



**Exercice n°1 : Lancement d'un satellite météorologique**

(20 points)

1.1.1. Pour que la fusée décolle, la valeur de la force de poussée  $F$  doit être supérieure à celle du poids  $P$  (1).

1.1.2. Deuxième loi de Newton appliquée au système {fusée}, dans un référentiel terrestre considéré galiléen :  $\vec{F} + \vec{P} = M \cdot \vec{a}$  soit :  $F \cdot \vec{j} - P \cdot \vec{j} = M \cdot a \cdot \vec{j}$

En projection sur (Oy):  $F - P = M \cdot a$  soit  $F - M \cdot g = M \cdot a$

Finalement :  $a = \frac{F}{M} - g$  (1,5)

1.1.3.  $a = \frac{1,16 \times 10^7}{7,3 \times 10^5} - 10 = 1,6 \times 10^{-1} \times 10^2 - 10 = 16 - 10 = 6 \text{ m.s}^{-2}$  (1)

1.1.4. Équation horaire sur la vitesse : à chaque instant,  $a_y(t) = \frac{dv_y}{dt}$

soit ici  $a(t) = \frac{dv}{dt} = 6 \text{ m.s}^{-2}$  En primitivant :  $v(t) = 6 \cdot t + k_1$

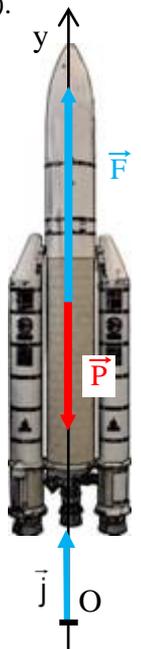
Initialement, la vitesse de la fusée est nulle donc  $v(0) = 0$  soit  $k_1 = 0$  et finalement :  $v(t) = 6t$  (1)

1.1.5. Équation horaire sur la position : à chaque instant,  $v_y(t) = \frac{dy}{dt}$ , soit ici  $v(t) = \frac{dy}{dt} = 6 \cdot t$

En primitivant :  $y(t) = 3 \cdot t^2 + k_2$ .  
Initialement, le centre d'inertie de la fusée est confondu avec l'origine du repère donc :  $y(0) = 0$   
soit  $k_2 = 0$  et finalement :  $y(t) = 3t^2$  (1)

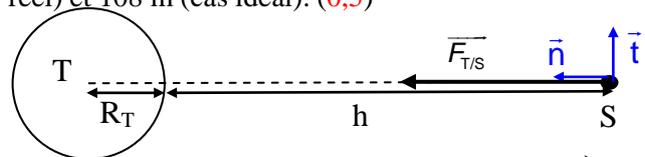
1.1.6. La distance  $d$  parcourue par la fusée jusqu'à la date  $t_1 = 6,0 \text{ s}$  est :  $d = y(t_1) = 3 \cdot t_1^2$   
 $d = 3 \times 36 = 108 \text{ m} = 1,1 \times 10^2 \text{ m}$  (1)

1.2. Cas réel : les forces de frottement, opposées au sens de déplacement de la fusée, n'ont pas été prises en compte dans le cas idéal. Cela peut expliquer l'écart entre 90 m (cas réel) et 108 m (cas idéal). (0,5)



**Partie 2. Mise en orbite basse du satellite**

2.1.  $\vec{F}_{T/S} = G \cdot \frac{m \cdot M_T}{(R_T + h)^2} \cdot \vec{n}$  (1)



2.2. Deuxième loi de Newton, appliquée au système {satellite} dans le référentiel géocentrique galiléen :  $\vec{F}_{T/S} = m \cdot \vec{a}_S$

$G \cdot \frac{m \cdot M_T}{(R_T + h)^2} \cdot \vec{n} = m \cdot \vec{a}_S$  finalement :  $\vec{a}_S = G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \cdot \vec{n}$  (1,5)



2.4. Le satellite ayant un mouvement circulaire et uniforme, alors  $\vec{a}_S = \frac{v_S^2}{(R_T + h)} \cdot \vec{n}$

en égalant les deux expressions de  $\vec{a}_S$  :  $G \cdot \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \cdot \vec{n} = \frac{v_S^2}{(R_T + h)} \cdot \vec{n}$  (1)

soit  $v_S^2 = \frac{G \cdot M_T}{(R_T + h)}$ , en ne retenant que la solution positive pour la vitesse :  $v_S = \sqrt{\frac{G \cdot M_T}{(R_T + h)}}$  (1)

avec  $h = 6,0 \times 10^2 \text{ km} = 6,0 \times 10^5 \text{ m} = 0,60 \times 10^6 \text{ m}$

