

Physique Générale A

Série d'exercices 8: Fin gaz parfaits, Transferts de chaleur, changements d'état, transformations, Gaz dissous 9 décembre 2025

Remarque : les exercices au format QCM devraient être réalisables en 2 minutes environ. Des exercices plus longs sont proposés afin d'approfondir vos connaissances. Ceux-ci font toutefois partie du champ de l'examen.

1.) QCM A: Mélange de gaz

Deux réservoirs de volumes V_1 et V_2 contiennent deux quantités de gaz parfaits (gaz 1 et gaz 2) à la même pression P et température T . Si les deux réservoirs sont mis en communication pour que chaque gaz puisse occuper le volume total disponible $V_1 + V_2$ et que la température de l'ensemble est maintenue constante, la pression totale du mélange de gaz vaut:

- A. $2P$
- B. la pression totale dépend des volumes V_1 et V_2
- C. P
- D. $P/2$
- E. $P/3$

2.) QCM K': Vitesse moyenne des molécules

On connaît la pression P d'un gaz parfait monoatomique et sa masse volumique ρ . On peut affirmer que:

- A. la vitesse moyenne des molécules peut être déterminée sans autres informations.
- B. si P double et ρ est constante, alors la vitesse moyenne des molécules double.
- C. si P est constante et ρ est 4 fois plus grand, alors la vitesse moyenne des molécules diminue de moitié.
- D. si $P = 10^5$ Pa et $\rho = 1.2$ kg/m³ alors la vitesse moyenne des molécules est 500 m/s.

3.) QCM K': Sauna, humidité et température du bulbe humide

Une personne va dans le sauna aux Bains des Pâquis. La *température du bulbe humide* est définie comme la température atteinte par une surface mouillée lorsque le refroidissement par évaporation équilibre exactement le réchauffement dû à l'air. Lorsqu'il jette de l'eau sur les pierres chaudes, on peut affirmer que:

- A. La température du sauna diminue (en supposant que la puissance du poêle reste constante).
- B. La température du bulbe humide diminue.
- C. La personne va commencer à transpirer davantage.
- D. Si la température du bulbe humide atteint la température du corps humain, la personne ne peut plus réguler sa température interne.

4.) **QCM A, Or dans l'eau :**

On plonge un lingot d'or (12,4 kg) à température ambiante (300 K) dans 1kg d'eau à 10°C et on isole l'ensemble dans un calorimètre. On constate que la température de l'eau augmente jusqu'à atteindre 14,66°C, puis reste à cette température. Sachant que la capacité calorifique massique de l'eau est de 4185 J.K⁻¹.kg⁻¹ on déduit que la capacité calorifique massique de l'or est de (1 cal = 4,186 J):

- A. 129 cal.K⁻¹.kg⁻¹
- B. 12,9 J.K⁻¹.kg⁻¹
- C. 30,8 cal.K⁻¹.kg⁻¹
- D. 1 J.K⁻¹.kg⁻¹
- E. 40 cal.K⁻¹.kg⁻¹

5.) **QCM K', Mélange Glace-Mercure:**

On mélange 1 kg de mercure à 100°C et 40 g de glace à 273,15 K, sous une pression atmosphérique normale. Après un temps suffisamment long on observe que toute la glace a fondu. On sait que la chaleur latente de fusion de la glace est de 334 kJ.kg⁻¹ et que la chaleur massique de l'eau liquide et du mercure sont respectivement de 4185 J.K⁻¹.kg⁻¹ et 133,6 J.K⁻¹.kg⁻¹. On peut affirmer que:

- A. La chaleur reçue par le mercure est positive, $Q_{\text{reçue,Hg}} > 0$.
- B. La chaleur cédée par le mercure est inférieure à la chaleur à fournir pour faire fondre la glace.
- C. La température finale est de 0°C.
- D. Si la masse de la glace était plus petite, la température finale serait plus haute.

