

**PHYSIQUE-CHIMIE**  
**RÉSOLUTION DE PROBLÈME**  
**Durée : 3 heures**

*L'usage d'une calculatrice est autorisé pour cette épreuve.*

Chaque candidat est responsable de la vérification de son sujet d'épreuve : pagination et impression de chaque page. Ce contrôle doit être fait en début d'épreuve. En cas de doute, il doit alerter au plus tôt le surveillant qui vérifiera et, éventuellement, remplacera son sujet.

Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1 à 13.

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

De nos jours, la production d'eau potable est un réel enjeu. De nombreux états utilisent l'eau de mer comme ressource primaire. Il existe deux techniques de dessalement de l'eau mer : l'osmose inverse et la distillation.

Ce problème est constitué de six parties indépendantes :

Partie A : Dessalement de l'eau de mer par osmose inverse

Partie B : Étude des membranes en acétate de cellulose pour l'osmose inverse

Partie C : Calcul du degré de substitution de l'acétate de cellulose

Partie D : Pompage de l'eau de mer

Partie E : Dessalement par distillation

Partie F : Apport d'énergie par une centrale thermique

## Partie A : Dessalement de l'eau de mer par osmose inverse

L'osmose est un phénomène de diffusion de la matière mis en évidence lorsque des molécules de solvant traversent une membrane semi-perméable séparant deux solutions dont les concentrations en soluté sont différentes. Le transfert de solvant se fait alors de la solution la moins concentrée vers la solution la plus concentrée jusqu'à l'équilibre.

Dans l'état initial schématisé sur la figure 1, deux compartiments sont séparés par une membrane semi-perméable, le compartiment n°1 contient de l'eau et un soluté et le compartiment n°2 contient de l'eau pure.

L'eau est capable de traverser la membrane, contrairement au soluté.

$x_{H_2O(1)}$  représente la fraction molaire de l'eau dans le compartiment 1.

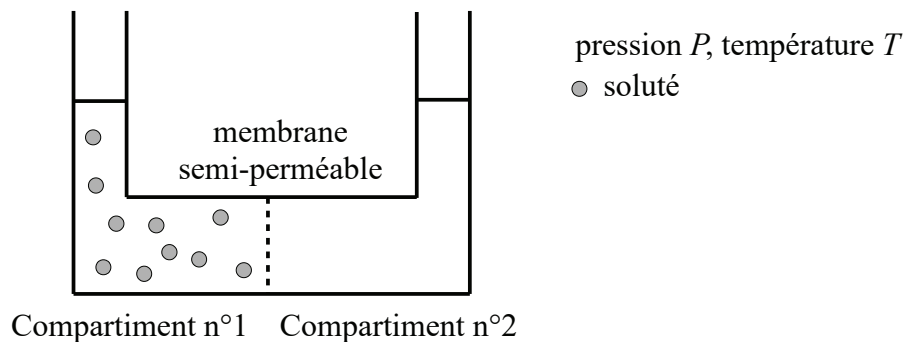


Figure 1 : Système à l'état initial

**A1.** À l'aide du document 1, exprimer le potentiel chimique de l'eau du compartiment 1 noté  $\mu_{H_2O(1)}$  et celui de l'eau du compartiment 2 noté  $\mu_{H_2O(2)}$  en fonction entre autres de  $\mu_{H_2O}^*(T, P^\circ)$ ,  $V_m$  et  $x_{H_2O(1)}$ .

**A2.** En déduire pour la transformation  $H_2O_{(1)} = H_2O_{(2)}$ , l'expression de l'enthalpie libre de réaction :  $\Delta_r G = -RT \ln(x_{H_2O(1)})$ .

**A3.** Par application de la condition d'évolution spontanée d'un système chimique, prévoir dans quel sens l'eau va passer au travers de la membrane. La réflexion peut s'appuyer sur l'analyse thermodynamique de la transformation  $H_2O_{(1)} = H_2O_{(2)}$  à température  $T$  et pression  $P$  fixées.

De l'eau traverse la membrane semi-perméable jusqu'à ce que le système atteigne l'équilibre osmotique, schématisé sur la figure 2.

