

BREVET de TECHNICIEN SUPÉRIEUR  
**CONTRÔLE INDUSTRIEL et  
 RÉGULATION AUTOMATIQUE**

**SCIENCES PHYSIQUES**

▲▼▲▼▲▼▲▼▲▼▲

**U-31 Chimie-Physique industrielles**

*Durée : 2 heures*

*Coefficient : 2,5*

	Durée conseillée
Chimie industrielle	45 minutes
Physique industrielle	1 h 15

*Avant de composer, assurez-vous que l'exemplaire qui vous a été remis est bien complet. Ce sujet comporte 8 pages numérotées de 1/8 à 8/8.*

- **Chimie industrielle** : **page 2 à page 3**
- **Physique industrielle** : **page 4 à page 8**

▲▼▲▼▲▼▲▼▲▼▲

***Aucun document autorisé.***  
***Calculatrice réglementaire autorisée.***  
***Tout autre matériel est interdit.***

▲▼▲▼▲▼▲▼▲▼▲

**ATTENTION : L'ANNEXE (pages 7/8 et 8/8) EST FOURNIE**  
**en double exemplaire, un exemplaire étant à remettre**  
**avec la copie ; l'autre servant de brouillon éventuel.**

# CHIMIE INDUSTRIELLE

## Premier exercice : Bilan d'énergie dans une réaction de fission

Une centrale nucléaire type R.E.P. (Réacteur à Eau Pressurisée) utilise comme combustible de l'uranium enrichi.

Une des réactions nucléaires les plus fréquentes est représentée par :



où n est un neutron, U le symbole de l'uranium, Sr celui du strontium et Xe celui du xénon.

- 1) En énonçant les lois utilisées, déterminer a et b.
- 2) Pourquoi cette réaction peut-elle engendrer une réaction en chaîne ?
- 3) Calculer la perte de masse concernant cette réaction en unité de masse atomique.
- 4) Vérifier que l'énergie dégagée est de 135 MeV par atome d'uranium.
- 5) Calculer la quantité d'énergie W libérée par la fission d'un gramme d'uranium 235.
- 6) Calculer la masse de pétrole qui produirait la même quantité d'énergie.

### Données :

Masses :

${}_{92}^{235}\text{U}$	: 234,994 u
${}_{54}^{140}\text{Xe}$	: 139,925 u
Sr	: 93,915 u
${}_0^1\text{n}$	: 1,009 u

u est l'unité de masse atomique :  $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} / c^2 = 1,660 55 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .  
 $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

La combustion d'une masse de 1 kg de pétrole fournit 42 MJ.

## Deuxième exercice : Étude de risques liés à l'utilisation de l'oxyde d'éthylène

L'oxyde d'éthylène est utilisé dans de nombreuses industries chimiques comme matière première pour la fabrication de produits d'entretien, de peintures, de lubrifiants... C'est un gaz incolore, neurotoxique et irritant.

L'oxyde d'éthylène a pour formule brute  $C_2H_4O$ .

1. Ce gaz, comprimé sous  $P_1 = 1,25 \cdot 10^5$  Pa est stocké à  $15^\circ C$  dans une cuve cylindrique située dans un atelier de fabrication d'une usine de peinture.

### Données :

Dimensions de la cuve de stockage : Hauteur :  $H = 3$  m ; Diamètre :  $D_1 = 1,5$  m

Dimensions de l'atelier de fabrication : Longueur :  $L_2 = 10$  m ; Largeur :  $l_2 = 6$  m ;  
Hauteur :  $H_2 = 5$  m

- 1.1. Quel est le volume de la cuve de stockage ?
  - 1.2. En considérant que l'oxyde d'éthylène est un gaz parfait, calculer le nombre de moles contenu dans la cuve de stockage.  
On donne la constante des gaz parfaits :  $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$
  - 1.3. Quel volume l'oxyde d'éthylène occuperait-il dans les conditions de température et de pression suivantes :  $20^\circ C$  et  $P_2 = 1,0 \cdot 10^5$  Pa ?
  - 1.4. Quel pourcentage représente ce volume par rapport au volume de l'atelier ?
2. Mal refermée, la cuve laisse entièrement échapper l'oxyde d'éthylène dans l'atelier de fabrication. L'atelier se trouve à  $20^\circ C$  sous la pression  $P_2 = 1,0 \cdot 10^5$  Pa.

On donne pour l'oxyde d'éthylène :

- sa limite inférieure d'explosivité avec l'air LIE = 3%

- sa limite supérieure d'explosivité avec l'air LES = 100%

Y a-t-il explosion ?

3. Des employés doivent intervenir pour une réparation dans cet atelier. On appelle VLE (Valeur Limite d'Exposition) la concentration d'une substance toxique au delà de laquelle des problèmes de santé peuvent survenir. Pour l'oxyde d'éthylène  $VLE = 10 \text{ cm}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ .

