Sujet d'examen PS82/ER41 Automne 2023
P239- 19/01/2024 – 8H/9H30
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

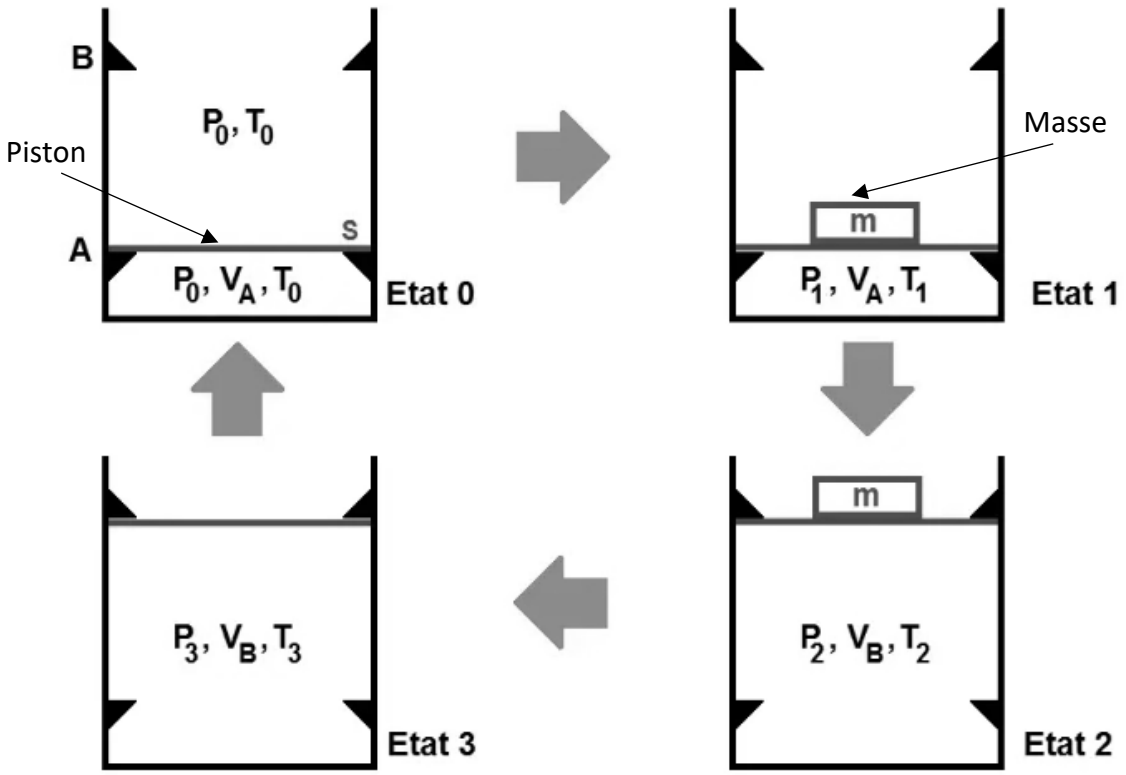
On considère un cylindre aux parois athermanes (i.e. qui ne transmettent pas la chaleur) fermé par un piston. Le piston, de section S et de masse négligeable, peut glisser sans frottement entre 2 cales A et B.

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.



<u>Données</u> :
V_B = 1,0 L, V_A = 330 mL
T_0 = 300 K, P_0 = 1,0 bar
m = 10 kg, S = 100 cm^2, g = 10 m.s^{-2}, R = 8,314 J.K^{-1}.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'équilibre 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.

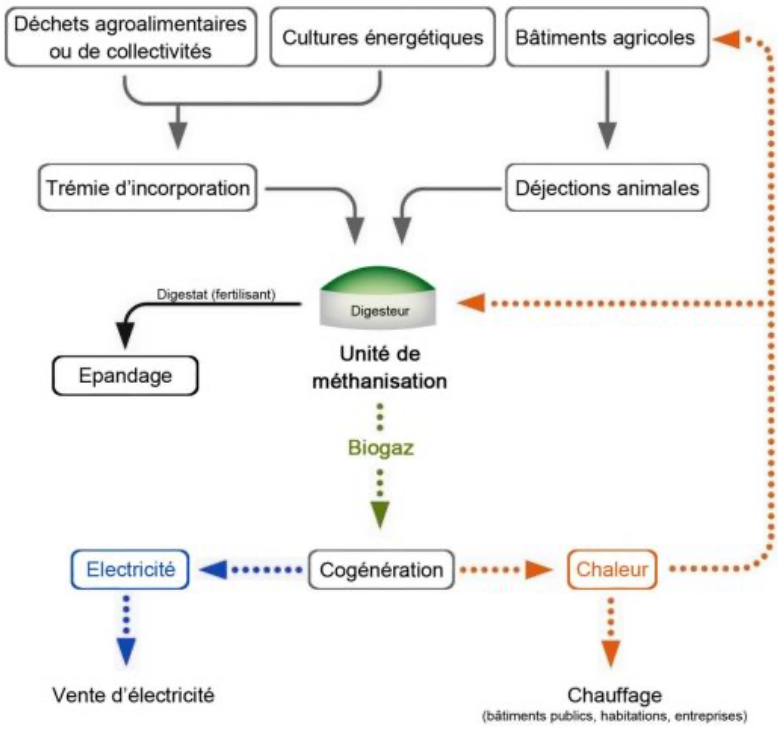
9) Exprimer puis calculer le travail W échangé par le système avec l'extérieur au cours du cycle, en fonction de m, g, V_A, V_B, et S. Commenter le signe de W.

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 $n= 2\ mol$ d'air assimilable à un gaz parfait subissant le cycle de transformations suivant :

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

1) Représenter le cycle sous la forme d'un diagramme de Clapeyron.
2) Donner les signes de ΔS pour chaque transformation. Tracer le cycle dans le diagramme entropique (S, T). Tips : vous utiliserez la formule de l'entropie suivante : $S=c_V.lnT+R.lnV+S_0$ 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 γ, 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) : $c_P-c_V=R$; $\gamma = 1,4$