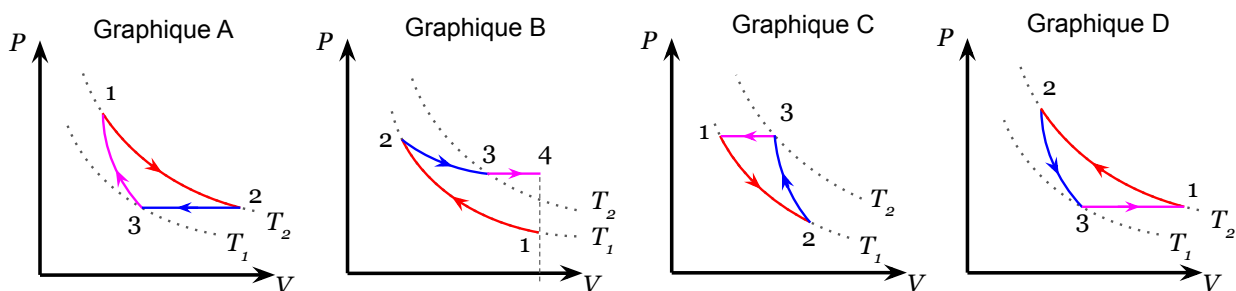
6.) **QCM A, Compression adiabatique :**

On diminue le volume initial d'un gaz parfait d'un facteur 2 lors d'une transformation adiabatique. Durant ce processus, le gaz reçoit un travail de 200 J. On peut affirmer que :

- A. L'énergie interne du gaz a augmenté de 200 J.
- B. L'énergie interne du gaz a diminué de 200 J.
- C. L'énergie interne du gaz n'a pas changé.
- D. Le gaz a fourni 200 J de chaleur.
- E. Le gaz a reçu 200 J de chaleur.

7.) **QCM K', Transformations d'un gaz parfait :**

Une quantité $n = 1$ mol de gaz parfait subit successivement 3 transformations. Tout d'abord, du point 1 au point 2, le gaz subit une compression isotherme. Puis, du point 2 au point 3 le gaz subit une détente adiabatique. Enfin, le gaz subit une transformation isobare, qui le ramène à son volume initial. Le(s)quel(s) des graphes ci-dessous représente(nt) fidèlement la transformation ?

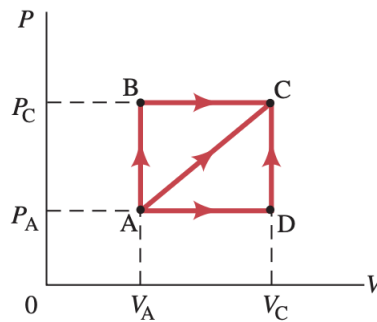


8.) QCM K': Travail d'un gaz sur un diagramme $P-V$

On considère un gaz idéal passant de l'état $A = (V_A, P_A)$ à l'état $C = (V_C, P_C)$ avec $V_C > V_A$ et $P_C > P_A$. Trois chemins possibles sont représentés: $A \rightarrow D \rightarrow C$, $A \rightarrow B \rightarrow C$, et un chemin diagonal direct entre A et C .

On peut affirmer que:

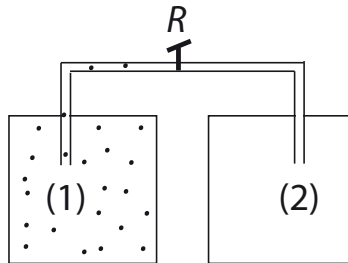
- A. Le travail effectué par le gaz est le plus grand pour le chemin $A \rightarrow B \rightarrow C$.
- B. Le travail effectué par le gaz est nul lors des segments verticaux ($A \rightarrow B$ ou $D \rightarrow C$).
- C. Le travail effectué le long du chemin diagonal est compris entre les travaux effectués sur les deux chemins rectangulaires.
- D. Les trois chemins relient les mêmes états A et C , donc la variation d'énergie interne est la même pour ces trois transformations.



9.) QCM A, Énergie interne :

Deux récipients aux parois rigides et thermiquement isolantes peuvent être mis en contact en ouvrant un robinet R. Initialement, le récipient (1) contient un gaz parfait G et le récipient (2) est vide. Le robinet est ouvert à un temps t et le gaz se détend dans le récipient (2). La variation d'énergie interne du gaz G, du temps t à la fin de la transformation:

- A. est positive.
- B. est nulle.
- C. dépend du volume du premier récipient.
- D. dépend du volume du deuxième récipient.
- E. dépend de la pression initiale du gaz G.



