7	المعامل:	امتحان تجريبي الفيزياء و الكيمياء	المادة
4 س	مدة الانجاز:	شعبة العلوم الرياضية(أ) و (ب)- خيار فرنسية	الشعب(ة) أو المسلك:

- **l'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisée.**
- **le sujet comporte un exercice en chimie et trois exercices en physique.**

Chimie (7 points) : les deux parties son indépendantes.

Partie I : Etude d'une solution aqueuse d'ammoniac (4,25).

Données : • $pK_a(NH_4^+/NH_3)=9,2$ • $pK_e=14$ • la masse molaire de l'ammoniac : $M(NH_3)=17g.mol^{-1}$

• les conductivités ioniques molaires : $\lambda_{HO^-}=\lambda_1=19,8mS.m^2.mol^{-1}$, $\lambda_{NH_4^+}=\lambda_2=7,40mS.m^2.mol^{-1}$

• on néglige l'effet des ions H_3O^+ sur la conductivité de la solution (S_b).

1) Sur l'étiquette d'une bouteille contenant une solution commerciale (S_0) d'ammoniac NH_3 de concentration molaire C_0 on lit :

• masse volumique de la solution : $\rho_0=0,920g.cm^{-3}$. • le pourcentage massique p de l'ammoniac dans la solution est illisible.

Pour déterminer la valeur de C_0 et par suite déterminer la valeur de p, on prépare un volume $V_b=100mL$ d'une solution (S_b) de concentration molaire C_b en diluant la solution (S_0) 20 fois puis on mesure la conductivité de la solution (S_b) et on trouve : $\sigma\approx 78,34mS.m^{-1}$.

1) Etude de la réaction de NH_3 avec l'eau.

1.1. Ecrire l'équation de la réaction ayant lieu entre $NH_{3(aq)}$ et l'eau. . **(0,25)**

1.2. Déterminer la concentration molaire des ions $HO^-_{(aq)}$ dans la solution (S_b) puis en déduire la valeur du pH de la solution (S_b) est pH≈11,46. **(0,50)**

1.3. Déterminer la valeur de la concentration molaire C_b. En déduire que la valeur du taux d'avancement final de la réaction est $\tau=0,55\%$. **(0,50)**

1.4. Montrer que l'expression de p s'écrit sous forme : $p=\dfrac{C_0.M}{\rho_0}$. Vérifier que $p=19,6\%$. **(0,50)**

1.5. Soit K la constante d'équilibre associée à l'équation de la réaction de l'ammoniac avec l'eau, montrer que : $K=10^{pK_a-pK_e}$. Calculer sa valeur : **(0,50)**

2) Effet de la dilution sur le taux d'avancement.

A un volume v=20mL de la solution (S_b) on ajoute un volume V_e d'eau distillée et on obtient une solution (S'_b) de concentration molaire C'_b dont le pH a varié de 0,5 par rapport à celui de (S_b).

2.1. Montrer que la valeur de la concentration molaire de NH_3 dans la solution (S'_b) est $C'_b=5,3.10^{-2}mol.L^{-1}$ puis en déduire la valeur de V_e. **(0,50)**

2.2. En justifiant, choisir la bonne réponse : la valeur du taux d'avancement final τ' de la réaction de l'ammoniac avec l'eau dans la solution (S'_b) est : • 1,72% • 0,35% • 0,55% . **(0,25)**

2) Etude de la réaction de $NH_{3(aq)}$ avec $H_3O^+_{(aq)}$.

A un volume $V_b=50mL$ de la solution (S_b) on ajoute un volume $V_a=10mL$ d'une solution (S_a) d'acide chlorhydrique $(H_3O^++Cl^-)$ de concentration molaire $C_a=C_b$ et on obtient un mélange (S).