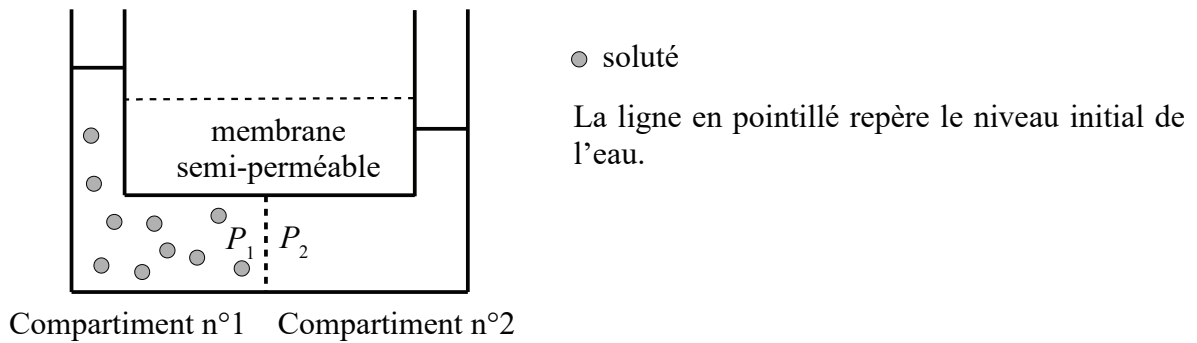


Figure 2 : Système à l'état d'équilibre

La pression osmotique  $\Pi$  est définie comme la différence de pression de part et d'autre de la membrane lorsque le système est à l'équilibre :  $\Pi = P_1 - P_2$ .

**A4.** Montrer qu'à l'équilibre peut être établie la relation :  $V_m \Pi = -RT \ln(x_{H_2O(l),eq})$ .

**A5.** Dans le cas d'une solution diluée en soluté, montrer, en réalisant un développement limité à l'ordre 1 de la fonction logarithme népérien, que la pression osmotique  $\Pi$  en Pa s'exprime selon la relation :  $\Pi = cRT$ . Dans cette relation  $c$  est la concentration molaire du soluté en  $\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$ ,  $R$  la constante des gaz parfaits et  $T$  la température en K.

Cette expression peut être généralisée au cas où la solution contient plusieurs solutés à la concentration molaire  $c_i$ , la pression osmotique se mettant alors sous la forme :  $\Pi = \sum_i c_i RT$ .

**A6.** Calculer la pression osmotique dans le cas de l'eau de mer assimilée à une solution aqueuse de chlorure de sodium de concentration massique égale à  $35 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  pour une température de  $25^\circ\text{C}$ .

Partant de l'état d'équilibre, on impose désormais à l'aide d'un dispositif externe une pression  $P'$  sur le compartiment 1 telle que  $P_1 = P_2 + P'$ . Cet état est schématisé sur la figure 3.

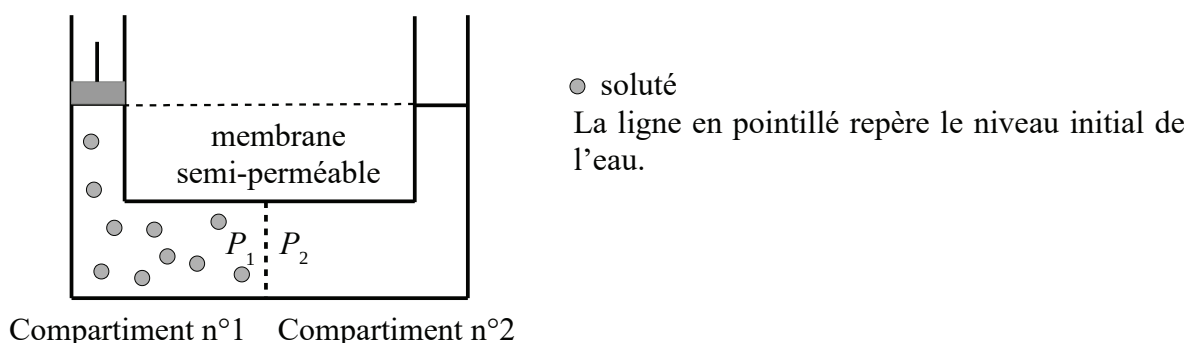


Figure 3 : Système avec surpression imposée au compartiment 1

**A7.** Exprimer les potentiels chimiques  $\mu_{H_2O(1)}$  et  $\mu_{H_2O(2)}$  de l'eau dans les deux compartiments quand la surpression est appliquée mais avant tout transfert de matière.