10.) QCM A, Désorption:

En haut d'une station de ski, où la température atteint 0°C , une personne boit la moitié de la bouteille d'un litre de soda, contenant 3.6 g/litre de CO_2 . Dans l'estomac à 37°C , on suppose que le soda est en équilibre avec une pression de gaz de 1 atm qui ne contient que du CO_2 . On donne les solubilités de

l'eau (que l'on assimile identiques à celles du soda) $K_{\text{CO}_2}^{\text{eau}}(0^\circ\text{C}) = 3.1 \text{ g/litre/atm}$, $K_{\text{CO}_2}^{\text{eau}}(37^\circ\text{C}) = 1.1 \text{ g/litre/atm}$ et les volumes molaires $V_M(0^\circ\text{C}) = 22.4 \text{ litres/mol}$, $V_M(37^\circ\text{C}) = 25.4 \text{ litres/mol}$ dans les conditions de pression et d'humidité qui nous intéressent, et la masse molaire du CO_2 $M_{\text{CO}_2}^{\text{mol}} = 44 \text{ g/mol}$. On peut affirmer que le volume de CO_2 libéré dans l'estomac à cette pression de 1 atm est de:

- A. 0.13 litre
- B. 0.52 litre
- C. 0.72 litre
- D. 1.52 litres
- E. 2 litres

11.) **QCM K': Diffusion et dissolution d'un gaz dans un liquide**

On considère un gaz A diffusant dans un liquide B sur une distance caractéristique L . Le coefficient de diffusion vaut $D_{AB} = 1.0 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$. La pression partielle du gaz au-dessus du liquide est soudainement modifiée, de sorte que la concentration de saturation du gaz dissous passe d'une valeur initiale $c_{A,i}^{B,\text{sat}}$ à une valeur finale $c_{A,f}^{B,\text{sat}}$.

On peut affirmer que:

- A. Après un temps égal au demi-temps caractéristique de diffusion, la concentration dissoute a atteint la moitié de l'écart entre les valeurs initiale et finale.
- B. Si l'on augmente la distance caractéristique L de diffusion par un facteur 3, le demi-temps de diffusion augmente par un facteur 9.
- C. Au bout de $t = 1000 \text{ s}$, la distance moyenne parcourue par les molécules de gaz dans le liquide est de l'ordre du micromètre.
- D. Si le coefficient de diffusion D_{AB} est plus grand, l'établissement de la nouvelle concentration de saturation est plus rapide.

12.) **Approfondissement, Moteur de Stirling :**

Le moteur de Stirling est assez remarquable, de par son fonctionnement n'impliquant ni explosion, ni échange de matière avec l'extérieur. Ce moteur génère du mouvement en mettant successivement un gaz en contact avec deux sources de chaleur, l'une froide à température T_F , et l'autre chaude à température $T_C > T_F$. On peut par exemple prendre l'air ambiant à $T_F = 293\text{K}$, et une flamme à $T_C = 1500\text{K}$, comme montré sur la photographie ci-dessous.

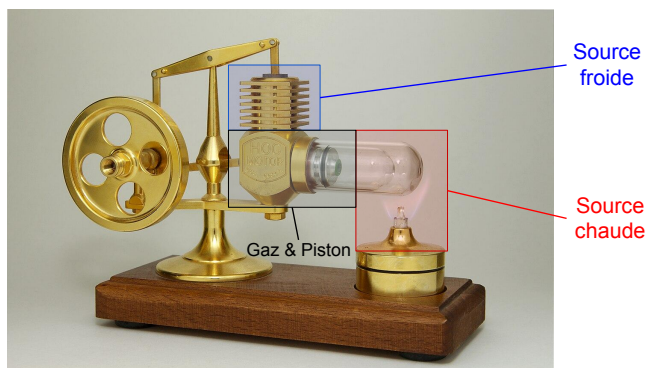


Figure 1: Moteur de Stirling utilisant une flamme comme source chaude et l'air ambiant comme source froide.

