

## Lanceur Ariane

Depuis 1979, le lanceur européen Ariane, basé à Kourou en Guyane française, est capable de mettre des satellites en orbite. Plusieurs versions de la fusée se sont succédé pour pouvoir embarquer des satellites de plus en plus lourds. La fusée Ariane 5, dont le premier vol date de 1996, est capable de placer un satellite de 9 tonnes en orbite de transfert géostationnaire.



*Données :*

- célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- masses molaires atomiques :

	H	C	N	O
$M \text{ (g} \cdot \text{mol}^{-1}\text{)}$	1,0	12,0	14,0	16,0

### 1. Étude de la propulsion chimique de la fusée

Les moteurs Viking de la fusée Ariane 5 sont constitués de deux étages, dont l'un, appelé étage des propergols ou EPS, emporte 6,5 tonnes de comburant, le tétraoxyde d'azote  $\text{N}_2\text{O}_4$ , et un combustible organique, la diméthylhydrazine  $\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2$ . Lors de la combustion, du dioxyde de carbone, de l'eau et du diazote se forment.

**a.** Pourquoi la fusée doit-elle embarquer son comburant, contrairement à une automobile ?

**b.** Écrire l'équation de la réaction de la combustion de la diméthylhydrazine par le tétraoxyde d'azote et montrer que la quantité de matière de tétraoxyde d'azote consommée est le double de la quantité de matière de diméthylhydrazine consommée.

**c.** Exprimer puis calculer la quantité de matière de diméthylhydrazine qui peut être consommée par la totalité du comburant embarqué.

**d.** En déduire la masse totale de combustible et de comburant contenue dans les réservoirs d'un moteur Viking.

**e.** En utilisant la notion de quantité de mouvement, expliquer à l'aide d'un schéma et d'un texte bref le principe de la propulsion de la fusée.

## 2. Calcul de la puissance des moteurs

Au décollage, Ariane 5 a une masse totale de 750 tonnes dont 540 pour les deux propulseurs. Elle subit une force de poussée, supposée constante, de valeur  $F = 1,1 \cdot 10^7 \text{ N}$ . Après deux heures et quinze minutes de vol, sa vitesse est  $v = 240 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  et son altitude  $z = 60 \text{ km}$  : la fusée largue alors les deux propulseurs vides.

**a.** Exprimer puis calculer le travail  $W$  de la force de poussée entre le décollage et le largage des propulseurs. En déduire la puissance des propulseurs.

La puissance des propulseurs est  $P = \frac{W}{\Delta t}$

**b.** Calculer l'énergie cinétique de la fusée, immédiatement après le largage des propulseurs.

**c.** Calculer, au même instant, l'énergie potentielle de la fusée, en supposant le champ de pesanteur uniforme jusqu'à  $z = 60 \text{ km}$ , avec  $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

**d.** En déduire l'énergie mécanique  $E_m$  de la fusée juste après le largage des propulseurs.

**e.** Comment interpréter la différence entre  $W$  et  $E_m$  ?

## 3. Vers des voyages habités ?

Les énormes progrès réalisés depuis 1979 permettent d'envisager qu'une fusée Ariane puisse lancer un module embarquant des voyageurs spatiaux. Il faudra alors prévoir un moyen de ramener ce module sur Terre, mais aussi un moyen de communication par ondes électromagnétiques entre le module et sa base terrestre.

**a.** Pourquoi les ondes sonores ou ultrasonores ne sont-elles pas envisageables pour ce type de communication ? Justifier la réponse.

**b.** La propagation sera-t-elle libre ou guidée ? Quelle peut en être une conséquence ?

**c.** Le signal émis par le module sera-t-il absorbé dans l'espace ? Et lorsqu'il atteindra la Terre ?

**d.** Pour être localisé par sa base, le module émet des impulsions électromagnétiques, avec une période  $T_0 = 1,00 \text{ s}$  mesurée dans le référentiel du module. Quelle est la vitesse de ces impulsions dans le référentiel du module ? Et dans le référentiel de la base ?

**e.** La réception sur Terre se fera-t-elle avec la même période ? Justifier la réponse.

**f.** En imaginant qu'une fusée soit capable de lancer un module à la vitesse  $v = 2,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ , quelle serait la période de réception  $T$  du signal, sachant que la relation entre durée propre  $T_0$  et durée mesurée  $T$  est  $T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  ?