- 3.1. En considérant que le mélange est homogène, calculer la concentration en  $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$  d'oxyde d'éthylène dans l'atelier.

On admettra que le nombre de moles de  $C_2H_4O$  dans l'atelier est de 276 moles.

- 3.2. Conclusion.

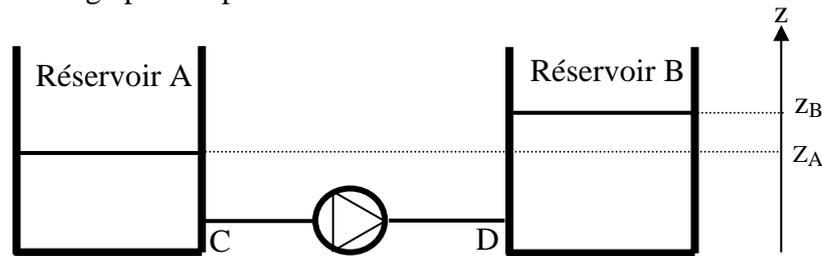
# PHYSIQUE INDUSTRIELLE

**Les deux exercices sont totalement indépendants.**

**Le document en Annexe est fourni en deux exemplaires dont l'un sera rendu avec la copie.**

## Premier exercice : Puissance utile d'une pompe

On utilise une pompe centrifuge pour déplacer de l'eau d'un réservoir A à un réservoir B.



Les caractéristiques de la conduite sont : diamètre  $D = 100$  mm, longueur  $L = 50$  m et rugosité absolue  $\varepsilon = 0,04$  mm.

La masse volumique de l'eau est  $\rho = 1\,000$  kg.m<sup>-3</sup> et sa viscosité cinématique est  $\nu = 10^{-6}$  m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>.

La pression au dessus de la surface libre des deux réservoirs est la pression atmosphérique. On pourra considérer nulles les vitesses du fluide au niveau des surfaces libres.

On exprime la perte de charge provoquée par une singularité sous la forme  $K \frac{\rho v^2}{2}$  avec  $K$  constante caractéristique de la singularité et  $v$  vitesse du fluide dans la conduite et les pertes de charge régulières par  $\lambda \frac{\rho v^2}{2} \frac{L}{D}$ . Les singularités de l'installation (C et D) sont caractérisées par des constantes  $K_C = 0,55$  et  $K_D = 1,1$ .

Par action sur la fréquence de rotation de la pompe, on maintient le débit volumique constant à la valeur  $q_V = 2\,000$  L.min<sup>-1</sup>. On considère que les pertes de charge totales  $\Delta P_C$  sont aussi constantes. On donne  $g$  (accélération de la pesanteur) =  $9,8$  ms<sup>-2</sup>.

### 1. Détermination des pertes de charges

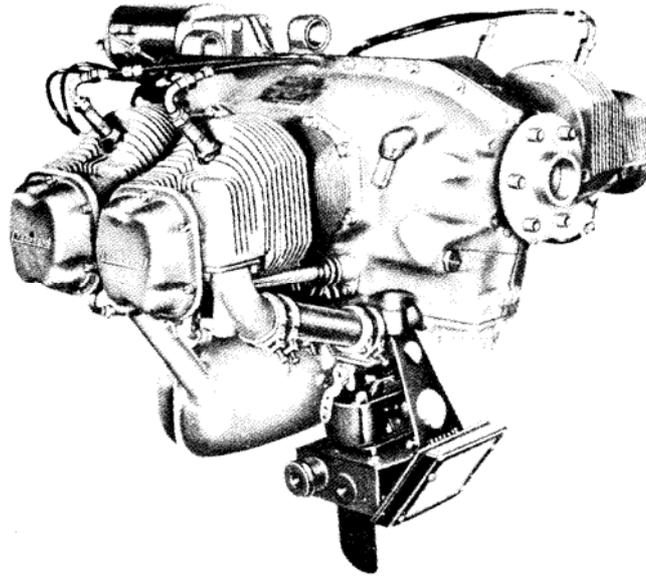
- 1.1 Calculer la vitesse  $v$  du fluide dans la conduite.
- 1.2 Calculer le nombre de Reynolds  $Re$  de l'écoulement. Qualifier le régime d'écoulement.
- 1.3 On donne en annexe le diagramme permettant la détermination du coefficient de frottement  $\lambda$  de l'écoulement. Déterminer la valeur de  $\lambda$  permettant le calcul des pertes de charge régulières.  
Écrire les étapes nécessaires au raisonnement et faire apparaître clairement le point sur le diagramme **à rendre avec la copie**.
- 1.4 Calculer les pertes de charge totales  $\Delta P_C$ .