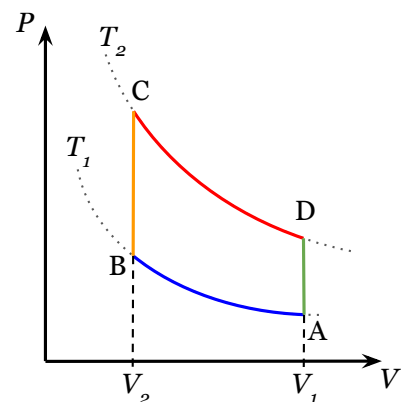


Figure 2: Diagramme PV montrant le cycle d'un moteur de Stirling.

Au cours d'un cycle, le gaz du moteur subit successivement les transformations suivantes:

1. Le gaz est mis en contact avec la source chaude, où il subit un échauffement isovolumique l'amenant à la température T_C ,
2. Toujours en contact avec la source chaude, le gaz subit une détente isotherme,
3. Le gaz est mis en contact avec la source froide, où il subit un refroidissement isovolumique l'amenant à la température T_F ,
4. Toujours en contact avec la source froide, le gaz subit une compression isotherme, qui le ramène à son état initial.

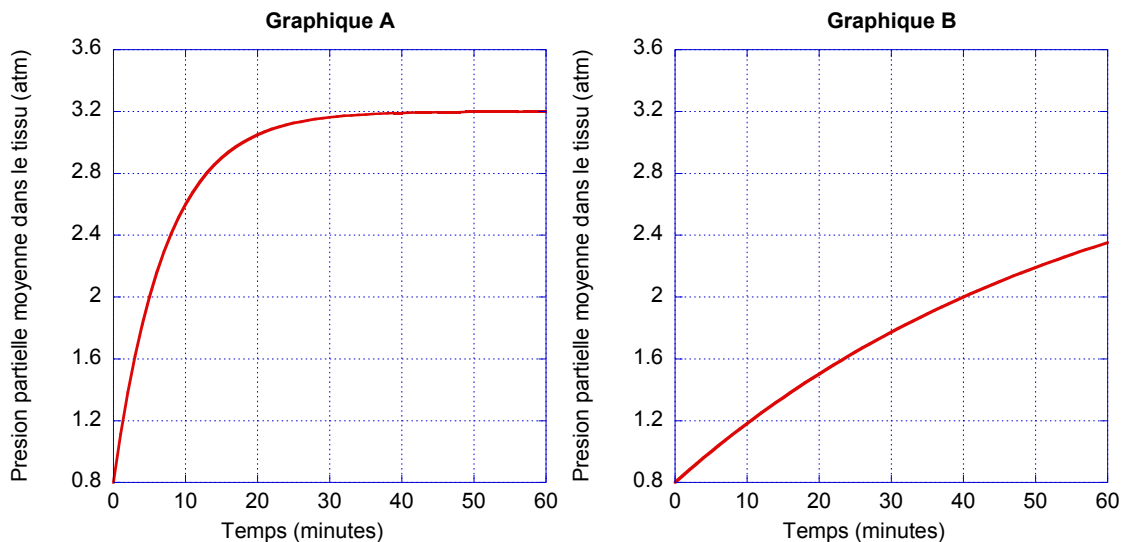
On considère ici une quantité $n = 1\text{mol}$ d'un gaz parfait monoatomique. On rappelle la valeur de la constante des gaz parfaits $R = 8.314\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

- A. Sur le diagramme PV en figure 2, identifiez les différentes transformations subies par le gaz, les isothermes T_C et T_F , ainsi que le sens de parcours du cycle.
- B. Calculez la variation d'énergie interne du gaz lors de chacune des 4 transformations. Quelle est la variation totale d'énergie interne après un cycle du moteur ? Commentez.
- C. Lors de la transformation BC, que vaut le travail reçu par le gaz ? Que vaut la chaleur reçue ?
- D. Mêmes questions pour la transformation DA.
- E. Lors de la transformation CD, indiquez si le travail est reçu ($W > 0$) ou fourni ($W < 0$) par le gaz. Même question lors de la transformation AB.
- F. Au total sur un cycle du moteur de Stirling, indiquez si du travail a été reçu ou fourni par le gaz.
- G. En utilisant le 1er principe de la thermodynamique, commentez sur ce qui a permis de créer ce travail.

