



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la  
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

**Campagne 2013**

# BTS Hygiène / Propreté / Environnement

## SCIENCES PHYSIQUES

SESSION 2013

---

Durée : 2 heures  
Coefficient : 3

---

**Matériel autorisé :**

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999)

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet se compose de 5 pages, numérotées de 1/5 à 5/5.

Le sujet comporte 2 parties indépendantes (Physique – Chimie).

---

Il sera tenu compte de la présentation.

BTS Hygiène Propreté et Environnement		Session 2013
Sciences-Physiques	Code : HPE1SC	Page : 1/5

## - CHIMIE - (11,5 points)

### Les deux exercices sont indépendants

#### **EXERCICE 1 : Recyclage d'une matière plastique (5 points)**

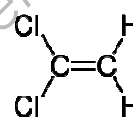
La polymérisation est une des réactions chimiques permettant d'obtenir des matières plastiques.

Des molécules appartenant à la famille des alcènes, appelées monomères, dans certaines conditions de température et de pression, vont se lier entre elles pour former des molécules de très grandes tailles appelées polymères.

Certains emballages alimentaires sont formés à partir d'un polymère comme le polychlorure de vinylidène (PVDC), connu sous l'appellation commerciale de SARAN®.

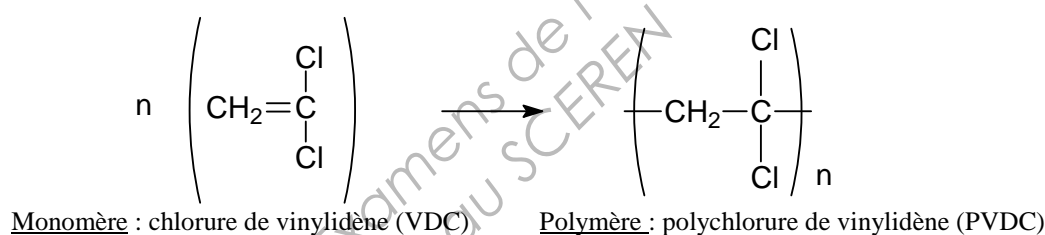
Il s'agit d'une matière plastique à comportement thermoplastique, obtenue par polymérisation du chlorure de vinylidène (VDC).

Ce monomère de formule brute  $C_2H_2Cl_2$  a pour formule développée :



1. Donner le nom de ce monomère dans la nomenclature officielle.

2. L'équation de polymérisation est schématisée ci-dessous :



2.1 Calculer la masse molaire du monomère, notée  $M_m$ , sachant que les masses molaires atomiques, exprimées en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ , sont  $M(\text{H}) = 1,0$  ;  $M(\text{C}) = 12,0$  et  $M(\text{Cl}) = 35,5$ .

2.2 La masse molaire du polymère ainsi obtenu est  $M_p = 121\,250 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . En déduire l'indice moyen de polymérisation, noté  $n$  dans l'équation de polymérisation ci-dessus.

3. L'une des voies possibles de recyclage du PVDC consiste à le dépolymériser afin de récupérer le monomère VDC qui est alors réutilisé ou détruit par combustion. Dans la suite du problème, on ne s'intéresse qu'à la combustion du VDC.

3.1 La combustion complète du VDC dans le dioxygène à haute température conduit à la formation de dioxyde de carbone et de chlorure d'hydrogène de formule HCl.

Écrire l'équation de la réaction de combustion du monomère VDC.

3.2 On effectue la combustion complète de 50 kg de VDC.

3.2.1 Déterminer la quantité de matière de VDC brûlée ainsi que celle de dioxyde de carbone produite par cette combustion.

3.2.2 En déduire la masse de dioxyde de carbone formée.

On rappelle :  $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  et  $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

4. Si les deux gaz produits lors de la combustion précédente ne sont pas piégés, quelles peuvent être les conséquences environnementales ?

## **EXERCICE 2 : Traitement des vapeurs de chlorure d'hydrogène (6,5 points)**

Pour des raisons d'hygiène du travail (INRS ED651), les vapeurs acides sont collectées puis traitées (norme environnementale ISO 14001) avant d'être rejetées dans l'atmosphère.

Cette opération est réalisée au moyen de laveurs de gaz dont le principe consiste à piéger les vapeurs acides en leur faisant traverser des films d'eau.

### **1. Caractérisation des solutions acides**

Les vapeurs acides qui traversent l'eau du laveur, donnent lieu à une réaction acido-basique.

1.1 Écrire l'équation de réaction entre le gaz chlorure d'hydrogène HCl et l'eau.

1.2 La solution aqueuse obtenue précédemment présente un pH égal à 4. Calculer la concentration molaire en ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  de cette solution. En déduire la quantité de matière en ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  présente dans le laveur dont la capacité en eau de lavage est de 3000 L.