**A8.** En déduire la relation :  $\mu_{H_2O(1)} - \mu_{H_2O(2)} = V_m(P' - P)$ .

**A9.** Indiquer le sens du transfert de matière qui doit s'effectuer pour permettre le dessalement de l'eau de mer.

**A10.** Exprimer la condition sur  $P'$  afin de pouvoir réaliser ce transfert de matière.

### Document 1 : Potentiel chimique d'une phase condensée

Le potentiel chimique d'une espèce A en phase condensée s'exprime selon la relation :

$$\mu_A(T, P, x_A) = \mu_A^*(T, P) + RT \ln(x_A)$$

$\mu_A^*(T, P)$  : potentiel chimique du constituant A pur à  $T$  et  $P$

$x_A$  : fraction molaire de l'espèce A dans la phase condensée

Le potentiel chimique d'une espèce A en phase condensée dépend de la pression selon la relation :

$$\mu_A^*(T, P) = \mu_A^*(T, P^\circ) + V_m(P - P^\circ)$$

$\mu_A^*(T, P)$  : le potentiel chimique du constituant A pur à  $T$  et  $P$

$\mu_A^*(T, P^\circ)$  : potentiel chimique du constituant A pur à  $T$  et  $P^\circ = 1 \text{ bar}$

$V_m$  : volume molaire du constituant A

### Données utiles à la partie A :

Masse molaire :  $M(\text{Na}) = 23,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Constante des gaz parfaits :  $R = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$

Développement limité au voisinage de 0 :  $\ln(1 + x) \approx x$

Pression standard :  $P^\circ = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Conversion de température °C / K :  $T(\text{K}) = t(^\circ\text{C}) + 273$

## Partie B : Étude des membranes en acétate de cellulose pour l'osmose inverse

Parmi les membranes utilisées pour l'osmose inverse, celles en acétate de cellulose sont fréquemment employées.

Elles sont synthétisées à partir de la cellulose, qui est un biopolymère naturel trouvé par exemple dans le coton. La cellulose est un polymère dont le motif de répétition est le dimère cellobiose, représenté sur la figure 4.

La masse molaire de la cellulose est en général comprise entre 15 000 et 2 500 000 g·mol<sup>-1</sup>.

L'association de 36 chaînes de cellulose forme une microfibrille de cellulose. L'association de 6 microfibrilles de cellulose forme une macrofibrille et un agencement de plusieurs macrofibrilles forme ce qui est généralement appelé une fibre de cellulose.

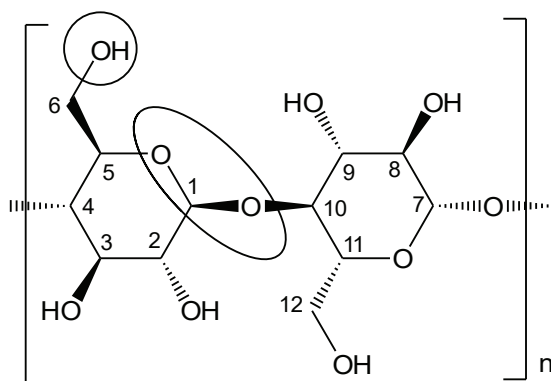


Figure 4 : Représentation du motif cellobiose de la cellulose.

**B1.** Nommer les deux fonctions entourées sur la figure 4.

**B2.** Établir la formule brute du motif et retrouver sa masse molaire.

**B3.** Évaluer un intervalle du nombre de motifs usuellement compris dans la cellulose.

**B4.** Représenter le motif cellobiose dans sa conformation la plus stable.

**B5.** Indiquer le numéro des carbones asymétriques présents sur le motif cellobiose. Donner, en le justifiant soigneusement, la configuration du carbone n°11 sur la figure 4.

**B6.** Indiquer, en le schématisant, ce qui permet d'expliquer au niveau moléculaire l'association de chaînes de cellulose en microfibrille de cellulose.

L'acétate de cellulose est préparé industriellement à partir de cellulose, d'acide éthanoïque en excès et d'acide sulfurique.

**B7.** Nommer la réaction qui est effectuée et écrire son équation bilan en simplifiant le motif cellobiose par R-OH.

**B8.** Proposer un mécanisme pour cette réaction en conservant la notation simplifiée pour le motif cellobiose.

**B9.** Indiquer le rôle de l'acide sulfurique en s'appuyant sur le mécanisme écrit précédemment.

**B10.** Préciser l'intérêt d'introduire l'acide éthanoïque en excès.

Dans certains procédés industriels, l'anhydride éthanoïque est préféré à l'acide éthanoïque.

**B11.** Représenter la formule topologique de l'anhydride éthanoïque et indiquer l'avantage de cette préférence d'utilisation.

