

## Transformations dans un cycle de Lenoir

Soit un système thermodynamique vérifiant les conditions d'un gaz parfait et composé de  $n$  moles d'une espèce chimique. On fait subir à ce gaz un **cycle** thermodynamique constitué de trois transformations dans cet ordre :

- 1→2 Une compression **isotherme** (avec  $V_1 > V_2$ ).
- 2→3 Une dilatation **isobare**.
- 3→1 Une évolution **isochore**.

	Etat 1	Etat 2	Etat 3
Volume	$V_1$	$V_2$	•
Pression	$p_1$	•	•
Température	$T_1$	•	•

Ces transformations amènent le système dans trois états d'équilibre thermodynamique notés 1, 2 et 3, utilisés en tant qu'indice pour décrire les variables d'état ( $V, T, p$ ) du gaz. On suppose que la pression extérieure au système est égale à tout moment à la pression du gaz parfait. Compléter le tableau au fur et à mesure des réponses faites.

1. Schématiser les transformations dans un diagramme de Watt en y représentant les points 1, 2 et 3. Comme la succession des transformations forme un cycle, indiquer comment sont reliées les températures  $T_1$  et  $T_2$ , les pressions  $p_2$  et  $p_3$ , et les volumes  $V_3$  et  $V_1$  pris par le système (remplir le tableau).
2. Pour la transformation de 1 à 2, en utilisant le modèle du gaz parfait, indiquer comment sont reliés les quantités  $p_1, V_1, p_2$  et  $V_2$ .
3. Comment évolue la température pour l'étape de dilatation isobare? Utiliser le modèle du gaz parfait pour relier  $T_2, T_3, V_2$  et  $V_3$ .
4. Comment évolue la température pour l'étape d'évolution isochore 3 vers 1. Utiliser le modèle du gaz parfait pour relier  $T_3, T_1, p_3$  et  $p_1$ .

En complétant le tableau, il est possible d'exprimer le travail des forces de pression et l'énergie reçue par le système au cours du cycle **uniquement** en fonction de  $V_1, V_2, p_1$  et  $T_1$ .

5. Justifier l'utilisation de la formule

$$W_{1 \rightarrow 2} = -p_1 V_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

pour la transformation 1 → 2, et donner la signification de  $W_{1 \rightarrow 2}$ .

6. Pour exprimer en fonction de  $p_1, V_1$  et  $V_2$  l'énergie reçue par le système au cours de la dilatation isobare 2 → 3, utiliser la propriété selon laquelle, dans un diagramme de Watt, l'aire compté algébriquement sous la courbe représentant une transformation est égale à l'opposé du travail des forces de pression extérieures. Quel est le signe de l'énergie reçue par le système?
7. Déduire de cette même propriété que l'énergie reçue (toujours sous la forme du travail des forces de pression) par le système au cours de la transformation 3 → 1 est nulle.
8. Démontrer alors que le travail total des forces de pression au cours de ce cycle vérifie :

$$W_{\text{cycle}} = nRT_1 \left[ \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right) - \left(\frac{V_1}{V_2} - 1\right) \right]$$

9. Montrer comment l'étude de la fonction  $f : x \mapsto \ln(x) - (x - 1)$  permet de prévoir le signe de  $W_{\text{cycle}}$  et donc de savoir si l'énergie est reçue ( $W_{\text{cycle}} > 0$  : récepteur) ou fournie ( $W_{\text{cycle}} < 0$  : moteur) par le système. A quel domaine doit appartenir la variable  $x$  d'après l'énoncé?
10. Comme application numérique on prendra 1 mole de gaz parfait initialement à température ambiante que l'on comprime d'un facteur 2. Quelle est l'énergie reçue ou fournie par le système au bout de 10 cycles?

Correction vidéo disponible ici :



<https://www.pearltrees.com/private/id41304130/item363160108?>

passcode=45f5b6af9fa.15a5622c.cd73bbf71462d86e8e43d2f4292dec2b