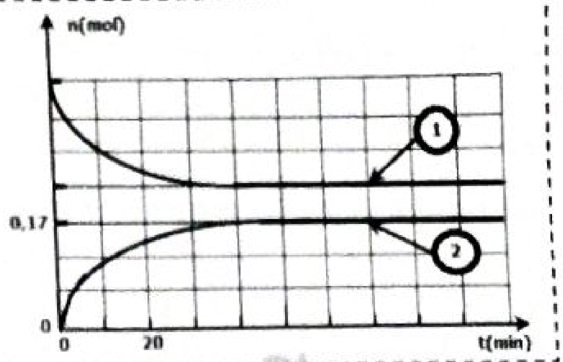
2.1. Ecrire l'équation de la réaction ayant lieu entre $NH_{3(aq)}$ et $H_3O^+_{(aq)}$. **(0,25)**

2.2. Calculer la valeur de la constante d'équilibre K' associée à l'équation précédente. Conclure. **(0,50)**

2.3. Montrer que le pH du mélange s'écrit sous forme : $pH=pK_a+\log\dfrac{V_b-V_a}{V_a}$. Calculer sa valeur. **(0,50)**

Partie II : Estérification de l'éthanol (2,75).

A une température $\Theta_1$constante on mélange une quantité n_1 (en mol) d'acide éthanoïque et une quantité $n_2 < n_1$ (en mol) d'éthanol. On ajoute à ce mélange quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. Une technique expérimentale convenable a permis de déterminer la quantité de matière n_a de l'acide restant ainsi que celle n_e de l'ester formé à différentes dates. La Fig. ci-contre représente les variations de n_a et n_e en fonction du temps.



1) 1.1. En utilisant les formules semi-développées, écrire l'équation de la réaction ayant lieu et donner le nom de l'ester formé. . **(0,50)**

1.2. Indiquer le rôle de l'acide sulfurique concentré. **(0,25)**

1.3. Sachant que le rendement de la réaction est r=85%, déterminer la valeur de n_2. **(0,50)**

1.4. Déterminer la valeur de la constante d'équilibre K associé à l'équation de la réaction. **(0,25)**

2) On refait l'étude de la réaction précédente avec les mêmes quantités de matières initiales mais à une température $\Theta_2 > \Theta_1$. Choisir la ou les bonne(s) réponse(s) :
• le rendement de la réaction augmente • la vitesse de la réaction augmente • le rendement de la réaction reste constant. **(0,50)**

3) On considère le système chimique obtenu en réalisant le mélange suivant : • 0,5mold'acide éthanoïque • 0,5mol d'éthanol • 1,2mol d'ester (E) • 1,2 mol d'eau.

3.1. En utilisant le critère d'évolution chimique, déterminer le sens d'évolution du système chimique. **(0,25)**

3.2. Déterminer la composition molaire du système à l'équilibre. **(0,50)**

Physique (13points)

Exercice1: L'américium 241 comme source de neutrons pour démarrage d'un réacteur nucléaire. (3points)

L'américium ^{241}Am est un métal artificiel de couleur grise, radioactif, il perd la moitié de ses noyaux tous les 425 ans. Il est obtenu par désintégration du plutonium ^{241}Pu par transformation d'un neutron en un proton.

Parmi les utilisations de l'américium ^{241}Am on cite : • la détection des fumées des incendies
• la production des neutrons pour le démarrage des réacteurs nucléaires en utilisant la source de neutrons (américium 241- béryllium 9) selon les 2 étapes suivantes :

La1^{ère} étape se fait selon l'équation **(1)** : $^{241}_{95}Am \rightarrow {}^{237}_{93}Np + {}^{4}_{2}He$, l'hélium formé au cours de cette 1ère étape réagit avec le béryllium selon l'équation **(2)** : ${}^{4}_{2}He + {}^{9}_{Z}Be \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{1}_{0}n$

1) 1.1. Compléter l'équation de la transformation (2) en déterminant la valeur de Z. **(0,25)**

1.2. Choisir la ou les bonne(s) réponse(s) pour chaque transformation :
la transformation (1) ou (2) est : • aléatoire .• provoquée .• spontanée. **(0,50)**

2) On considère un échantillon de plutonium de masse initiale m_0=1mg.

