

**ER41 : Physique pour l'énergie - Final Printemps 2015**

Durée : 2h. Documents papiers et électroniques non autorisés, Les réponses se feront sur le sujet. Calculatrices autorisées. Le barème est donné à titre indicatif.

---

---

NOM :

Signature :

PRENOM :

---

---

**1 Quelques petites questions. Entourez la ou les bonne(s) réponse(s) (2 pts)**

a) L'entropie est une forme d'énergie stockée dans le système :

vrai faux

b) Un système en équilibre possède nécessairement une entropie minimale :

vrai faux

c) L'entropie d'un système ne peut qu'augmenter :

vrai faux

d) La variation d'entropie d'un système entre deux états d'équilibre est identique que la transformation soit réversible ou irréversible :

vrai faux

e) L'entropie d'échange d'un système isolé est toujours nulle :

vrai faux

f) Une transformation caractérisée par une entropie produite négative est :

- irréversible
  - impossible spontanément
  - réversible
  - adiabatique
- 
-

## 2 Transformations réversibles d'un gaz parfait (7 points)

Considérons les données suivantes :

- 25 g de gaz parfait diatomique ( $\gamma = 1,4$ )
- A et B sont sur une même isotherme
- B et C sont sur une même isobare
- B et D sont sur une même isochore
- A, C et D sont sur une même adiabatique
- A est à l'intersection de l'isotherme et de l'adiabatique
- La pression de D est plus élevée que celle de B qui est elle-même plus élevée que celle de A.

1. Dessinez dans un diagramme  $P(V)$  toutes les transformations indiquées précédemment et placez les points A, B, C et D sur le diagramme.

**Réponse :**

2. Compléter les valeurs de (P,V,T) pour l'ensemble des points dans le tableaux suivant :

GP	A	B	C	D
P (Pa)	$10^5$	$10^6$		
V (litres)	20			
T (K)	300			

3. Calculez les différentes énergies ( $\Delta U$ ,  $W$ ,  $Q$ ) échangées pendant l'ensemble des cinq transformations (1, 2, 3, 4, 5) correspondant aux chemins (AB, AC, AD, BC, BD)

GP	AB (1)	AC (2)	AD (3)	BC (4)	BD (5)
$\Delta U$ (J)					
$W$ (J)					
$Q$ (J)					

4. En déduire les valeurs des capacités thermiques massiques  $c_V$  et  $c_P$  et vérifier qu'il s'agit bien d'un gaz diatomique avec  $\gamma = 1,4$ . **Réponse :**

5. La suite de transformations ABDA forme un cycle, déterminez le travail échangé au cours de ce cycle. Est-ce un cycle moteur? **Réponse :**

6. Considérez la transformation définie par le droite AD dans le diagramme  $P(V)$ . Quelle est la quantité de chaleur fournie au système au cours de cette transformation? **Réponse :**

---

---

### 3 Compartiments à piston (4 points)

On considère un cylindre horizontal fermé, dont les parois sont isolées (calorifugées), divisé en deux compartiments par un piston mobile sans frottement.

#### 3.1 Système isolé

Dans un premier temps, **le système est isolé**. A l'état initial, on fixe le piston de manière à ce que les deux compartiments contiennent le même volume  $V_0 = 2$  litres d'air (gaz parfait,  $\gamma = 1,4$ ) à la température  $T_0 = 300K(27 \text{ deg } C)$ . Dans le compartiment de gauche, la pression est  $P_0 = 1$  bar et dans celui de droite, elle est de  $2.P_0$ .

On libère ensuite le piston mobile (on admet que le déplacement s'effectue de façon quasistatique). A l'état final, lorsque l'équilibre est établi, il règne la même pression dans les deux compartiments.

1. Déterminez les volumes  $V_1$  et  $V_2$  de chaque compartiment à l'équilibre. **Réponse :**

2. Calculez la pression finale  $P_1$  de l'air en fonction de  $P_0$  et du rapport des capacités thermiques massiques de l'air  $\gamma$ . **Réponse :**

3. Calculez les températures finales  $T_1$  et  $T_2$  dans chacun des deux compartiments. **Réponse :**

### 3.2 Système non isolé

Dans un deuxième temps, **le système n'est plus isolé**. Cette fois, l'air du compartiment de gauche reçoit de la chaleur du milieu extérieur à l'aide d'une résistance chauffante, celui de droite reste isolé. A l'état initial, les deux compartiments contiennent le même volume  $V_0 = 2$  litres d'air à la température  $T_0 = 300K$  ( $27 \text{ deg } C$ ) à la pression  $P_0 = 1$  bar. A l'état final, la pression d'équilibre est  $P_1 = 3.P_0$ .

