

**Sujet d'examen PS82/ER41 Automne 2023**  
**Documents non autorisés- Calculatrices autorisées - Durée : 1h30**

**Questions de bon sens :**

**Question 1 :** Les réacteurs de type EPR sont considérés comme la nouvelle génération de réacteurs nucléaires en France. S'agit-il d'une évolution des technologies précédentes ou d'un changement complet de technologie ?

**Question 2 :** L'hybridation des moteurs thermiques semble être une (des) solution(s) mise(nt) en avant par les constructeurs automobiles pour diminuer les émissions de polluants liés à l'utilisation des véhicules. Que pensez-vous des différentes technologies existantes et quels sont leurs apports en termes de réduction des émissions ?

**Exercice 1 : piston et transformations**

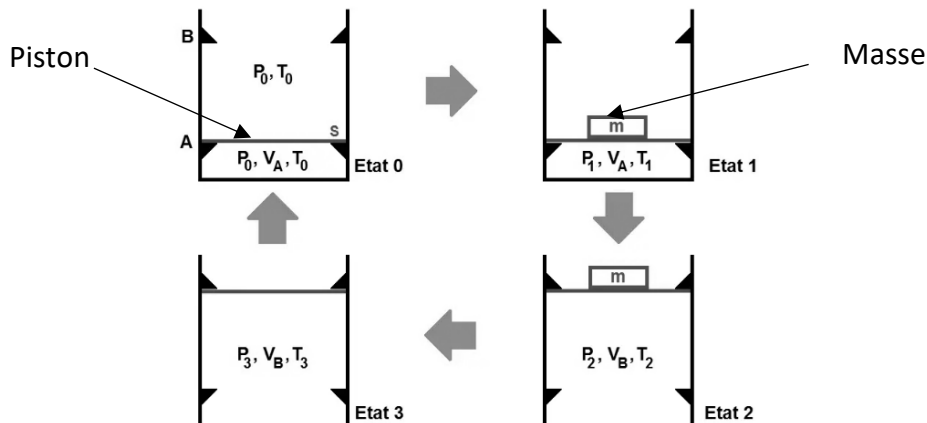
On considère un cylindre aux parois athermanes (i.e. qui ne transmettent pas la chaleur) fermé par un piston. Le piston, de section  $S$  et de masse négligeable, peut glisser sans frottement entre 2 cales A et B.

Dans l'état initial, le piston est en A, le cylindre renferme un volume  $V_A$  d'air supposé gaz parfait, à la température extérieure  $T_0$ , pression  $P_0$ , (gaz dans l'état 0 :  $P_0, V_A, T_0$ ).

On place une masse  $m$  sur le piston et on chauffe très doucement le gaz par un dispositif non représenté sur le schéma, jusqu'à ce que le piston décolle tout juste de la cale A (gaz dans l'état 1 :  $P_1, V_A, T_1$ ).

Pour le passage de l'état 1 à l'état 2, on maintient alors le chauffage jusqu'à ce que le piston arrive tout juste en B (gaz dans l'état 2 :  $P_2, V_B, T_2$ ), le chauffage est alors arrêté.

On enlève alors la masse  $m$  et on laisse refroidir l'ensemble jusqu'à ce que le piston décolle tout juste de B (gaz dans l'état 3 :  $P_3, V_B, T_3$ ). On laisse refroidir jusqu'à la température  $T_0$  : le piston revient en A (le gaz est revenu dans l'état 0), le cycle est terminé.



Données :