### **2. Étude de la neutralisation**

La neutralisation de la solution acide obtenue lors du lavage du chlorure d'hydrogène s'effectue à l'aide d'une solution commerciale d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ ).

2.1 Écrire l'équation de la réaction de neutralisation.

2.2 Déterminer la quantité de matière en hydroxyde de sodium nécessaire à cette neutralisation. En déduire la masse d'hydroxyde de sodium correspondante sachant que  $M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

2.3 La solution commerciale, dosée à 30,5 % en masse d'hydroxyde de sodium, a une masse volumique de  $1,33 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$ .

2.3.1 Calculer la masse d'hydroxyde de sodium contenue dans 1 L de cette solution.

2.3.2 En déduire le volume de solution commerciale nécessaire à la neutralisation.

### **3. Dépôt de sel**

Un dépôt de chlorure de sodium solide ( $\text{NaCl}$ ) dans le laveur pourrait endommager la pompe permettant de vidanger le bac de lavage.

À l'issue de la neutralisation des 3000 L d'eau de lavage, les quantités de matière en ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  sont égales à 0,3 mol chacune.

3.1 Calculer les concentrations molaires des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  présents dans l'eau de lavage. En déduire la valeur du produit ionique :  $P_i = [\text{Na}^+]\cdot[\text{Cl}^-]$ .

3.2 Comparer cette valeur au produit de solubilité  $K_S$  dont la valeur est d'environ 39 à 25°C. Existe-t-il un risque réel de dépôt de sel ?

## - PHYSIQUE - (8,5 points)

### Étude d'un hydrocurage

Les deux parties sont indépendantes

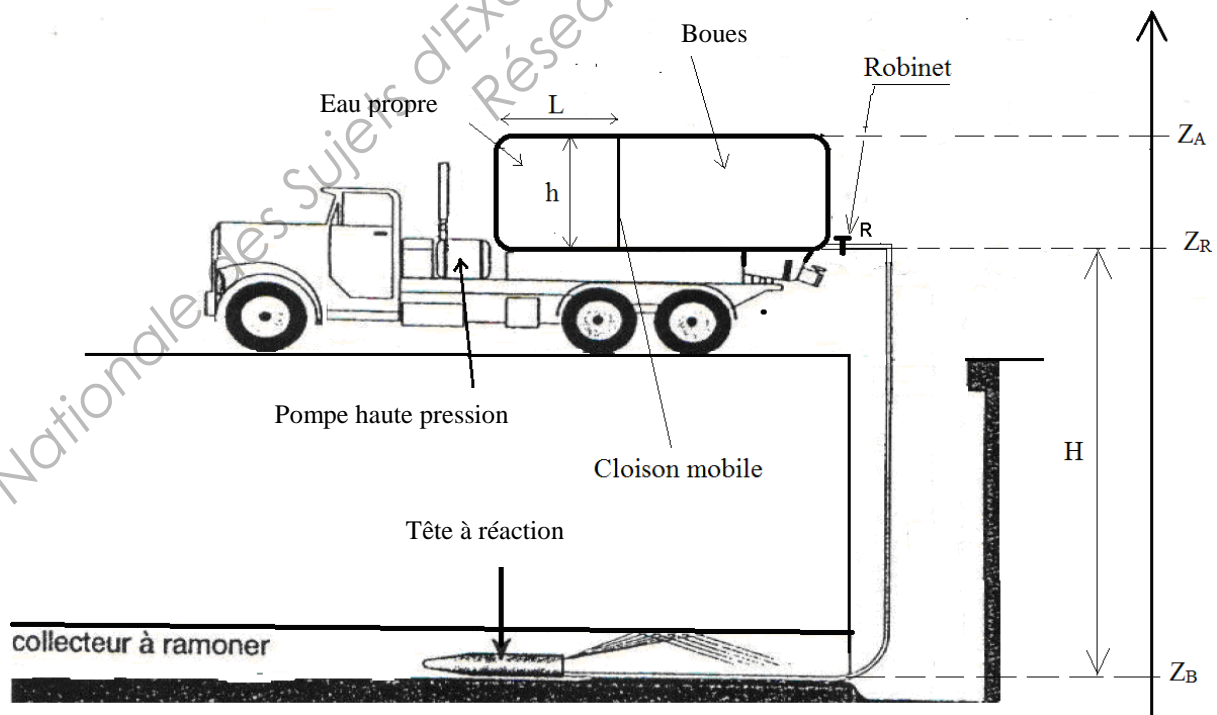
Données :