2.1. Ecrire l'équation de la transformation nucléaire **(3)** de désintégration de ^{241}Pu en ^{241}Am et préciser la nature du rayonnement émis. **(0,50)**

2.2. Soient $t_{1/2}$ le temps de demi-vie de ^{241}Am et λ sa constante radioactive. Etablir la relation entre $t_{1/2}$ et λ puis calculer de λ dans le système international. **(0,50)**

2.3. Soit N_0 le nombre initial de noyaux de l'échantillon. Montrer que le nombre de noyaux désintégré entre $t_1 = t_{1/2}$ et $t_2 = nt_{1/2}$ s'écrit sous forme : $N_d = \frac{N_0}{2}.(1-\frac{1}{2^{n-1}})$. **(0,50)**

2.4. Déterminer le l'énergie libérée par la réaction entre $t_{1/2}$ et $3t_{1/2}$. **(0,50)**

Données : • masse du noyau de plutonium 241 : m(Pu) = 241,00514 u • 1u=931,5MeV.c^{-2}=1,66.10^{-27}kg.
• masse du noyau d'américium 241 : m(Am) = 241,00457 u • masse de la particule β^- : m(β^-) = 0,00055 u.
• 1an≈365,25jours.

3) Sous l'influence d'un neutron issu de la réaction **(2)**, un noyau d'uranium $^{235}_{92}U$ se fissionne à l'intérieur du réacteur nucléaire, en deux noyaux $^{144}_{57}La$ et $^{88}_{35}Br$ et 2 neutrons. Indiquer pourquoi la présence de la source de neutrons (américium 241- béryllium 9) n'est plus nécessaire après le démarrage du réacteur nucléaire? **(0,25)**

Exercice2: **(4,50 points)**

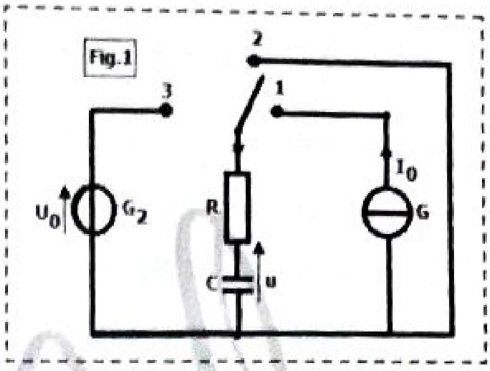
Les deux parties sont indépendantes.

Partie I: Etude de la charge et de la décharge d'un condensateur. (3points)

On réalise le montage électrique (Fig.1), constitué de :

- un générateur idéal de courant (G_1) débitant un courant d'intensité I_0.
- un condensateur initialement déchargé de capacité $C=0,1F$.
- un conducteur ohmique de résistance R.
- un générateur idéal de tension (G_2) de force électromotrice U_0
- un interrupteur K.

Fig.1



Dans le but d'étudier la charge du condensateur et sa décharge, on bascule l'interrupteur K trois fois successives. Les courbes de la Fig.2 montre l'évolution de la tension u aux bornes du condensateur au cours du temps.

1) Associer chacune des courbes (a), (b) et (c)à la position correspondante de K. **(0,50)**

2) Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la tension u lorsque K est en position (1). En déduire la valeur de I_0. **(0,50)**

3) K en position (2) :

3.1. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la tension u. **(0,25)**

3.2. Sans changer l'origine des temps, on écrit la solution de l'équation différentielle précédente sous forme :

$u(t) = A.e^{\frac{-t}{\tau}}$ où τ est la constante de temps du circuit..

3.2.1. Déterminer l'expression de A en fonction de U_0, t_0 et τ. Calculer la valeur de A. **(0,50)**

3.2.2. Quelle est la valeur de R ? **(0,25)**

3.3. Déterminer la valeur de l'énergie W_J dissipée par effet joule dans le circuit entre $t_0=1,5s$ et $t_1=3s$. **(0,25)**

4) K en position (3) :

4.1. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge q. **(0,25)**

4.2. Sans changer toujours l'origine des temps, la solution de l'équation différentielle s'écrit sous forme :

$q(t) = \alpha.e^{\frac{-(t-t_1)}{\tau}} + \beta$ (pour tout : $t \geq t_1$) , montrer que : $\beta=C.U_0$ et $\alpha=C.(U_1-U_0)$. **(0,50)**

