

nom :

IS 1	CONTRÔLE DE SCIENCES PHYSIQUES	24/01/05
------	--------------------------------	----------

Lors de la correction il sera tenu compte de la présentation et de la rédaction de la copie.

Les réponses seront **expliquées** et données sous forme **littérale** puis **numérique** quand les données du texte le permettent.

Ariane 5 est une fusée lancée depuis le « port » de Kourou (Guyane française).

Les exercices seront traités dans le référentiel terrestre considéré galiléen.

Le sol sera pris comme référence de l'altitude et de l'énergie potentielle.

On utilisera un axe "z" orienté vers le haut.

I/ Un treuil pour fabriquer Ariane 5 (5 points)

Dans une usine métallurgique qui fabrique des pièces pour Ariane 5 on utilise un treuil pour tirer un bloc de métal de masse $m = 80$ kg vers le haut d'un plan incliné. Ce plan a une longueur $\ell = 6,5$ m, il est incliné d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à l'horizontale.

Le bloc est initialement immobile en un point A, en bas du plan incliné, il arrive en un point B, en haut, avec une vitesse $v_B = 2,20$ m·s⁻¹.

Le treuil exerce une force constante $F = 520$ N parallèle au plan incliné.

1. Calculer la variation d'énergie cinétique $\Delta_{AB}E_C$ du bloc entre A et B. /1
2. Calculer le travail du poids $W_{AB}(\vec{P})$ entre A et B. /1
3. Calculer le travail de la force exercée par le treuil $W_{AB}(\vec{F})$ entre A et B. /1
4. Comparer les résultats précédents et conclure en représentant sur un schéma les forces exercées sur le bloc. /2

II/ Décollage d'Ariane 5 (5 points)

*Une Ariane 5 est propulsée par un moteur cryogénique qui délivre une poussée $F_c = 1100$ kN et par deux propulseurs à poudre qui délivrent **chacun** une poussée $F_p = 6000$ kN. Les poussées des moteurs sont constantes et dirigées vers le haut.*

On étudie le décollage d'une Ariane 5 à partir de l'instant où elle quitte le sol.

1. *Au décollage la masse de la fusée est $m_0 = 737$ tonnes.*

Faire le bilan des forces appliquées à la fusée et conclure sur son mouvement. /1

2. *Le combustible étant utilisé, la masse de la fusée diminue au cours du vol.*

Après une durée $\Delta t = 14$ s, la masse est $m = 673$ t, l'altitude est $z = 660$ m et la vitesse $v = 106$ m·s⁻¹. Les calculs suivants seront faits pour cette durée de "vol".

2.a. Calculer l'énergie potentielle de pesanteur de la fusée. /1

2.b. Calculer l'énergie cinétique de la fusée. /1

2.c. Calculer le travail exercé par la poussée des moteurs depuis le lancement. /1

2.d. Calculer la puissance de cette poussée. /1

III/ Moteur cryogénique d'Ariane 5 (5 points)

Le fonctionnement de la partie cryogénique d'une Ariane 5 est basé sur la réaction d'oxydoréduction entre le dihydrogène et le dioxygène.

1. *Les couples redox mis en jeu sont : H^+/H_2 et O_2/H_2O .*

1.a. Écrire les demis équations électroniques et l'équation de la réaction. /1

1.b. Identifier l'oxydant et le réducteur. Justifier. /0,5

2. *Les réservoirs contiennent initialement des masses de réactifs $m(O_2)_i = 128$ t et $m(H_2)_i = 26,0$ t de dioxygène et de dihydrogène à l'état liquide.*

2.a. Calculer les quantités de matière initiales des réactifs. /1

2.b. Dresser un tableau d'avancement, déterminer le réactif limitant et l'avancement maximal. /1,5

3. *La densité du dioxygène liquide est $d = 1,14$*

Le moteur consomme 221 L de dioxygène liquide par seconde.

3.a. Quel est le volume de dioxygène liquide contenu dans le réservoir ? /0,5

3.b. Quelle sera sa durée de fonctionnement ? /0,5

IV/ Les propulseurs à poudre d'Ariane 5 (5 points)

Les propulseurs à poudre d'Ariane 5 contiennent du perchlorate d'ammonium (NH_4ClO_4) à l'état solide.

1. *L'ion ammonium NH_4^+ est un acide.*

1.a. Identifier sa base conjuguée. Écrire le couple acide base correspondant. /0,5

1.b. Écrire l'équation de la réaction entre cette base conjuguée et l'eau. /0,5

2. *L'ion perchlorate ClO_4^- est une base.*

2.a. Identifier son acide conjugué (acide perchlorique). Écrire le couple acide base correspondant. /0,5

2.b. Écrire l'équation de la réaction entre l'acide perchlorique et l'eau. /0,5

On dispose d'une solution d'acide perchlorique de concentration c .

2.c. Exprimer les concentrations des ions de cette solution en fonction de c . /0,5

2.d. Exprimer la conductivité de cette solution en fonction de c . /1

On mesure pour cette solution une conductivité $\sigma = 1,8 \cdot 10^{-1}$ S·m⁻¹.