Les membranes en acétate de cellulose présentent l'avantage d'être bon marché. En revanche, elles ont le défaut de ne pouvoir être utilisées que dans une gamme étroite de pH allant de 3 à 8 et d'être sensibles aux milieux oxydants.

**B12.** Parmi les deux fonctions entourées en figure 4, indiquer laquelle peut réagir en milieu oxydant et nommer la nouvelle fonction obtenue en considérant une oxydation non ménagée.

**B13.** Dans le cas où le milieu oxydant est dû à l'ion hypochlorite  $\text{ClO}^-$  présent dans l'eau de Javel, écrire l'équation de la réaction, en considérant le couple redox  $\text{ClO}^-/\text{Cl}^-$ . Utiliser une représentation simplifiée adéquate du motif cellobiose, en supposant que seule la fonction entourée peut réagir.

**B14.** L'autre fonction est plutôt sensible aux milieux acides. Écrire l'équation bilan de la réaction se produisant lors de l'hydrolyse en milieu acide de cette fonction, à partir du motif cellobiose. Préciser la particularité de cette réaction au niveau de la structure de la chaîne de cellulose par rapport à la réaction précédente.

**B15.** Proposer un mécanisme pour cette réaction en utilisant une représentation simplifiée pour le motif cellobiose.

**Données utiles à la partie B :**

Masse molaire du motif cellobiose :  $M(\text{motif}) = 324 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Masse molaire :  $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

## Partie C : Calcul du degré de substitution de l'acétate de cellulose

Lors de la formation de l'acétate de cellulose, la réaction n'est pas automatiquement totale. Il est nécessaire de contrôler le degré de substitution des fonctions alcools car cela joue un rôle fondamental sur les propriétés chimiques de la future membrane.

Ce degré de substitution est déterminé en réalisant une hydrolyse basique totale de l'acétate de cellulose (notée  $\text{CH}_3\text{-COO-R}$  par la suite) avec un excès connu de soude, solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{OH}^-$ ). Les ions hydroxyde n'ayant pas réagi sont ensuite dosés par une solution aqueuse d'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ ). Le titrage est suivi par mesure du pH de la solution.

La réaction d'hydrolyse peut être modélisée par l'équation bilan de réaction :

$$\text{CH}_3\text{-COO-R} + \text{OH}^- = \text{CH}_3\text{-COO}^- + \text{R-OH}$$

Le protocole expérimental est décrit dans le document 2 et la courbe de suivi pH-métrique est représentée sur la figure 5. Les volumes équivalents sont déterminés pour les valeurs de 7,9 mL et 10,0 mL.

### Document 2 : Protocole expérimental du dosage en retour de la soude

Une masse  $m$  égale à 0,500 g d'acétate de cellulose est introduite dans un volume  $V_b$  égal à 25,0 mL d'une solution de soude à la concentration  $c_b$  de  $1,00 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Le mélange est chauffé à la température de  $65^\circ\text{C}$  pendant une durée de 1 h.

À la fin de l'hydrolyse, le solide est filtré sur entonnoir Büchner et lavé à l'eau. Puis le filtrat est récupéré.

Une solution est préparée en engageant tout le filtrat dans une fiole jaugée de volume  $V_0$  égal à 100 mL et en complétant avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Un volume  $V_e$  égal à 20 mL de cette solution est prélevé puis dosé par une solution d'acide chlorhydrique à la concentration  $c_a$  de  $0,500 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Un suivi pH-métrique est réalisé lors du titrage.