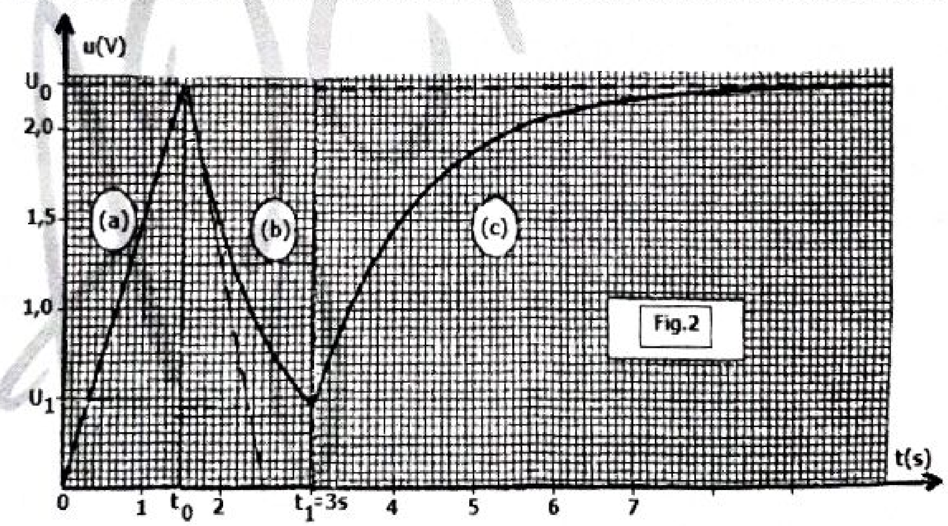
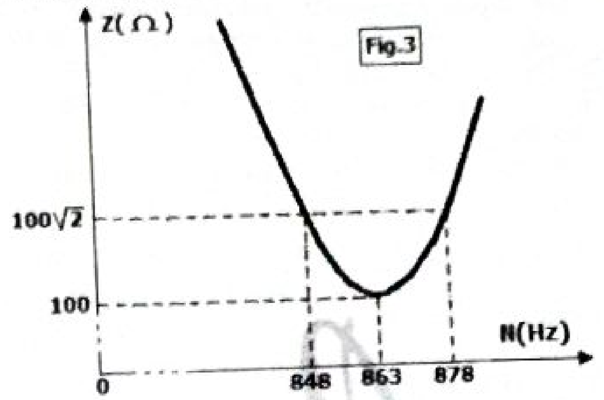


Fig.2

Partie II : Oscillations électriques forcées (1,50points)

On monte en série entre deux points M et N une bobine de coefficient d'auto-induction L=0,5H et de résistance r, un conducteur ohmique de résistance R=90Ω et un condensateur de capacité C. On applique au bornes de ce dipôle une tension alternative sinusoïdale $u_{MN}(t)=3\sqrt{2}\cos(2\pi Nt+\varphi)$ de fréquence N réglable, un courant électrique d'intensité $i(t)=I\sqrt{2}\cos(2\pi Nt)$ passe dans le circuit. La Fig.3 ci-à coté représente les variations de l'impédance Z du circuit en fonction de la fréquence N.



on prendra $\pi^2=10$.

1) En se basant sur les caractéristiques de la résonance, déterminer les valeurs de C et de r. **(0,50)**

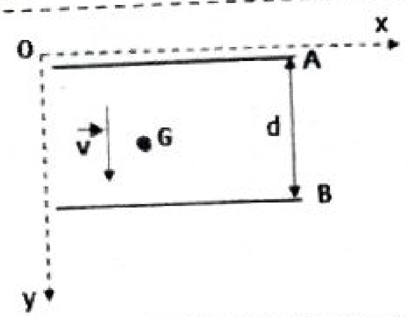
2) Exprimer $u_{MN}(t)$ et $i(t)$ à la résonance. **(0,50)**

3) En réglant la fréquence N sur deux valeurs N_1 et N_2 successivement ($N_1 < N_2$), l'intensité efficace I du courant électrique prend la même valeur $\frac{I_0}{\sqrt{2}}$ où I_0 est l'intensité efficace du courant à la résonance. En justifiant votre réponse déterminer la largeur ΔN de la bande passante puis en déduire la valeur du facteur de qualité. **(0,50)**

Exercice 3 : (5,50points)

Partie I : Chute verticale d'une gouttelette d'huile chargée dans l'air sans vitesse initiale. (2,50points)

Une gouttelette d'huile (G) sphérique de masse m, de rayon r et portant une charge q<0, se déplace verticalement vers le bas entre deux plaques A et B distantes d'une distance d, entre les quelles règne un champ électrostatique $\vec{E}$ crée par une tension réglable $U_{AB}>0$ (voir Fig. ci-contre).