### 2. On considère $\Delta P_C = 910$ hPa pour la suite et on se place dans la situation $z_A = z_B$ .

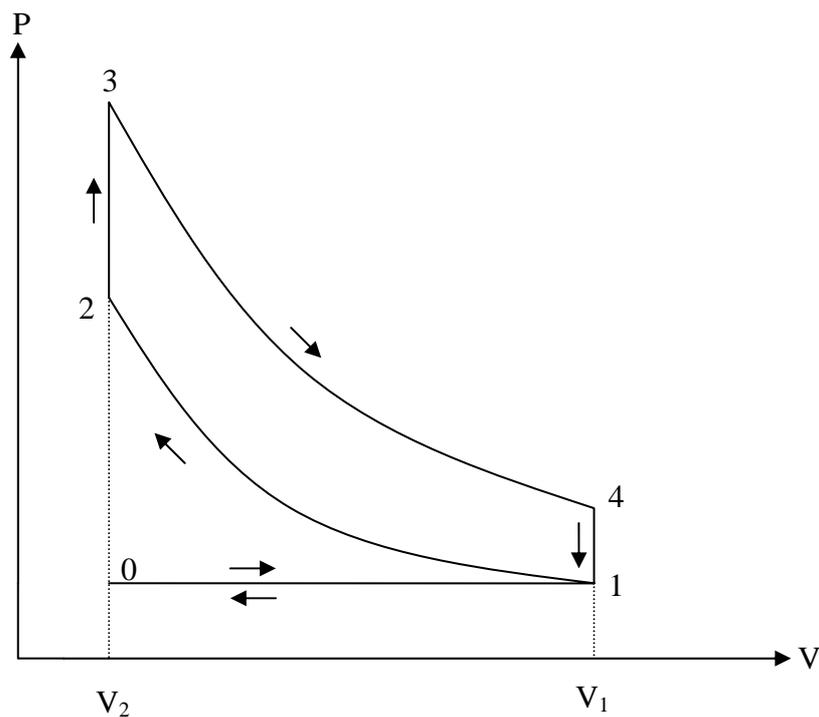
- 2.1 Démontrer à l'aide du théorème de Bernoulli généralisé, la relation entre la pression différentielle de la pompe  $\Delta P_P$  et les pertes de charge  $\Delta P_C$ .
- 2.2 Calculer la puissance utile de la pompe  $\mathcal{P}_u$ .

## Deuxième exercice : Étude d'un moteur thermique

La figure ci-dessous représente le groupe motopropulseur d'un avion léger.  
Il s'agit d'un moteur à pistons, à quatre temps, quatre cylindres opposés à plat, de cylindrée 3,3 litres



On suppose que le moteur fonctionne selon le cycle théorique de Beau de Rochas :



## Description des transformations du cycle :

0-1 : Admission à pression constante  $P_1$  du mélange air-carburant.

$$P_1 = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa} ; V_1 = 962 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 ; T_1 = 288 \text{ K}$$

1-2 : Compression isentropique du mélange.

$$\text{Le rapport volumétrique de compression est } \varepsilon = \frac{V_1}{V_2} = 7$$

2-3 : Allumage et explosion du mélange, transformation isochore.

3-4 : Détente isentropique

4-1 : Ouverture de la soupape d'échappement, transformation isochore

1-0 : Échappement isobare à  $P_1 = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

Toutes les transformations du cycle sont supposées réversibles.

L'agent thermique est l'air, supposé se comporter comme un gaz parfait.

Sa capacité thermique massique à pression constante est  $c_p = 1\,000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Sa capacité thermique massique à volume constante est  $c_v = 714 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

Le rapport  $\gamma$  des capacités thermiques massiques de l'air à pression constante et à volume constant

$$\text{est } \gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1,4.$$

La masse de carburant injecté sera négligée devant celle de l'air.

Les calculs seront menés en ne considérant qu'un seul cylindre.

- 1) Calculer la pression  $P_2$  et la température  $T_2$  en fin de compression.
- 2) La quantité de chaleur  $Q_{23}$  mise en jeu au cours de la phase 2-3, est évaluée à  $1\,500 \text{ J}$ . La masse d'air admise dans un cylindre est  $1,16 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ .  
En déduire la température  $T_3$ , puis la pression  $P_3$  en fin d'explosion.
- 3) En fin de détente on a  $P_4 = 3,9 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  et  $T_4 = 1\,115 \text{ K}$ .  
En déduire la quantité de chaleur  $Q_{41}$  mise en jeu au cours de la phase 4-1.
- 4) Montrer que la quantité de chaleur mise en jeu au cours du cycle est voisine de  $810 \text{ J}$ .
- 5) Déterminer l'énergie mécanique  $W_{\text{cycle}}$  correspondante (on justifiera le résultat).



**CAE3CI**

**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**