- Volume d'un cylindre de rayon  $r$  et de longueur  $L$  :  $V = \pi \cdot r^2 \cdot L$
- Pression atmosphérique :  $10^5$  Pa
- Intensité de la pesanteur :  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$
- Masse volumique de l'eau :  $10^3 \text{ kg.m}^{-3}$
- Équation de Bernoulli en régime stationnaire, pour un écoulement d'un point A vers un point B, en présence d'une pompe de hauteur manométrique  $H_{\text{mt}}$  placée entre les deux points, et avec des pertes de charge notées  $J_{AB}$  :

$$z_A + \frac{p_A}{\rho \cdot g} + \frac{v_A^2}{2g} - J_{AB} + H_{\text{mt}} = z_B + \frac{p_B}{\rho \cdot g} + \frac{v_B^2}{2g}$$

Pour enlever les obstructions et favoriser l'écoulement, les réseaux de récupération des eaux doivent être nettoyés et curés au moins une fois tous les deux ans. On utilise pour cela un camion d'assainissement, appelé hydrocureur, dont le rôle est double :

- il projette de l'eau propre sous pression sur les parois de la canalisation à nettoyer, grâce à la tête à réaction ;
- il récupère les boues de la canalisation.



Pour une meilleure lisibilité du schéma, seul le dispositif de projection d'eau est représenté et l'échelle des hauteurs n'est pas respectée.

## **Partie 1 : Curage sans pompe haute pression**

On considère qu'un hydrocureur possède une cuve, assimilée à un cylindre horizontal, pouvant contenir jusqu'à  $10 \text{ m}^3$  d'eau. Le volume de cette cuve peut varier, grâce à une cloison mobile.

1.1 On remplit cette cuve cylindrique, de longueur  $L = 2,9 \text{ m}$  et de diamètre  $h = 1,5 \text{ m}$ . Calculer le volume  $V$  d'eau contenue dans la cuve du camion.

1.2 L'eau peut sortir par un robinet R, situé à l'extérieur du camion, sur lequel vient se brancher un tuyau servant au curage des canalisations. On considère que le robinet est fermé. Sachant que la pression  $p_A$  au-dessus de l'eau contenue dans la cuve est égale à la pression atmosphérique, calculer la pression  $p_R$  de l'eau au fond de la cuve.

1.3 On ouvre maintenant le robinet R. La hauteur  $H$  entre le robinet, sur lequel est fixé le tuyau, et la canalisation est de  $1,2 \text{ m}$ . On néglige la vitesse  $v_A$  de la surface libre de l'eau contenue dans la cuve. On appelle respectivement  $v_B$  et  $p_B$  la vitesse et la pression de l'eau à la sortie du tuyau. La pression  $p_B$  est considérée égale à la pression atmosphérique. Les pertes de charge  $J_{AB}$  sont évaluées à environ  $2 \text{ m}$  de hauteur de liquide.

1.3.1 En utilisant l'équation de Bernoulli, vérifier que la vitesse  $v_B$  à la sortie du tuyau est de l'ordre de  $4 \text{ m.s}^{-1}$ .

1.3.2 Calculer le débit  $Q_B$  sachant que le tuyau a un diamètre  $d = 20 \text{ mm}$ .

1.3.3 Pour les opérations de curage, on cherche à avoir, en sortie de tuyau, un débit compris entre  $2,0$  et  $6,0 \text{ L.s}^{-1}$ . Commenter.

## **Partie 2 : Curage avec pompe haute pression**

On ajoute une pompe haute pression qui permet d'obtenir une pression en sortie de pompe de  $80$  à  $200$  bars, suivant la nature des travaux à réaliser. On s'intéresse aux caractéristiques de cette pompe haute pression.

2.1 Pour un débit  $Q' = 4 \text{ L.s}^{-1}$ , calculer la vitesse de sortie  $v_B'$  sachant que le tuyau a un diamètre  $d = 20 \text{ mm}$ .

2.2 Vérifier que la hauteur manométrique de la pompe haute pression est de l'ordre de  $8 \text{ m}$ , en appliquant l'équation de Bernoulli entre la surface libre de l'eau dans la cuve et la sortie du tuyau au niveau de la canalisation. On considère que les pertes de charge sont évaluées à  $2 \text{ m}$  de hauteur de liquide,  $p_B$  est égal à la pression atmosphérique et on néglige  $v_A$ .

2.3 On s'intéresse maintenant à la puissance hydraulique  $P_h$ . Donner son expression littérale, puis calculer sa valeur numérique.

2.4. La pompe haute pression fonctionne grâce à un moteur délivrant une puissance mécanique  $P_m = 500 \text{ W}$ . En considérant une puissance hydraulique  $P_h = 310 \text{ W}$ , calculer le rendement de la pompe.