Au cours de son mouvement verticale, la gouttelette (G) est soumise à l'action de : • son poids $\vec{P}$. • la force électrostatique $\vec{F_e}=q\vec{E}$ • la force de frottement fluide dépendant de la viscosité η de l'air : $\vec{f}=-6\pi r\eta\vec{v}$ où $\vec{v}$ est le vecteur vitesse de (G) et η la viscosité de l'air. La poussée d'Archimède est considérée négligeable.

On étudie le mouvement de (G) dans le repère terrestre supposé galiléen et on donne :• $g=10m.s^{-2}$ • $\eta=1,84.10^{-5}$ (SI) • d=6mm • la masse volumique de l'huile : $\rho=800kg.m^{-3}$ • le volume d'une sphère de rayon r : $V=\frac{4}{3}\pi r^3$.

1) 1.1. Par une analyse dimensionnelle, montrer que l'unité de η est : $kg.m^{-1}.s^{-1}$. **(0,25)**

1.2. En appliquant la deuxième loi de Newton montrer que l'équation différentielle vérifiée par la vitesse $v=v_y$ de la gouttelette est : $\frac{dv}{dt}+\frac{9\eta}{2\rho r^2}v=g+\frac{3q.U_{AB}}{4\pi r^3 d.\rho}$. **(0,50)**

2) la solution de l'équation différentielle précédente s'écrit sous forme : $v(t)=A.\left(1-e^{\frac{-t}{\tau}}\right)$.

2.1. En justifiant votre réponse indiquer que représente la constante A ? Donner son expression en fonction de r, ρ, g, q, d, η et U_{AB}. **(0,50)**

2.2. Déterminer l'expression du temps caractéristique τ du mouvement en fonction de r, η et ρ. **(0,25)**

3) Pour déterminer la charge q de la gouttelette, une étude expérimentale a été réalisée en deux étapes ;

• 1[ère] étape : la mesure de la vitesse limite v_{lim} de la gouttelette lorsque $U_{AB}=0V$.

• 2[ème] étape : l'obtention de l'immobilité de la gouttelette en réglant la tension U_{AB} sur la valeur :110V.

3.1. Exprimer dans le cas de la 1[ère] étape, le rayon r de la gouttelette en fonction de v_{lim}, g, η et ρ puis calculer sa valeur. on donne : $v_{lim}=40\mu m.s^{-1}$. **(0,50)**

3.2.Exprimer dans le deuxième cas la charge q en fonction de r, d, g, U_{AB} et ρ. Calculer sa valeur et montrer qu'elle est pratiquement quantifiée (un multiple entier de $-e=-1,6.10^{-19}C$) . **(0,50)**

Partie II : Du golf à la surface de la lune (2,50points)

Lors d'une pose sur la lune, un astronaute tente à réaliser les deux missions suivantes : installer un réflecteur de lumière sur le sol lunaire et jouer au golf sur la lune.

Données : • Célérité de la lumière dans le vide et dans l'air : $c = 299\ 792\ 458\ m.s^{-1}$.

• Constante gravitationnelle: $G = 6{,}67.10^{-11}\ m^3.kg^{-1}.s^{-1}$. • Valeur du champ de pesanteur terrestre : $g_T = 9{,}81\ N.kg^{-1}$

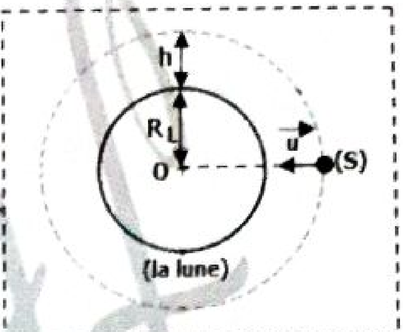
La Terre et la Lune sont supposées à symétries sphériques et de masses et de rayons respectivement:

• Terre : $M_T = 5{,}98.10^{24}$ kg, $R_T = 6{,}38.10^3$km. • Lune : $M_L = 7{,}33.10^{22}$ kg, $R_L = 1{,}74.10^3$ km.