Démonstration : <https://www.youtube.com/shorts/7NR9r3WtNc0>

13.) Exercice, Plongée sous-marine :

Un plongeur descend rapidement en profondeur avec un mélange d'air standard, en un temps négligeable devant les demi-temps étudiés dans la suite. Lors de plongée en eaux profondes, afin de permettre la respiration du plongeur, la pression d'air (80 % azote, 20 % oxygène) qui alimente le plongeur s'adapte à la pression totale subie par le plongeur. On considère la diffusion de N_2 dans deux tissus : le cerveau et la peau. L'enregistrement de la pression partielle de N_2 dans ces deux tissus est donné sur les graphiques ci-dessous.



- A. Sachant que le temps caractéristique de diffusion $T_{1/2}$ du cerveau est bien plus courte que celle de la peau, identifiez quel graphique correspond à chaque tissu.

- B. D'après les graphiques, estimez les temps caractéristiques de diffusion $T_{1/2}$ du cerveau et de la peau.
- C. Quelle profondeur a atteint le plongeur? On considèrera $g = 10 \text{ m/s}^2$.

La narcose à l'azote, aussi nommée ivresse des profondeurs, est due à l'excès d'azote et agit sur le système nerveux en entraînant des troubles du comportement et peut survenir à partir d'une pression partielle d'azote dans les poumons de 3 atm.

- D. Le plongeur court-il un risque à cette profondeur?

On considère maintenant la diffusion de N_2 dans un tissu de la moelle épinière qui a une période $T_{1/2}$ de 10 minutes. On définit le coefficient de saturation

$$R = \frac{P_{N_2}^{\text{tissu}}}{P_{N_2}^{\text{gaz}}}.$$

- E. Que vaut la pression partielle moyenne d'azote dans ce tissu après 10 min? Que vaut le coefficient de saturation R ?
- F. À l'équilibre, qu'en est-il de la pression partielle d'azote dans le tissu et du coefficient de saturation R ?
- G. Au bout de combien de temps $R = 2$?

On considère finalement la phase de remontée du plongeur.

- H. Comparez l'évolution de R dans la phase de remontée à la phase de plongée.
- I. Quelle phase est dangereuse pour le plongeur, et pourquoi?
- J. Au-delà de quelle profondeur une remontée rapide en surface peut-elle être dangereuse? (on considère que le risque apparaît lorsque $R > 2$)

Réponses:

- 1.) C
- 2.) Vrai, Faux, Vrai, Vrai
- 3.) Vrai, Faux, Vrai, Vrai
- 4.) C.
- 5.) A. Faux, B. Faux, C. Vrai, D. Vrai.
- 6.) A.
- 7.) A. Faux, B. Faux, C. Faux, D. Vrai
- 8.) Vrai, Vrai, Vrai, Vrai
- 9.) B.
- 10.) C
- 11.) Vrai, Vrai, Faux, Vrai
- 12.) A. $AB = 4$, $BC = 1$, $CD = 2$, $DA = 3$, $T_1 = T_F$, $T_2 = T_C$, le diagramme est parcouru dans le sens horaire.
B. $\Delta U_{CD} = \Delta U_{AB} = 0$, $\Delta U_{BC} = 15\text{kJ}$, $\Delta U_{DA} = -15\text{kJ}$, $\Delta U_{BCDAB} = 0$.
C. $W_{BC} = 0$, $Q_{BC} = 15\text{kJ}$.
D. $W_{DA} = 0$, $Q_{DA} = -15\text{kJ}$.
E. $W_{CD} < 0$, $W_{AB} > 0$.
F. $W_{BCDAB} < 0$.
G. $-W_{BCDAB} = Q_{BCDAB}$.
- 13.) A. Graphique A: cerveau; graphique B: peau
B. $T_{1/2,\text{cerveau}} = 5 \text{ min}$ et $T_{1/2,\text{peau}} = 40 \text{ min}$
C. 30 m
D. Oui
E. $P_{N_2}^{\text{tissu}}(t = 10 \text{ min}) = 2 \text{ atm}$; $R = 0.625$
F. $P_{N_2}^{\text{tissu}} = 3.2 \text{ atm}$; $R = 1$
G. Jamais!
H. Hors équilibre: $R < 1$ en phase de plongée et $R > 1$ en phase de remontée
I. La remontée
J. 10 m