

BTS CHIMISTE

PHYSIQUE

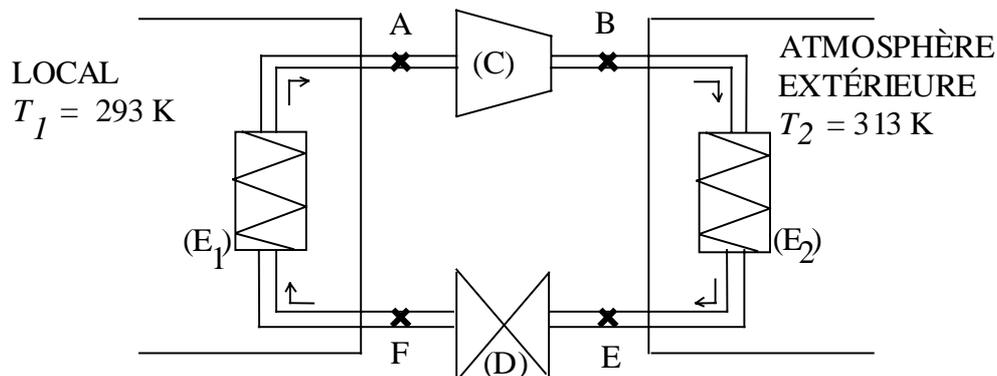
Durée : 2 h

Coefficient : 3

Calculatrice autorisée**Les deux exercices sont indépendants****PREMIER EXERCICE : REFROIDISSEMENT D'UN LOCAL**

Dans un local fermé, on souhaite maintenir une température $T_1 = 293 \text{ K}$ tandis que l'air extérieur est à la température $T_2 = 313 \text{ K}$.

Pour cela, on considère une machine frigorifique dont le schéma de principe est représenté ci-après :



Le fluide qui décrit le cycle est de l'hélium, assimilé à un gaz parfait pour lequel $\gamma = \frac{5}{3}$, la capacité thermique massique à pression constante $c_p = 5260 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ et la masse molaire $M = 4,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

Le fluide traverse successivement :

- un compresseur (C) où le fluide subit une compression adiabatique réversible qui l'amène de A (T_1, P_1) à l'état B (T_3, P_2).
- un échangeur (E_2) où la quantité de chaleur échangée entre le fluide et la source chaude est Q_2 , ce qui amène le fluide dans l'état E (T_2, P_2).
- une vanne de détente (D) où le fluide subit une détente adiabatique réversible qui l'amène dans l'état F (T_4, P_1).
- un échangeur (E_1) où la quantité de chaleur échangée entre le fluide et la source froide est Q_1 , ce qui ramène le fluide dans l'état initial A (T_1, P_1).

On donne :

$$P_1 = 2,0 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_2 = 3,0 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

1. Calculer les températures T_3 et T_4 des états B et F.
2. Donner l'allure du cycle en coordonnées (P,V) . Préciser le sens de parcours du cycle. Conclure.
3. Calculer les valeurs des quantités de chaleur Q_1 et Q_2 échangées par une masse $m = 1,0$ kg d'hélium lors de la traversée des échangeurs (E_1) et (E_2) .
4. Comme le compresseur (C) fonctionne en régime d'écoulement continu, le travail utile W_u échangé par l'hélium est égal à sa variation d'enthalpie.
 - 4.1. Déterminer le travail utile W_u échangé au cours d'un cycle par une masse $m = 1,0$ kg d'hélium.
 - 4.2. Calculer l'efficacité de l'installation : $\epsilon = \frac{Q_1}{W_u}$
5. La puissance thermique évacuée pour climatiser le local étant $P_{th} = 2,6$ kW, calculer la puissance minimale du moteur qui actionne le compresseur.
6. Calculer la masse d'hélium qui doit, par seconde, décrire le cycle afin de climatiser le local.

DEUXIEME EXERCICE : ETUDE RHEOLOGIQUE DE L'ELABORATION D'UN JUS DE FRUIT

Un jus de fruit a été élaboré en ajoutant du concentré de fruit à de l'eau sucrée.

On étudie d'abord la viscosité de l'eau sucrée qui se comporte comme un fluide newtonien, puis le comportement du jus de fruit obtenu.

1. Étude de l'eau sucrée au viscosimètre à chute de bille.

1.1. Étude du principe simplifié du viscosimètre à chute de bille.

Une bille sphérique de masse volumique ρ_s , de rayon R , est lâchée sans vitesse initiale dans un fluide de masse volumique ρ , de viscosité dynamique η .

1.1.a. Recenser les forces qui s'exercent sur la bille lors de sa chute et donner leurs caractéristiques. Les représenter sur un schéma (on rappelle la loi de Stokes : la valeur de la force de frottement F , opposée à la vitesse de chute, est égale à $6\pi\eta Rv$ où v est la vitesse de chute).

1.1.b. Montrer qualitativement que la vitesse v de la bille tend vers une valeur limite v_0 .

1.1.c. Une fois la vitesse limite v_0 établie, on mesure le temps t nécessaire pour que la bille parcoure une distance d donnée.

Établir la relation entre t , g , d , R , η , ρ et ρ_s .

1.1.d. Montrer que η peut se mettre sous la forme : $\eta = K.(\rho_s - \rho).t$ où K est une constante.