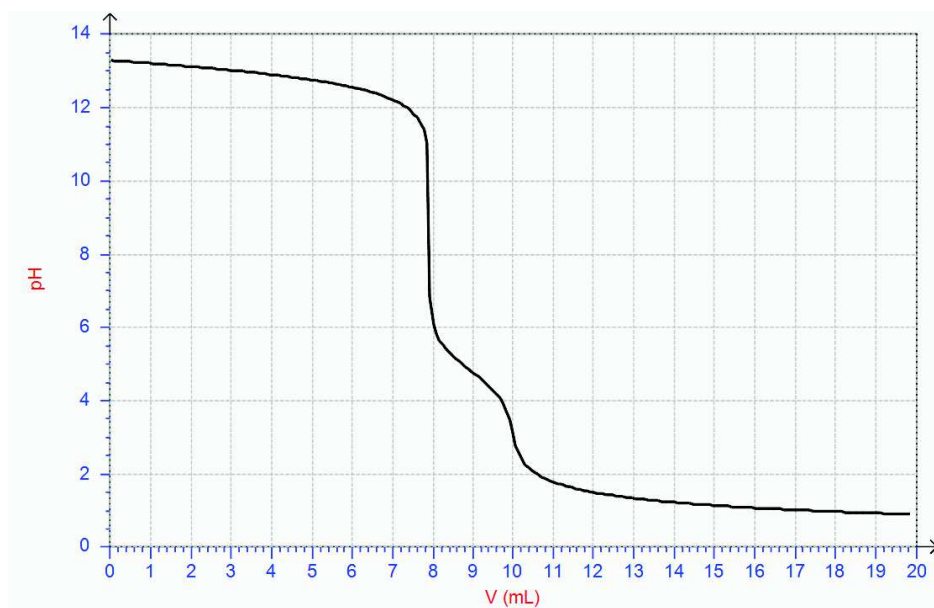


Figure 5 : Courbe du suivi pH-métrique du titrage

**C1.** Écrire l'équation bilan de la réaction de dosage qui a lieu suivant le domaine de volume de solution titrante versé.

**C2.** Calculer la constante d'équilibre de chacune des réactions.

**C3.** Préciser quel volume équivalent il est préférable d'exploiter.

**C4.** Évaluer la quantité initiale d'ions hydroxyde introduits notée  $n(\text{OH})_0$ , puis la quantité d'ions hydroxyde dosés dans la prise d'essai de 20 mL, notée  $n(\text{OH})_{\text{dosé}}$ .

**C5.** En déduire la quantité totale de fonctions esters de l'acétate de cellulose ayant été hydrolysées, notée  $n_{\text{ester}}$ .

On note  $x$  le degré d'estérification du motif cellobiose,  $x$  variant de 0 (cellobiose non estérifiée) à 6 (cellobiose totalement estérifiée).

**C6.** Représenter un motif correspondant à la valeur de 4 pour  $x$ .

**C7.** Montrer que pour un motif de cellobiose possédant un degré  $x$  d'estérification, la masse molaire  $M$  (en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) du motif s'exprime par la relation :  $M = 324 + 42 \times x$ .

**C8.** Pour un échantillon de masse  $m$  (en g) de cellulose possédant un degré  $x$  d'estérification, exprimer la quantité de matière de motifs notée  $n_{\text{motif}}$  en fonction des grandeurs  $m$  et  $x$ .

**C9.** Exprimer la quantité de matière de sites estérifiés  $n_{\text{ester}}$  en fonction de  $x$  et  $n_{\text{motif}}$ .

**C10.** En déduire que l'expression de  $x$  est donnée par la relation :  $x = \frac{324 \times n_{\text{ester}}}{m - 42 \times n_{\text{ester}}}$ .

**C11.** Calculer alors la valeur de  $x$  et conclure.

**Données utiles à la partie C :**

Produit ionique de l'eau :  $K_e = 10^{-14,0}$

Constante d'acidité du couple acide éthanoïque  $\text{CH}_3\text{COOH}$  / éthanoate (ou acétate)  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  :  
 $K_a = 10^{-4,8}$

Masse molaire du motif cellobiose :  $M(\text{motif}) = 324 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Masse molaire :  $M(\text{H}) = 1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$



## Partie D : Pompage de l'eau de mer

Les usines de dessalement sont implantées en bord de mer. L'eau est prélevée en profondeur dans la mer puis est conduite vers un bassin de l'usine comme schématisé sur la figure 6.

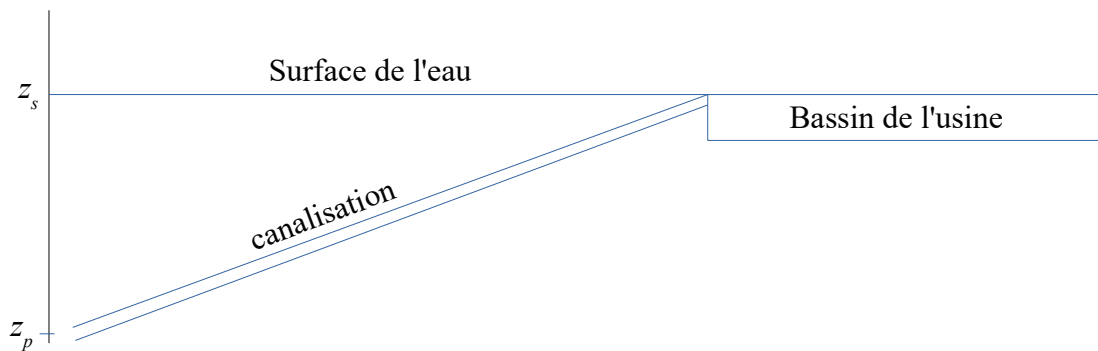


Figure 6 : Prélèvement de l'eau de mer

**D1.** Après avoir choisi l'orientation d'un repère d'espace vertical et placé son origine, exprimer l'énergie potentielle de pesanteur  $E_p$  d'une masse  $m$  d'eau de position  $z$  et placée dans un champ de pesanteur uniforme  $\vec{g}$ .