$v_S = \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 6,0 \times 10^{24}}{6,4 \times 10^6 + 0,60 \times 10^6}} = \sqrt{\frac{6,67 \times 6,0 \times 10^{13}}{7,0 \times 10^6}} = \sqrt{\frac{4,0 \times 10^1 \times 10^{13}}{7,0 \times 10^6}} = \sqrt{\frac{4,0 \times 10^8}{7,0}}$

$v_S = 7,6 \times 10^{-1} \times \sqrt{10^8} = 7,6 \times 10^{-1} \times 10^4$  soit  $v_S = 7,6 \times 10^3 \text{ m.s}^{-1}$ , cette valeur est en accord avec celle proposée. (1)

2.5. T est la période de révolution du satellite autour de la Terre. (0,5)

La vitesse du satellite s'écrit :  $v_S = \frac{2\pi(R_T + h)}{T}$  soit  $v_S^2 = \frac{4 \cdot \pi^2 (R_T + h)^2}{T^2}$

En reportant l'expression de  $v_S^2$  obtenue à la question précédente, il vient :

$\frac{G \cdot M_T}{(R_T + h)} = \frac{4 \cdot \pi^2 (R_T + h)^2}{T^2}$  soit finalement :  $T^2 = \frac{4 \pi^2 (R_T + h)^3}{G \cdot M_T}$  (1)

**Partie 3. Transfert du satellite en orbite géostationnaire**

3.1. Deuxième loi de Kepler, ou « loi des aires » : le rayon vecteur  $\overrightarrow{TS}$  balaye des aires égales pendant des durées égales. (1)

3.2. Ainsi, pendant la même durée  $\Delta t$ , les aires  $a_1$  et  $a_2$  sont égales mais les distances parcourues par le satellite  $L_1$  et  $L_2$  sont différentes :  $L_1 > L_2$ .

Les vitesses moyennes en A et P peuvent s'écrire :  $v_A = \frac{L_2}{\Delta t}$  et  $v_P = \frac{L_1}{\Delta t}$

On a alors :  $\frac{v_P}{v_A} = \frac{L_1}{L_2}$  or comme  $L_1 > L_2$  il vient :  $v_P > v_A$ .

La vitesse du satellite n'est pas constante sur l'orbite de transfert. Elle est maximale au périégée P et minimale à l'apogée A. (1)

3.3.  $AP = 2.R_T + h + h'$  (voir schéma ci-dessus)

$$AP = 2 \times 6,4 \times 10^6 + 6,0 \times 10^5 + 3,6 \times 10^7 = 12,8 \times 10^6 + 6,0 \times 10^5 + 3,6 \times 10^7 = 1,28 \times 10^7 + 0,060 \times 10^7 + 3,6 \times 10^7$$

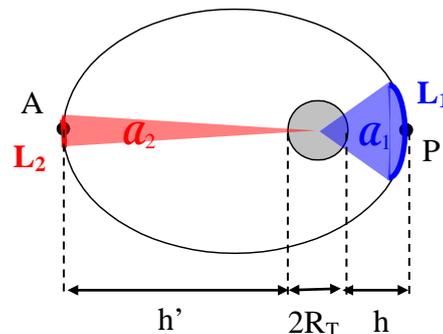
$$AP = 4,9 \times 10^7 \text{ m (1)}$$

3.4. La durée de transfert entre A et P est égale à une demie période:  $\Delta t = T'/2 = 5 \text{ h } 21 \text{ min. (1)}$

3.5. (1) Le satellite est géostationnaire : sa trajectoire est donc située dans un plan contenant l'équateur terrestre.

Le fait de lancer la fusée d'un lieu proche de l'équateur permet :

- d'éviter de consommer du carburant pour ramener le satellite dont l'orbite ne serait pas contenue dans le plan de l'équateur terrestre,
- de bénéficier de l'effet de fronde : de la vitesse de rotation propre de la Terre, au départ de la fusée, qui est maximale à l'équateur.

**Exercice n°2 : Des esters dans nos cosmétiques****(20 points)****1. Les parabènes**

1.1. Le groupe caractéristique (a) est le groupe hydroxyle (0,5) et le groupe (b) est le groupe ester (0,5)

1.2. La formule semi-développée de l'acide para-hydroxybenzoïque est : Oc1ccc(cc1)C(=O)O (1)

1.3. Le nom du réactif n°2 est : propan-1-ol (0,5) de formule semi-développée CH3-CH2-CH2-OH (0,5).

1.4. Le méthylparaben est la molécule c (0,5).

**2. Préparation d'un ester utilisé en parfumerie.**

2.1. Recherche de l'acide carboxylique utilisé

2.1.1. L'équation de la réaction support du dosage est :  $R-COOH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} = RCOO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$  (1)

2.1.2. On peut soit utiliser la méthode des tangentes, soit rechercher le maximum de la courbe dérivée qui correspond au point d'inflexion de la courbe  $pH = f(V_B)$ . On trouve  $V_E = 15,0 \text{ mL}$ . (1) Méthode à détailler !