$V_B = 1,0 \text{ L}, V_A = 330 \text{ mL}$

$T_0 = 300 \text{ K}, P_0 = 1,0 \text{ bar}$

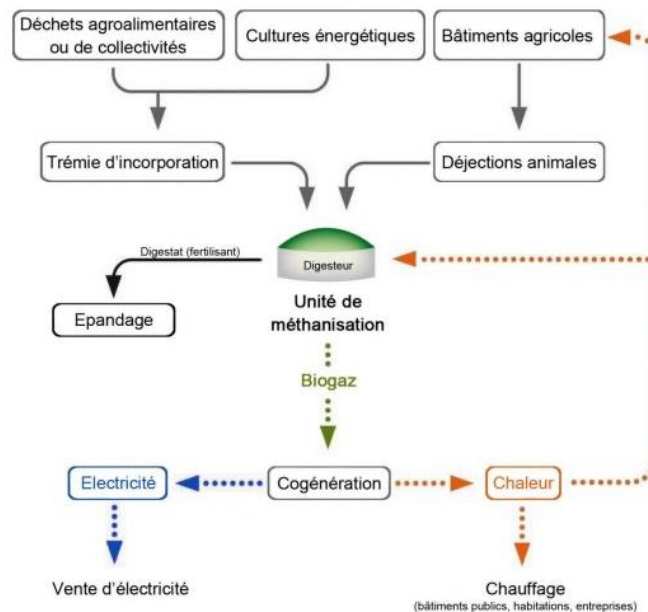
$m = 10 \text{ kg}, S = 100 \text{ cm}^2, g = 10 \text{ m.s}^{-2}, R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ .

- 1) Quelle est la caractéristique commune à toutes les transformations ?
- 2) Quelle est la nature de la transformation de 0 à 1 subie par le gaz ?
- 3) Exprimer la pression  $P_1$  et la température  $T_1$  en fonction de  $P_0, T_0, m, g$  et  $S$ . Donner les valeurs numériques de  $P_1$  et  $T_1$ .
- 4) Quelle est la nature de la transformation de 1 à 2 ? Tips : On peut considérer que, à tout instant, il y a équilibre mécanique au niveau du piston (i.e. les forces de externes s'équilibrent avec la force de pression)
- 5) Exprimer et calculer  $T_2$  en fonction de  $T_1, V_A$  et  $V_B$ .

- 6) Exprimer le travail  $W_{0,1}$  et le travail  $W_{1,2}$  reçus par le gaz lors des transformations 01 et 1-2 en fonction de  $P_1$ ,  $V_B$  et  $V_A$ .
- 7) Quelles sont les natures des transformations de 2 à 3 et de 3 à 0 ?
- 8) Exprimer les travaux  $W_{2,3}$  et  $W_{3,0}$  en fonction de  $P_0$ ,  $V_B$  et  $V_A$ .
- 9) Exprimer puis calculer le travail  $W$  échangé par le système avec l'extérieur au cours du cycle, en fonction de  $m$ ,  $g$ ,  $V_A$ ,  $V_B$ , et  $S$ . Commenter le signe de  $W$ .
- 10) Tracer l'allure du diagramme de Clapeyron d'un cycle.
- 11) Retrouver l'expression du travail  $W$  avec le diagramme.

## Exercice 2 : Cycle de Sterling et méthanisation

Ce cycle est utilisé afin de convertir de l'énergie thermique issue de la méthanisation en énergie mécanique. Celle-ci alimentera ensuite un alternateur et pourra également stocker de l'énergie sous forme thermique selon le schéma suivant :



Processus de méthanisation (@Connaissance des Énergies)

Le fluide subit un cycle au contact de deux sources idéales de température  $T_F$  et  $T_C$ . On considère  $n=2 \text{ mol}$  d'air assimilable à un gaz parfait subissant le cycle de transformations suivant :

- Une compression isotherme du fluide à la température  $T_0 = 300 \text{ K}$  amenant de l'air du volume  $V_M = 3 \text{ L}$  au volume  $V_m = 0,5 \text{ L}$
- Un échauffement isochore jusqu'à la température  $T_1 = 400 \text{ K}$
- Une détente isotherme
- Un refroidissement isochore

- 1) Représenter le cycle sous la forme d'un diagramme de Clapeyron.
- 2) Donner les signes de  $\Delta S$  pour chaque transformation. Tracer le cycle dans le diagramme entropique ( $S$ ,  $T$ ). Tips : vous utiliserez la formule de l'entropie suivante :  $S = c_V \ln T + R \ln V + S_0$  lorsque cela est nécessaire.
- 3) A partir d'une analyse qualitative, surligner en rouge les transformations au contact de la source chaude et en bleu celles au contact de la source froide sur ces deux diagrammes.
- 4) Définir puis exprimer, en fonction éventuellement de  $\gamma$ ,  $T_0$ ,  $T_1$  et  $a = V_M/V_m$ , le rendement du moteur.
- 5) Montrer à l'aide d'un bilan entropique la nature irréversible de cycle.

Données pour l'air (grandeurs molaires) :  $c_p - c_v = R$  ;  $\gamma = 1,4$