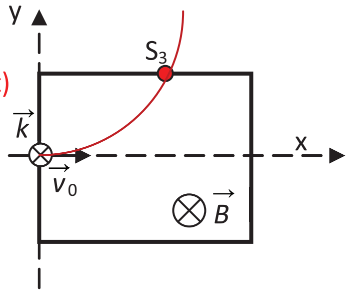
$$\frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = q\vec{E}.\vec{OS}_2 \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2qE'a}{m} + v_0^2}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2\times3\times1{,}6.10^{-19}\times200.10^3\times10.10^{-2}}{27\times1{,}67.10^{-27}} + (400.10^3)^2} = 7.65.10^5 \text{ m·s}^{-1}$$

$\boxed{v_1 = 7.65.10^5 \text{ m·s}^{-1}}$ (0,25 pt)

3)_ a)_ $\vec{a} = \dfrac{q}{m}\vec{v}\wedge\vec{B} \Rightarrow \vec{a}\perp\vec{B}$ or $\vec{B} = B\vec{k}$ donc $a_z = 0 \Rightarrow v_z = v_{oz} = 0 \Rightarrow z = z_0 = 0;\ z = 0$ donc le mouvement est plan. (0,5 pt)

b)_ $R = \dfrac{mv_0}{qB} = \dfrac{27\times1{,}67.10^{-27}\times400.10^3}{3\times1{,}6.10^{-19}\times0{,}4} = \underline{9{,}4\text{ cm}}$ (0,5 pt)



c)_ Soit S_3 (a; y_3). Le cercle est de centre O(0; 0)

$$(a-0)^2 + (y_3-0)^2 = R^2 \Rightarrow y_3 = \sqrt{R^2 - a^2}$$

Impossible car $R < a$. Considérons que la particule sorte au point d'ordonnée $y_3 = 5\ cm$.
Trouvons alors x_3.

$x_3^2 + y_3^2 = R^2 \Rightarrow x_3 = \sqrt{R^2 - y_3^2} = \sqrt{9{,}4^2 - 5^2} = 7{,}96\ cm$ d'où $\boxed{S_3\ (7{,}96\text{ cm};\ 5\text{ cm}).}$ (0,75 pt)

4)_ La particule n'est soumise à aucune force donc le mouvement est rectiligne uniforme.

Le point de sortie est $\boxed{S_4\ (10\text{ cm};\ 0)}$

et $v_2 = v_0 = \underline{400\text{ km/s}}$ (0,5 pt)