

Licence 1ère année - UE PHYS104
Section BGPC5
Contrôle continu du 21 décembre 2005

Durée : 1h 45.

Les calculatrices de type « collègue » (non graphiques, non programmables) sont autorisées. Les exercices sont indépendants les uns des autres et peuvent être traités dans un ordre quelconque.

I. Atterrissage sur Mars (dynamique):

Le robot explorateur *Spirit* a atterri sur la planète Mars le 3 Janvier 2004. Dans l'espace proche de Mars (en dehors de l'atmosphère toutefois), il ne subissait que l'attraction gravitationnelle de la planète. On note M la masse de la planète, m la masse du robot, et r la distance entre le robot et le centre de la planète.

- 1) Rappeler l'expression et la direction et le sens de la force de gravitation exercée par Mars sur *Spirit*. Faire un schéma.
- 2) Montrer cette force dérive de l'énergie potentielle suivante:

$$E_p(r) = - \frac{GMm}{r}$$

(Pour établir cette formule, on a pris une énergie potentielle nulle pour une distance infinie.)

Le robot est entré dans l'atmosphère martienne à une altitude $h=128$ km au dessus du sol, avec une vitesse $v_0=5500$ m.s⁻¹. On suppose dans un premier temps qu'il n'y a pas de force de frottement entre l'atmosphère et le robot et que celui ci subit seulement la force de gravitation

- 3) En appliquant le théorème de l'énergie mécanique, établir l'expression de la vitesse v_s du robot lorsqu'il arrive au sol. Le rayon de la planète Mars est noté R . Faire l'application numérique en utilisant les données suivantes: $m=274$ kg, $M=6.4 \cdot 10^{23}$ kg, $R=3400$ km, $G = 6.7 \cdot 10^{-11}$ SI.

Lors de son entrée dans l'atmosphère, la sonde s'oriente pour placer vers l'avant un bouclier thermique: une surface capable de résister à la chaleur créée par les frottements très intenses sur l'atmosphère. Grâce à ces frottements sur le bouclier thermique (forces non conservatives), le robot arrive en fait au sol avec une vitesse faible, qu'on supposera nulle pour simplifier.

- 4) Calculer l'énergie E_{diss} dissipée par le frottement du bouclier sur l'atmosphère (c'est à dire l'opposé du travail des forces non conservatives). Faire l'application numérique.
- 5) On suppose que toute cette énergie E_{diss} est transférée sous forme de chaleur au bouclier. On suppose par ailleurs que le bouclier est un bloc d'aluminium de masse $m_1=100$ kg, et de capacité thermique massique $c_{Al}=960$ J.K⁻¹.kg⁻¹. Calculer l'élévation de température ΔT du bouclier thermique. Faire l'application numérique et commentez.
- 6) En réalité, la température du bouclier n'atteint "que" 1500K. Suggérez une explication.

II. Exploration de la surface martienne (chocs):

Au cours de son exploration, suite à une erreur de guidage, le robot (masse $m_1=174$ kg, il s'est débarrassé du bouclier thermique) entre en collision avec un rocher de masse m_2 , au repos. On considérera qu'au moment du choc, les forces de frottement avec le sol jouent un rôle négligeable, tant pour le robot que pour le rocher (on peut donc raisonner comme si le système était pseudo-isolé). Avant le choc le robot avance à sa vitesse de pointe: $v_1=5$ cm.s⁻¹! Les ingénieurs de la NASA constatent que le robot s'arrête net après le choc. En examinant le rocher, ils estiment qu'on peut l'assimiler approximativement à un cube de 50cm de côté

- 1) En supposant que le rocher a la masse volumique moyenne de Mars $\rho = 3900$ kg.m⁻³, calculer la masse m_2 du rocher. Faire l'application numérique.
- 2) Sans faire d'hypothèse sur la nature du choc, calculer la vitesse v_2 du rocher après le choc. Faire l'application numérique.

- 3) Calculer la variation d'énergie cinétique du système {rocher+robot} au cours du choc. Faire l'application numérique. Conclure sur la nature du choc.

Les ingénieurs de la NASA peuvent, dans cette situation hypothétique, calculer cette énergie pour estimer les dégâts subis par le robot: elle est absorbée par la déformation de la structure du robot.

III. Thermodynamique:

On considère un cylindre étanche, de volume initial $V_A=1$ litre, rempli d'air à la pression P_A (état A). On suppose que l'air est un gaz parfait. On comprime ce gaz à l'aide d'un piston, jusqu'à ce que le volume du cylindre ne fasse plus que la moitié du volume initial. On note V_B ce volume. La pression dans le cylindre est alors de $P_B=4$ bars. On note cet état : état B. On suppose que la température du gaz est restée constante tout au long de la transformation AB ($T_A=T_B=300K$).

On suppose que toutes les transformations de l'exercice ont été faites de manière quasistatique.

On donne $R=8.31$ USI. On rappelle que 1 bar vaut 10^5 Pa.

- 1) Déterminer la dimension et l'unité de R
- 2) Déterminer le nombre de moles de gaz présentes dans le cylindre. Faire l'application numérique.
- 3) Déterminer la pression initiale P_A dans le cylindre. Faire l'application numérique.
- 4) Exprimer P en fonction de V et représenter la transformation dans le diagramme (P, V)
- 5) Rappeler l'expression de l'énergie interne pour le gaz enfermé dans le cylindre. Quelle est la variation d'énergie interne associée à cette transformation ?

On décide de passer de l'état A à l'état B, mais en suivant un chemin différent. De l'état A, on effectue d'abord une isobare jusqu'à un état C, puis une isochore jusqu'à l'état B.

- 6) Représenter ce chemin dans le diagramme (P, V)
- 7) Déterminer le travail échangé par le gaz sur le chemin ACB. Faire l'application numérique.
- 8) En déduire la chaleur échangée sur ACB.
- 9) Quel est le travail échangé par le gaz sur le chemin 'direct' AB (le chemin que vous avez représenté question 4). Faire l'application numérique. Que peut-on en conclure si on compare au résultat de la question 7 ?
- 10) Quelle est la température en C ?