

EXERCICES sur THERMODYNAMIQUE

Exercice 1 : BTS TP 90

I. STOCKAGE SOUTERRAIN DE GAZ NATUREL

Dans la région Parisienne, l'E.D.F. a réalisé sur le site de Beynes un tel stockage. Le réservoir est à une profondeur moyenne de 430 m et le gaz y est injecté sous la pression $P = 4,9 \text{ MPa}$. La température est de 30°C et on estime le volume du site à $10,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Le gaz naturel peut être assimilé à un gaz parfait : constante $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Le volume molaire sous une pression de 10^5 Pa à la température de 0°C vaut :

$$V = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$$

1) Quel est le volume total de gaz pris dans les conditions normales (10^5 Pa , 0°C) que l'on pourra injecter dans ce réservoir ?

2) Une partie seulement du gaz injecté peut être exploitée. Cette partie exploitable qui occupe à 0°C sous une pression $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$ un volume égal à $220 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ est appelée "respiration du réservoir".

a) Calculez le volume occupé par ce gaz à 30°C sous la pression $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$.

b) Ce gaz est injecté dans le réservoir en période estivale par une compression isotherme quasi-statique à la température de 30°C qui porte la pression du gaz de $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$ à $P_r = 4,9 \text{ MPa}$. Calculez le travail nécessaire pour effectuer cette compression.

c) Si le gaz est comprimé pendant 150 jours à raison de 16 h par jour, quelle est la puissance des compresseurs que l'on doit installer ?

3) Pendant la saison hivernale on prélève le gaz avec un débit de $5890 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (volume mesuré dans les conditions de stockage ($4,9 \text{ MPa}$ et 30°C)).

Ce gaz est détendu au cours d'une transformation adiabatique jusqu'à la pression finale de $2,5 \text{ MPa}$. On donne le rapport des chaleurs massiques du gaz à pression et volume constants : $\gamma = 1,3$

a) Expliquez ce qu'est une transformation adiabatique.

b) Calculez le débit volumique horaire et la température du gaz après la détente.

II. PREPARATION D'UN SITE DE STOCKAGE

Sur un autre site, à Tersanne dans la Drome, on désire réaliser une cavité dans un gisement de sel par lessivage. Pour cette opération il est nécessaire de constituer une réserve d'eau douce à la surface du site. On pompe l'eau dans une nappe aquifère située à une profondeur supérieure à 100 m. La masse volumique de l'eau est $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

1) Pourrait-on, pour extraire l'eau, placer une pompe aspirante située au niveau des installations de surface ? Justifiez votre réponse.

2) En réalité on immerge une pompe refoulante au niveau de la nappe aquifère. L'eau est évacuée avec un débit de $83 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ par une canalisation de rayon 4 cm.

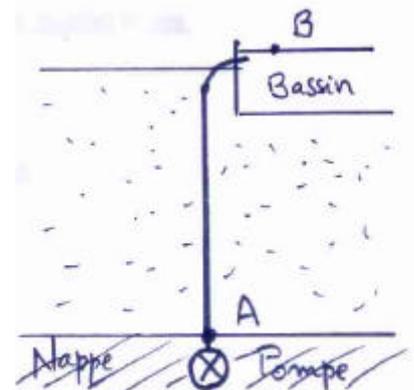
Quel est le débit massique de la pompe exprimé en $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$?

Quelle est la vitesse d'écoulement de l'eau ?

3) A la sortie de la pompe (point A) la pression effective est de $16,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. On admet que l'eau arrive dans le réservoir (point B) à la pression atmosphérique.

Calculez la profondeur à laquelle est placée cette pompe ?

$g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ et on suppose que l'eau est dénuée de toute viscosité.



Exercice 2 : Calculer la puissance d'une pompe servant à comprimer de façon quasi-statique à la température constante de 0°C un volume de 1 m^3 d'air par minute de 1 bar à 3,5 bar .

Exercice 3 : on fait subir une compression quasi-statique adiabatique à 1 L de diazote ($\gamma = 1,4$) pris dans les conditions normales de température et de pression, avec un rapport volumétrique de 1,9 .

Calculer :

1. La pression finale
2. La température finale
3. Le travail reçu par le gaz

Exercice 4 : BTS EEC 92

Une machine thermique met en jeu un gaz parfait de masse $m = 136,6\text{ g}$ et lui fait décrire le cycle suivant :

- ⇒ **COMPRESSION ADIABATIQUE RÉVERSIBLE** de l'état A (P_A, V_A, T_A) vers l'état B (P_B, V_B, T_B)
- ⇒ **ECHAUFFEMENT À PRESSION CONSTANTE** de l'état B vers l'état C (P_C, V_C, T_C) au cours duquel on lui fournit une quantité de chaleur $Q_{BC} = 1,5 \cdot 10^5\text{ J}$.
- ⇒ **DÉTENTE ADIABATIQUE RÉVERSIBLE** de l'état C vers l'état D (P_D, V_D, T_D) jusqu'au volume initial V_A .
- ⇒ **DÉTENTE RÉVERSIBLE À VOLUME CONSTANT** de l'état D vers l'état A jusqu'à la pression P_A (retour à l'état initial A (P_A, V_A, T_A)).

- 1) Calculer les différents paramètres (pression, volume, température) en chaque point A, B, C, D du cycle.
- 2) Représenter ce cycle dans le diagramme de CLAPEYRON.
- 3) Calculer le travail et la quantité de chaleur échangée par le gaz au cours de chaque transformation du cycle
- 4) Calculer les variations d'énergie interne ΔU au cours de chaque transformation, puis la variation d'énergie interne sur l'ensemble du cycle ΔU_{cycle}

DONNEES : $P_A = 4 \cdot 10^5\text{ Pa}$ $V_A = 35 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$ $T_A = 350\text{ K}$
 $\gamma = 1,4$ $P_B = 20 \cdot 10^5\text{ Pa}$ $C_p = 1025\text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ $R = 8,3\text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Exercice 5 : Un cylindre vertical, de hauteur h , à parois adiabatiques, contient un gaz parfait . Il est placé dans le vide, la pression du gaz étant équilibrée par un piston étanche de masse m_0 et sans frottements. La température initiale du gaz vaut T_0 .

On pose sur le piston, progressivement, de petites masses marquées qui, au total, auront une masse m .

- 1) Que se passe-t-il ?
- 2) Calculer l'enfoncement x du piston en fonction de h, γ, m et m_0 .
- 3) Calculer la température finale T en fonction de T_0, γ, m et m_0 .

Exercice 6 : on fait subir une compression adiabatique quasi-statique à 1 L de gaz diatomique ($\gamma = 1,4$) . Au départ, on se trouve dans les conditions normales de température et de pression . Le volume final mesuré vaut $V_1 = 999,6\text{ cm}^3$.

Calculer :

- 1) la variation relative de pression
- 2) la température finale du gaz T_1 .
- 3) le travail échangé au cours de cette compression .