2.e. Calculer la valeur de c . /1,5

Données :

intensité de la pesanteur : $g = 9,8$ N·kg⁻¹

ion	$H_3O^+_{(aq)}$	$ClO_4^-_{(aq)}$	$NH_4^+_{(aq)}$
$\lambda(S \cdot m^2 \cdot mol^{-1})$	$350 \cdot 10^{-4}$	$67 \cdot 10^{-4}$	$74 \cdot 10^{-4}$

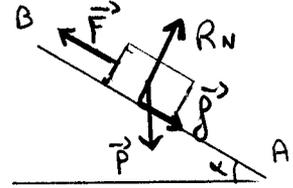
élément	H	O
M (g·mol ⁻¹)	1,0	16,0

masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1,00$ kg·L⁻¹

I Un treuil pour fabriquer Ariane 5

- 1) $\Delta_{AB} E_c = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 = \frac{1}{2} m v_B^2 = \frac{1}{2} \times 80 \times 2,20^2 = 1,9 \times 10^2 \text{ J}$
- 2) $W_{AB}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B) = -m \cdot g \cdot z_B = -m \cdot g \cdot l \cdot \sin \alpha = -80 \times 9,8 \times 6,5 \times \sin 30^\circ = -2,5 \times 10^3 \text{ J}$
- 3) $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \times l \times \cos 0 = 520 \times 6,5 \times \cos 0 = 3,4 \times 10^3 \text{ J}$
- 4) $W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{F}) = -80 \times 9,8 \times 6,5 \times \sin 30^\circ + 520 \times 6,5 \times \cos 0 = 8,3 \times 10^2 \text{ J} > \Delta_{AB} E_c$

Il y a une autre force dont le travail est négatif pour avoir $\sum W_{AB}(\vec{f}_{\text{forces}}) = \Delta_{AB} E_c$.
c'est une force de frottements: \vec{f}



II Décollage d'Ariane 5

- 1) \vec{P} : poids vers le bas : $P = mg = 737 \times 10^3 \times 9,8 = 7,2 \times 10^6 \text{ N}$
 $\vec{F}_c + 2 \vec{F}_p$: poussée vers le haut $1100 \times 10^3 + 2 \times 6000 \cdot 10^3 = 13,10 \times 10^6 \text{ N}$ } poussée > poids
 mut vers le haut
- 2) a) $E_{pp} = m \cdot g \cdot z = 673 \times 10^3 \times 9,8 \times 660 = 4,4 \times 10^9 \text{ J}$
- b) $E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \times 673 \times 10^3 \times 106^2 = 3,78 \times 10^9 \text{ J}$
- c) $W(\vec{P}_{\text{poussée}}) = 13,10 \times 10^6 \times 660 = 8,65 \cdot 10^9 \text{ J}$
- d) $P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{8,65 \times 10^9}{14} = 6,2 \times 10^8 \text{ W}$

III Moteur cryogénique d'Ariane 5

1. a H^+/H_2 $\text{H}_2 = 2\text{H}^+ + 2e^- \times 2$ } $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
 $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- = 2\text{H}_2\text{O}$
1. b. H_2 est le réducteur, il est oxydé et O_2 est l'oxydant, il est réduit
2. a $n(\text{H}_2)_i = \frac{m(\text{H}_2)_i}{M(\text{H}_2)} = \frac{26,0 \times 10^6}{2 \times 1,0} = 13 \times 10^6 \text{ mol}$ $n(\text{O}_2)_i = \frac{128 \times 10^6}{2 \times 16,0} = 4,0 \times 10^6 \text{ mol}$
2. b. tableau d'avancement $\Rightarrow x_{\text{max}} = 4,0 \times 10^6 \text{ mol}$ et O_2 en défaut
3. a $V(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)}{\rho(\text{O}_2)} = \frac{m(\text{O}_2)}{d(\text{O}_2) \times P_{\text{eau}}} = \frac{128 \times 10^3}{1,14 \times 1,00} = 1,12 \times 10^5 \text{ L}$
3. b $\Delta t = \frac{1,12 \times 10^5}{221} = 508 \text{ s}$

IV Les propulseurs à poudre d'Ariane 5

1. a. $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ NH_3 est la base conjuguée de NH_4^+
1. b. $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{HO}^-$
2. a. $\text{H}_2\text{PO}_4/\text{HPO}_4^-$ H_2PO_4 est l'acide conjugué de HPO_4^-
2. b. $\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HPO}_4^- + \text{H}_3\text{O}^+$
2. c. $[\text{HPO}_4^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = c$
2. d. $\sigma = \lambda(\text{HPO}_4^-) \times c + \lambda(\text{H}_3\text{O}^+) \times c = (\lambda(\text{HPO}_4^-) + \lambda(\text{H}_3\text{O}^+)) \times c$
2. e $c = \frac{\sigma}{\lambda(\text{HPO}_4^-) + \lambda(\text{H}_3\text{O}^+)} = \frac{1,8 \times 10^{-3}}{67 \times 10^{-4} + 350 \times 10^{-4}} = 4,3 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} = 4,3 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$