1) Mesure de la distance terre-lune D :

Le principe de la mesure est de déterminer la durée Δt d'un aller-retour d'une impulsion laser émise du sol terrestre vers le réflecteur installé sur le sol lunaire. La lumière est réfléchie dans la même direction que le rayon lumineux incident. Sachant que $\Delta t = 2{,}56$s, déterminer la valeur de D. **(0,25)**

2) Le golf sur la lune :



Soit $\vec{F} = -G\dfrac{m.M_L}{(R_L+h)^2}\vec{u}$ le vecteur force modélisant la force d'interaction gravitationnelle exercée par la lune sur un objet (S) de masse m à une altitude h de la surface de la lune.

2.1. En faisant l'hypothèse que le poids lunaire est égal à la force gravitationnelle, déterminer l'expression vectorielle du champ de pesanteur $\vec{g}_l$ à une altitude h en fonction de G, M_L, h, R_L et $\vec{u}$. **(0,25)**

2.4. On fait l'hypothèse que le champ de pesanteur lunaire est uniforme et que sa se place dans un référentiel supposé galiléen.

A la date t_0=0s et d'un point A distant de l'origine du repère (Oxz) d'un distance d=OA, l'astronaute frappe la balle de golf et lui communique une vitesse de vecteur $\vec{V}_0$ faisant un angle α=15° avec l'horizontale.

La balle de golf est modélisée par un point matériel M.

On donne : • d=50m • OB=250m

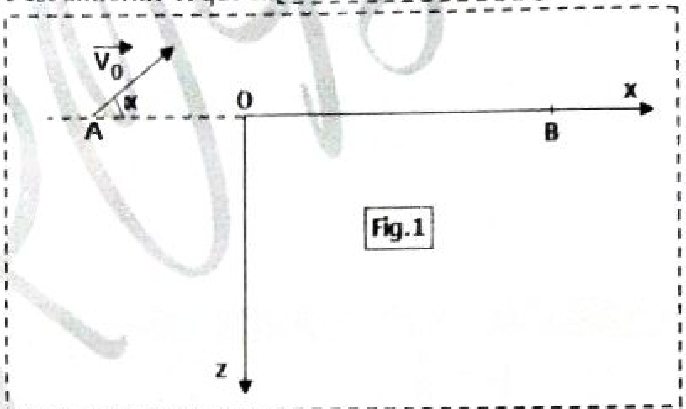


Fig.1

2.4.1. En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer en fonction de V_0, g_L, α, d et t les équations horaires x(t) et z(t) du mouvement de la balle sur les axes (Ox) et (Oz). **(0,50)**

2.4.2. Déterminer dans chacun des deux cas suivants, la valeur de V_0 pour que :

• le sommet F de la trajectoire de la balle appartient à l'axe (Oz). • la balle passe par B. **(0,50)**

2.4.3. Dans les conditions les plus favorables afin d'atteindre un record sur la Lune. Il communique à la balle une vitesse initiale V_0=100 km.h^{-1}. La valeur de la portée de son coup est alors de 470 m. A quelle distance aurait-il pu envoyer la balle sur Terre, avec les mêmes conditions initiales ? Commenter. **(0,25)**

2.4.4. Pour une même valeur de la vitesse V_0, on donne la représentation de la modélisation de la trajectoire de la balle pour différentes valeurs de l'angle α (Fig.2). La portée du coup est donnée par la relation : $\dfrac{V_0^2\sin(2\alpha)}{g_L}$. En quoi cette expression est-elle cohérente avec les représentations des trajectoires sur le graphique ci-contre ? **(0,25)**