1.2. Etude pratique de l'eau sucrée.

Le certificat d'étalonnage de l'appareil précise :

$$K = 8,94 \times 10^{-8} \text{ Pa.kg}^{-1}.\text{m}^3$$

$$\rho_s = 7,88 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$$

La mesure de la masse volumique de l'eau sucrée a donné : $\rho = 1,01 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.

Le temps t de mesure est $t = 17,2 \text{ s}$.

1.2.a. L'eau sucrée se comporte comme un fluide newtonien : définir ce terme.

1.2.b. Calculer la valeur de la viscosité dynamique η de l'eau sucrée.

2. Etude rhéologique du jus de fruit.

L'étude expérimentale se fait grâce à un rhéomètre cône - plan qui permet de fixer la vitesse de déformation D (parfois notée $\dot{\epsilon}$) en réglant la vitesse de rotation du cône et de mesurer la contrainte de cisaillement τ correspondante.

2.1. Exprimer la viscosité dynamique η en fonction de D et τ .

2.2. Etude d'une charge simple : les données expérimentales sont regroupées en **annexe** dans le tableau 1 (page 5/5), à **rendre avec la copie**.

2.2.a. Compléter ce tableau en calculant la valeur de la viscosité η , exprimée en unités du Système International.

2.2.b. Indiquer comment varie η en fonction de D . Préciser le nom de ce type de comportement.

2.2.c. La courbe 1 (page 5/5) représente la variation de $\lg(\tau)$ en fonction de $\lg(D)$. Montrer que le comportement du fluide peut être modélisé par la relation : $\tau = kD^n$ où k et n sont des constantes. En déduire la valeur de n .

2.3. Etude du comportement rhéologique en fonction du temps : les données expérimentales sont regroupées dans le tableau 2.

2.3.a. Combien de phases comporte cette étude ? Préciser en quoi consiste chacune d'elles.

2.3.b. Tracer l'allure du rhéogramme $\tau = f(D)$ en précisant par une flèche le sens d'écoulement du temps (ne pas utiliser de papier millimétré pour ce graphe qui peut être approximatif).

2.3.c. Comment nomme-t-on un tel comportement ? Justifier.

ANNEXE

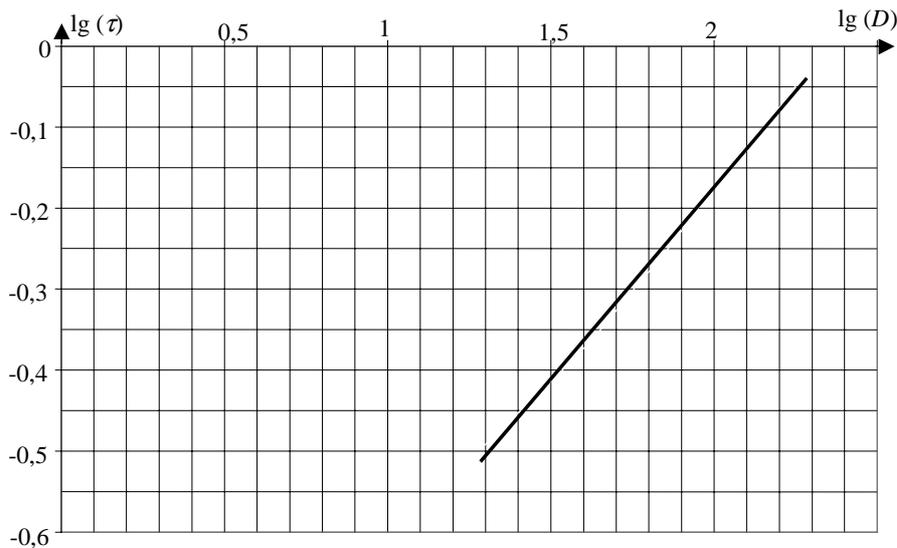
A COMPLETER ET A RENDRE AVEC LA COPIE.

Tableau 1 : étude d'une charge simple

$D (s^{-1})$	$\tau (Pa)$	$\eta (unité SI)$
19,2	0,318	
38,4	0,417	
57,6	0,504	
76,8	0,580	
96,0	0,656	
115	0,714	
134	0,767	
154	0,827	
173	0,880	
192	0,931	

Tableau 2 : étude du comportement rhéologique en fonction du temps

heure	$D (s^{-1})$	$\tau (Pa)$
10 :00 :00	38,4	0,417
10 :01 :00	76,8	0,580
10 :02 :00	115	0,714
10 :03 :00	154	0,827
10 :04 :00	192	0,931
10 :05 :00	230	1,04
10 :06 :00	192	0,928
10 :07 :00	154	0,799
10 :08 :00	115	0,675
10 :09 :00	76,8	0,537
10 :10 :00	38,4	0,346
10 :20 :00	0	0
10 :30 :00	0	0
10 :40 :00	0	0
10 :50 :00	0	0
11 :00 :00	0	0
11 :10 :00	0	0
11 :20 :00	0	0
11 :21 :00	38,4	0,417
11 :22 :00	76,8	0,580
11 :23 :00	115	0,714
11 :24 :00	154	0,827
11 :25 :00	192	0,931
11 :26 :00	230	1,04



Courbe 1 : $\lg(\tau)$ en fonction de $\lg(D)$.