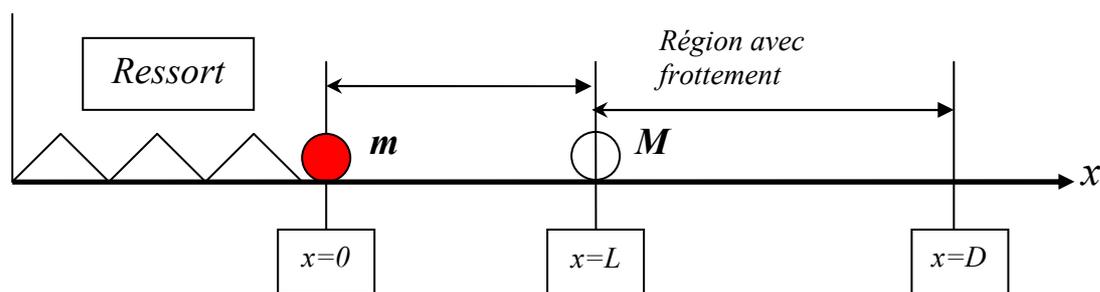


CONTROLE CONTINU N°2 – LP104 BGPC13
Le 21 décembre 2005 – Durée :2h

Exercice n°1 : Propulsion à l'aide d'un ressort



Un ressort de raideur k , auquel est accrochée une masse m , est placé horizontalement. La masse m se trouve initialement au repos à la position $x=0$ et elle peut glisser sans frottement sur un socle horizontal.

Une deuxième masse $M=3m$ se trouve immobile à une distance L de la première bille.

On se propose de comprimer le ressort afin de pouvoir lancer la masse m contre M . Grâce **au choc élastique** entre les deux masses, la masse M pourra ainsi se déplacer. Une force de frottement s'oppose au mouvement la masse M . La norme de la force de frottement vaut $\|R_T\|=fc \|R_N\|$, où fc est une constante positive et $\|R_N\|$ est la composante normale de la réaction du plan sur l'objet.

1) Mouvement de m avant le choc

- Faire le bilan des forces exercées sur m avant le choc. Les représenter sur un schéma. Exprimer la force de rappel exercée par le ressort sur la masse m , lorsque celle-ci est l'abscisse x .
- En déduire l'énergie potentielle $E_p(x)$ associée à cette force de rappel. On prendra comme origine des énergies $E_p(x=0)=0$.
- On comprime le ressort en amenant la masse m en $x=-\ell$. Exprimer la composante algébrique de la vitesse v_{Lx} atteinte par la masse m en $x=L$, juste avant le choc, en fonction de k, L, m et ℓ . A quelle condition sur ℓ , cette vitesse existe-t-elle ?

2) Collision entre m et M

- Donner les équations qui régissent ce choc, en fonction de v_{Lx} , et de v'_{Lx} et V'_{Lx} , composantes algébriques des vitesses, respectivement de m et M , juste après le choc.
- Déterminer v'_{Lx} et V'_{Lx} en fonction de v_{Lx} .
- En déduire les expressions de ces v'_{Lx} et V'_{Lx} en fonction de k, L, m et ℓ .

3) Mouvement de M après le choc

- a. Faire le bilan des forces exercées sur M après le choc. Les représenter sur un schéma.

Exprimer la vitesse V_{Dx} de M en $x=D$.

En déduire la compression minimale ℓ_{\min} du ressort qu'il faut pour que M atteigne l'abscisse $x=D$.

- b. Vérifier que l'expression obtenue pour V_{Dx} est bien homogène.

Exercice n°2 : Echauffement d'un gaz parfait.

On envisage plusieurs transformations pour faire passer un nombre n de moles d'un gaz parfait d'une température initiale $T_0 = 300 \text{ K}$ à une température d'équilibre finale $T_f = 600 \text{ K}$. Le gaz est placé dans une enceinte fermée par un piston. Celui-ci peut se déplacer horizontalement sans frottement.