2.1.3. À l'équivalence les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques. D'après l'équation de la réaction support du dosage les réactifs lors de ce dosage réagissent mole à mole. Par conséquent

$$n_i(RCOOH) = n_E(HO^-) : C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_E. \text{ Ainsi } C_A = \frac{C_B \cdot V_E}{V_A} = \frac{1,0 \cdot 10^{-2} \times 15,0}{10,0} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ (1,5)}$$

2.1.4. La quantité de matière d'acide carboxylique correspondant à la masse  $m$  dissoute est  $n_i(RCOOH) = C_A \cdot V_{\text{fiolle}}$   
 $n_i(RCOOH) = C_A \cdot V_{\text{fiolle}}$  et  $m = n_i(RCOOH) \cdot M(RCOOH)$ , donc  
 $M(RCOOH) = \frac{m}{C_A \cdot V_{\text{fiolle}}} = \frac{0,90}{1,5 \cdot 10^{-2} \times 1,000} = \frac{90}{1,5} = \frac{90}{3/2} = 90 \times \frac{2}{3} = 30 \times 2 = 60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ . La masse molaire de l'acide carboxylique A est de  $60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  (2,5)

**Rem.** : Si l'on utilise  $V_A$ , le volume d'acide titré, il faut ramener la masse  $m$  d'acide introduit dans la fiole jaugée à la masse correspondant à la quantité de matière d'acide titrée et présente dans  $V_A$  :  $m_A = m \times \frac{10,0}{1000}$

D'après le tableau, l'acide carboxylique de masse molaire  $60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  est l'acide éthanoïque (0,5).

2.2. Synthèse de l'ester.

2.2.1. CH3-COOH + C6H5-CH2-OH = CH3-COO-CH2-C6H5 + H2O (1)

2.2.2. La réaction d'estérification est lente (0,5), limitée (0,5) (et athermique).

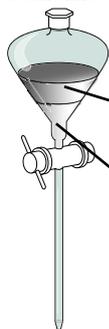
2.2.3. L'acide sulfurique concentré joue le rôle de catalyseur : il accélère la réaction sans modifier l'état final (1)

2.2.4. Le montage schématisé est un montage à reflux (0,5), il permet d'accélérer la réaction grâce au chauffage tout en conservant les espèces chimiques réactives et produites dans le milieu réactionnel grâce au réfrigérant (1)

2.3. Extraction de l'ester préparé.

2.3.1. L'ester se trouve en phase organique (0,5), c'est-à-dire dans la phase supérieure (0,5) ( $d_{\text{ester}} = 1,06$ ) car la phase organique est moins dense que la phase aqueuse contenant le chlorure de sodium ( $d_{\text{eau salée}} = 1,20$ ) (0,5)

Schéma de l'ampoule à décanter avec position des phases correcte : (1).



Phase organique, la moins dense, contenant l'alcool benzylique et l'ester (peu solubles dans l'eau d'après le tableau)

Phase aqueuse, la plus dense, contenant l'eau, le chlorure de sodium et l'acide carboxylique restant (très soluble dans l'eau d'après le tableau.)

- 2.3.2. Le mélange initial étant stœchiométrique, on peut au maximum espérer obtenir, si la transformation est totale  $n_{\max} = 2,0 \times 10^{-1}$  mol réaction d'estérification, or on en obtient  $1,3 \times 10^{-1}$  mol. Le rendement est défini par la relation  $\eta = \frac{n}{n_{\max}}$ ,  $\eta = \frac{1,3 \cdot 10^{-1}}{2,0 \cdot 10^{-1}} = \frac{1,3}{2,0} = 0,65$  soit 65 % (l'alcool est primaire, le taux d'avancement final est donc de 67 % : le résultat est cohérent !). (2)
- 2.3.3. Pour améliorer le rendement, on peut déplacer l'équilibre en augmentant la quantité de matière d'un des réactifs ou on peut déplacer l'équilibre en retirant l'un des produits au fur et à mesure, l'eau par exemple, grâce à un appareil de Dean et Starck par exemple (1 pour l'une des réponses).
- 2.3.4. On peut améliorer le rendement en utilisant, par exemple, un anhydride d'acide à la place de l'acide (0,5).