1. Déterminez les volumes  $V_1$  et  $V_2$  de chaque compartiment à l'équilibre. **Réponse :**

2. Calculez les températures finales  $T_1$  et  $T_2$  dans chacun des deux compartiments. **Réponse :**

3. Déterminez la variation d'énergie interne de l'air  $\Delta U_1$  et  $\Delta U_2$  dans chacun des deux compartiments. En déduire l'énergie  $W$  fournie par la résistance chauffante. **Réponse :**

---

#### 4 Ça arrive (3 points)

Bob a oublié, en plein soleil, sa canette de soda qui sortait du réfrigérateur à la température de  $5\text{ }^\circ\text{C}$ . La température ambiante est de  $25\text{ }^\circ\text{C}$ . Après environ une heure, la température de la canette se stabilise à  $36\text{ }^\circ\text{C}$ .

1. Décrire les différents transferts d'énergie subis par la boisson au cours de son réchauffement. **Réponse :**

2. Lorsque la température est stabilisée, les transferts ont-ils cessés ? Justifier. **Réponse :**

3. La canette est en aluminium, sa masse est  $m_{Al} = 14g$ . Les  $300mL$  de boisson qu'elle contient peuvent être assimilés à de l'eau. Calculer la variation d'énergie interne de la canette et du liquide entre sa sortie du réfrigérateur et la stabilisation de sa température. Données :  $C = 4,18 \times 10^3 J.K^{-1}.kg^{-1}$ ;  $C = 897 J.K^{-1}.kg^{-1}$ ;  $\rho = 1,00 kg.L^{-1}$ . **Réponse :**

---

## 5 Centrale nucléaire (4 points)

En France, en 2011, environ 75 % de la production d'électricité est réalisée dans des centrales électro-nucléaires. L'énorme énergie libérée par la fission de l'uranium 235 ne peut techniquement pas être entièrement convertie en énergie électrique. Pour évacuer l'énergie non convertie, la centrale doit être équipée d'un circuit d'eau de refroidissement. Les centrales électronucléaires sont donc construites à proximité de rivières, fleuves, mers ou océans. Ce circuit de refroidissement est un élément crucial pour la sécurité, car, s'il n'est plus alimenté en eau, la température peut augmenter jusqu'à la fusion du cœur du réacteur. C'est ce qui s'est passé lors de l'accident nucléaire de Fukushima en mars 2011. Le fonctionnement d'une centrale électronucléaire est modélisé par la chaîne énergétique suivante : Le cœur du réacteur fournit à la centrale une énergie thermique  $Q$ . L'eau du circuit de refroidissement est à la température initiale  $T = 16^\circ C$  et la centrale lui fournit une énergie thermique  $Q'$ . Le travail électrique fourni par la centrale au réseau électrique est noté  $W$ . Le rendement de conversion de la centrale vaut 33 %.

1. Etablir le bilan énergétique de la centrale en précisant le signe de grandeurs qui interviennent.  
**Réponse :**

2. Comment se traduit la conservation de l'énergie lors du fonctionnement de cette centrale ?

**Réponse :**

3. Définir le rendement de conversion  $\rho$  de cette centrale électronucléaire. **Réponse :**

4. Dédire de ce qui précède l'expression du transfert thermique entre la centrale et l'eau du circuit de refroidissement en fonction de  $W$  et  $\rho$  **Réponse :**



5. Quelle est la conséquence pour l'eau du circuit de refroidissement de ce transfert thermique ? Quel impact cela a-t-il sur l'environnement ? **Réponse :**

6. En 600 s, la masse d'eau qui va circuler au contact de la centrale est  $m = 4,2 \cdot 10^4 \cdot 600 = 2,52 \cdot 10^7 \text{ kg}$ . Calculez la variation de température de cette eau. **Réponse :**

7. Comment limiter cette augmentation de température ? D'un point de vue thermodynamique pour cela est-ce important ? **Réponse :**

---

---

## 6 Question Bonus (*2 points*)

Expliquer la différence entre les réacteurs de type CANDU et les réacteurs de type REP.

---

---