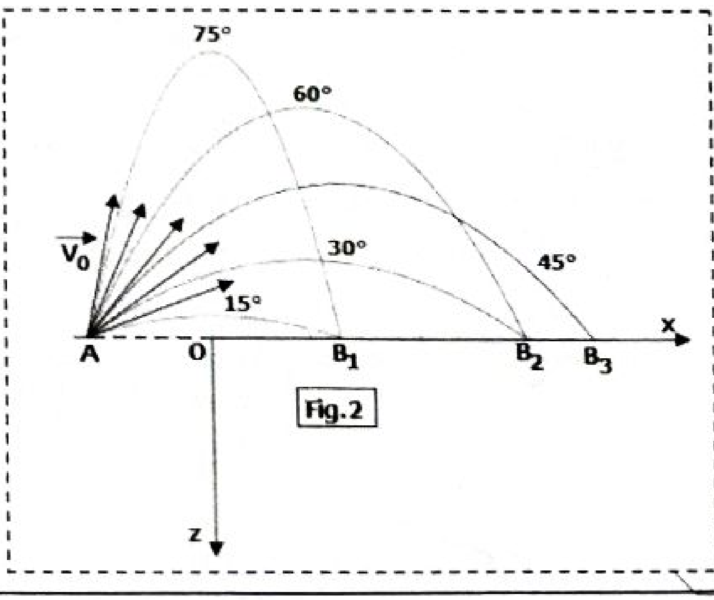
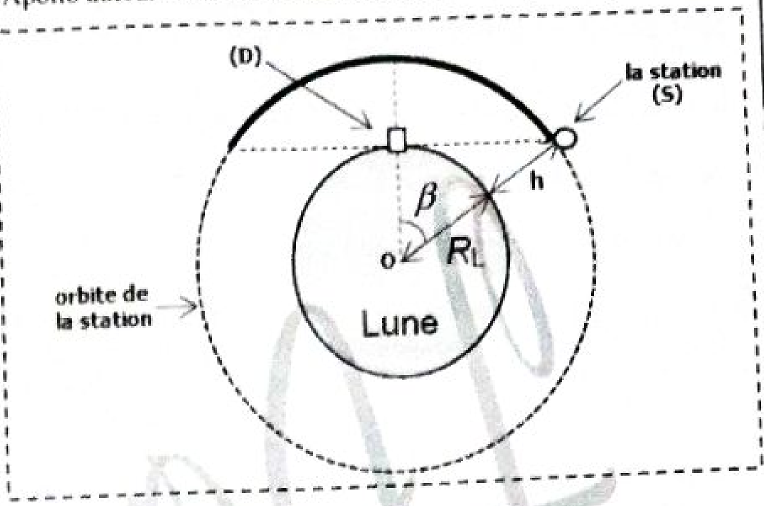


Fig.2

4) Communication entre la lune et la station spatiale :

Quand elle arrive au voisinage de la Lune, la station spatiale est mise en orbite à une altitude h égale à 110 km. Son mouvement est circulaire et uniforme autour du centre de la Lune. Un dispositif lunaire (D) est alors envoyé sur la Lune, avec deux astronautes à son bord. Le troisième astronaute reste à bord de la station spatiale. Le schéma ci-dessous représente l'orbite de la capsule Apollo autour de la Lune. Les échelles ne sont pas respectées.



L'étude du mouvement de la station se fait dans le référentiel lunocentrique supposé galiléen, défini par le centre de la Lune supposée sphérique et trois axes dirigés vers trois étoiles fixes. Dans cette étude, on néglige la rotation de la lune sur elle-même dans le référentiel lunocentrique.

4.1. Choisir la bonne expression de la norme du vecteur accélération du centre d'inertie la station sur son orbite :

(a) $G\dfrac{M_L}{(R_L+h)^2}$ (b) $G\dfrac{M_L}{(R_L+h)}$ **(0,25)**

4.2. Montrer que la valeur v de la vitesse de la capsule est donnée par : $\sqrt{\dfrac{G.M_L}{R_L+h}}$. **(0,25)**

4.3. Vérifier que la durée entre deux passages successifs de la station spatiale à la verticale du module lunaire posé sur la Lune vaut environ 120min. **(0,25)**

4.4. Expliquer pourquoi la communication entre les astronautes sur la Lune et leur collègue resté dans la station ne peut se faire que sur la partie de l'orbite représentée en gras. **(0,25)**

4.5. Quelle est la durée de communication possible à chaque révolution de la station? **(0,25)**