Le volume initial du gaz est $V_0 = 10 \text{ litres}$ lorsque le piston est en équilibre avec la pression extérieure $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$. On appelle 0 l'état initial.

Données et notations du problème à utiliser :

Constante des gaz parfaits : $R = 25/3 \text{ J.K}^{-1}$

Capacité thermique molaire à volume constant : c_v

Capacité thermique molaire à pression constante : c_p

La constante $\gamma = c_p/c_v$

Dans tout le problème on donnera l'expression littérale de la grandeur demandée en fonction des données initiales du problème et des grandeurs ci-dessus avant de passer éventuellement à l'application numérique.

1) Généralités

- a. Exprimer et calculer le nombre de moles enfermées dans l'enceinte.
- b. Exprimer, en fonction de c_v et de la température, la variation d'énergie interne ΔU du gaz parfait entre l'état initial i et l'état final f . Cette variation dépend-elle de la nature du gaz ? du mode de transformation ?

2) Chauffage quasi statique à volume constant

On chauffe très lentement le gaz en maintenant le piston fixe. On a mesuré la quantité de chaleur fournie au gaz : $Q_f = 2500 \text{ J}$. On appelle 1 l'état final du gaz caractérisé par $(P_f; V_f=V_0; T_f)$.

- a. Comment appelle t'on une telle transformation ?
- b. Exprimer et calculer la pression finale P_f du gaz.
- c. Faire le graphique de cette transformation dans le diagramme (P, V) . (On fera un graphique suffisamment grand pour pouvoir le compléter dans la suite du problème)
- d. Quel est le travail W_f échangé par le gaz avec l'extérieur ?
- e. Exprimer, en fonction de c_v et de la température, la chaleur Q_f échangée lors de la transformation. En déduire et calculer c_v .
- f. En déduire la nature du gaz enfermé (mono ou diatomique ?). Justifier.

3) Chauffage quasi statique à pression constante

On chauffe très lentement le gaz en laissant le piston libre de se déplacer. On appelle 2 l'état final du gaz caractérisé par $(P_2=P_0; V_2; T_1)$.

- a. Comment appelle t'on une telle transformation ?
- b. Exprimer et calculer le volume final V_2 du gaz.
- c. Faire le graphique de cette transformation sur le même diagramme qu'à la question II-1.
- d. Exprimer et calculer c_p .
- e. Exprimer et calculer la quantité de chaleur Q_2 fournie au gaz.
- f. Exprimer et calculer le travail W_2 échangé par le gaz avec l'extérieur. Justifier son signe.
- g. Enoncer et vérifier le premier principe de la thermodynamique.

4) Compression quasi statique adiabatique

On isole thermiquement l'enceinte et on pousse tout doucement le piston jusqu'à ce que la température d'équilibre finale soit atteinte. On appelle 3 l'état final du gaz caractérisé par $(P_3; V_3; T_1)$.

- a. Rappeler l'expression $f(P, V) = C^{\text{te}}$ caractéristique d'une telle transformation. La transformer pour obtenir l'expression $g(T, V) = C^{\text{te}}$
- b. Montrer que $\gamma = 1,4$ pour le gaz considéré.
- c. Exprimer et calculer le volume final V_3 qu'il faut atteindre.
- d. Exprimer et calculer la pression finale P_3 du gaz.
- e. Faire le graphique de cette transformation sur le même diagramme qu'à la question II-1.
- f. Quelle est la quantité de chaleur Q_3 échangée par le gaz avec l'extérieur.
- g. Exprimer et calculer le travail W_3 qu'il a fallu fournir au gaz.

5) Interprétation finale, isotherme quasi statique

- a. On veut maintenant passer de l'état 2 à l'état 3 de manière quasi statique en maintenant la température constante. Comment faut-il procéder ? Montrer que cette transformation passe forcément par l'état 1.
- b. Faire le graphique de cette transformation sur le même diagramme qu'à la question II-1.
- c. Que vaut la variation de l'énergie interne du gaz au cours de cette transformation ?