

Thermodynamique, mécanique et chimie**Extrait de l'entête des sujets de la banque PT :**

La **présentation**, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la **rédaction**, la **clarté et la précision** des raisonnements entreront pour une **part importante** dans l'**appréciation des copies**. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte. Les candidats sont invités à encadrer les résultats de leurs calculs.

CONSIGNES :

- Composer lisiblement sur les copies avec un stylo à bille à encre foncée : bleue ou noire.
- L'usage de stylo à friction, stylo plume, stylo feutre, liquide de correction et dérouleur de ruban correcteur est interdit.

Problème 1 : Le chlorure de sodium (banque PT)

Le chlorure de sodium solide NaCl est un produit secondaire de la synthèse de l'eau de Javel. Dans ce cristal ionique les ions chlorures forment un arrangement cubique à faces centrées et les cations sodium occupent tous les sites octaédriques.

Données :

Le paramètre de la maille $a = 600 \text{ pm}$.

Masses molaires : $M_{\text{Na}} = 23 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_{\text{Cl}} = 35 \text{ g.mol}^{-1}$.

Constante d'Avogadro : $N_a = 6.10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Q8. Représenter en perspective la maille de NaCl en différenciant les ions. Vous indiquerez précisément la localisation des sites octaédriques.

Q9. Déterminer le nombre de motif par maille puis coordinence du sodium et du chlore.

Q10. Donner un ordre de grandeur de la masse volumique de NaCl.

Q11. Ecrire la relation de tangence des anions et des cations.

Q12. En considérant que les anions ne doivent pas être tangents, donner l'inégalité vérifiée par le rayon des anions chlorures.

Q13. Dédurre des deux relations précédentes la valeur limite de $\frac{r_{\text{Na}^+}}{r_{\text{Cl}^-}}$.

Problème 2 : Le cycle de Diesel

Une mole de gaz parfait diatomique subit les transformations *lentes* suivantes :

- état (1) \rightarrow état (2) : compresseur adiabatique ;
- état (2) \rightarrow état (3) : dilatation isobare ;
- état (3) \rightarrow état (4) : détente adiabatique ;
- état (4) \rightarrow état (1) : refroidissement isochore.

On note γ le rapport, supposé constant et égal à 1,4, des capacités thermiques molaires isobare et isochore du gaz.

On note $a = \frac{V_1}{V_2}$ et $b = \frac{V_4}{V_3}$ les rapports volumétriques des évolutions adiabatiques.

1) a) Déterminer les expressions littérales de P_2 , P_3 et P_4 en fonction de a , b , γ et P_1 .

b) Faire de même avec V_2 , V_3 et V_4 en fonction de a , b , γ et V_1 .

On justifiera très soigneusement, pour ces deux questions, les expressions établies.

c) Compléter le *tableau* des valeurs numériques ci-dessous :

état	P (bar)	V (dm ³)	T (K)
(1)	1		300
(2)			
(3)			
(4)			

Données : $a = 9$; $b = 3$; $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

d) Tracer, dans les coordonnées de Clapeyron, le cycle étudié.

On prendra comme échelles : 0,5 cm/1 dm³ et 0,5 cm/1 bar.

2) a) Donner les expressions littérales des transferts thermiques échangés au cours des différentes transformations.

b) Faire de même pour les travaux.

c) Compléter le *tableau* ci-dessous :

transformation	Q (J)	W (J)
état (1) → état (2)	0	
état (2) → état (3)		
état (3) → état (4)	0	
état (4) → état (1)		

d) Vérifier, aux approximations d'applications numériques près, le bilan énergétique du cycle.

3) a) Proposer une expression du rendement r , d'un moteur fonctionnant suivant ce cycle, en fonction des travaux et transferts thermiques échangés.

Faire l'application numérique avec les résultats du 2).

b) Donner l'expression de ce rendement en fonction de a , b et γ .

Vérifier l'application numérique précédente avec les données du texte.

Problème 3 : Accélérateur de particules, le cyclotron

Un cyclotron comporte deux demi-boîtes cylindriques métalliques creuses ou « D », séparées par un intervalle, entre lesquelles on établit une tension u sinusoïdale de fréquence convenable f . Les « D » sont situés dans l'entrefer d'un électroaimant qui fournit un champ d'induction \mathbf{B} uniforme parallèle aux génératrices des « D ».

On injecte des protons ($m = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $q = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) dans une direction perpendiculaire à \mathbf{B} , avec une vitesse initiale négligeable. On donne $B = 1,5 \text{ T}$.

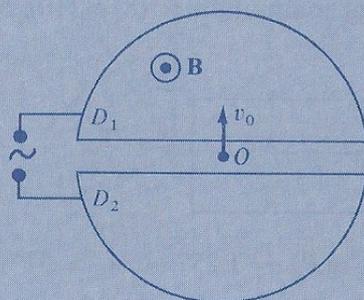


Fig. VI-8.

1) Quelle doit être la fréquence f de la tension u pour que le proton soit accéléré (pendant un temps très court) à chaque passage entre les « D » ?

2) La tension atteint sa valeur maximale $U = 200 \text{ kV}$.

a) Déterminer en fonction de n le rapport des rayons des deux demi-cercles consécutifs numérotés n et $n + 1$, si le premier demi-cercle décrit après la première accélération porte le numéro 1.

b) Calculer le rayon de la trajectoire après 1 tour (2 passages entre les D) et après 10 tours.

3) Le rayon de la dernière trajectoire décrite par les protons accélérés avant de bombarder une cible est $R_m = 35 \text{ cm}$; déterminer :

a) l'énergie cinétique du proton avant le choc,

b) le nombre de tours décrits par le proton après sa première accélération.

N.B. : On traitera le problème dans le cadre de la mécanique non relativiste.