À la profondeur  $z_p$  où l'eau est prélevée, la pression est  $P_p$ . Dans un fluide homogène, au repos, de masse volumique  $\rho$ , la loi fondamentale de la statique des fluides donne la variation de pression élémentaire  $dP$  en fonction de la variation de position sur un axe vertical :  $dP = \pm \rho g dz$ . Le signe est lié au choix d'orientation du repère d'espace par rapport à  $\vec{g}$ .

L'eau de mer est considérée comme un fluide incompressible.

**D2.** Exprimer la différence de pression entre un point de prise d'eau à la profondeur  $z_p$  de pression  $P_p$  et un point à la surface de la mer de position  $z_s$  et de pression  $P_s$ .

On considère que le bassin de l'usine est à l'altitude  $z_s$ . L'acheminement de l'eau se fait à travers une canalisation rectiligne dont la section a pour diamètre  $d$ . On cherche à exprimer la résistance hydraulique  $R_h$  de cette canalisation.

Pour un écoulement laminaire, la résistance hydraulique est reliée à la différence de pression amont-aval ou perte de charge dans la canalisation, notée  $\Delta P$ , et au débit volumique, noté  $D_v$ , par la relation :  $R_h = \frac{\Delta P}{D_v}$ .

Dans un écoulement de Poiseuille, la résistance hydraulique se calcule par la relation :  $R_h = \frac{128 \eta L}{\pi d^4}$ .

Dans cette relation  $L$  est la longueur de la canalisation et  $\eta$  la viscosité dynamique de l'eau.

En conduction thermique, on définit la résistance thermique d'un matériau par un rapport d'une différence d'une grandeur thermodynamique sur le flux.

**D3.** Rappeler, par analogie entre la résistance thermique et la résistance hydraulique, quel est l'analogue de la différence de pression et quel est l'analogue du débit volumique.

On cherche à comparer la perte de charge, définie plus haut, à une variation d'énergie potentielle de pesanteur.

**D4.** Par une analyse dimensionnelle montrer que l'énergie potentielle volumique  $\rho g z$  est homogène au produit de la résistance hydraulique par le débit volumique.

On fait l'hypothèse que la relation de Bernoulli peut s'appliquer entre le point de prélèvement de l'eau et le bassin et s'écrit sous la forme :  $D_v \left( \frac{1}{2} \rho (v_s^2 - v_p^2) + (P_s - P_p) + \rho g (z_s - z_p) \right) = P_u + P_d$ .

$P_u$  est la puissance utile apportée par une machine au fluide en écoulement.

$P_d$  est la puissance dissipée en raison des pertes de charges à cause de la résistance hydraulique.

Les puissances sont des grandeurs algébriques. On utilise la convention d'une grandeur positive lorsqu'elle est reçue par le système.

La puissance dissipée est reliée à la résistance hydraulique  $R_h$  par la relation :  $P_d = -R_h D_v^2$ .

**D5.** Indiquer quel type de bilan permet de justifier cette forme généralisée de la relation de Bernoulli.

**D6.** Dans ce bilan, préciser les transferts d'énergie qui sont négligés.

**D7.** Le captage de l'eau se fait à la profondeur de 20 m sous la surface. Expliquer en utilisant la question **D2**, quelle simplification cela apporte à la relation de Bernoulli.

L'eau est prélevée au large par une canalisation de diamètre  $d$  égal à 4,0 m de longueur  $L$  égale à 1,2 km.

La masse volumique de l'eau de mer assimilée à de l'eau douce, notée  $\rho$ , est égale à  $1,0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

La viscosité de l'eau, notée  $\eta$ , est égale à  $1,0 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ .

**D8.** Indiquer laquelle de ces deux dimensions, parmi  $d$  ou  $L$ , est utile dans l'expression du nombre de Reynolds. Calculer la résistance hydraulique de cette canalisation.

Le débit volumique  $D_v$  est égal à  $6,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

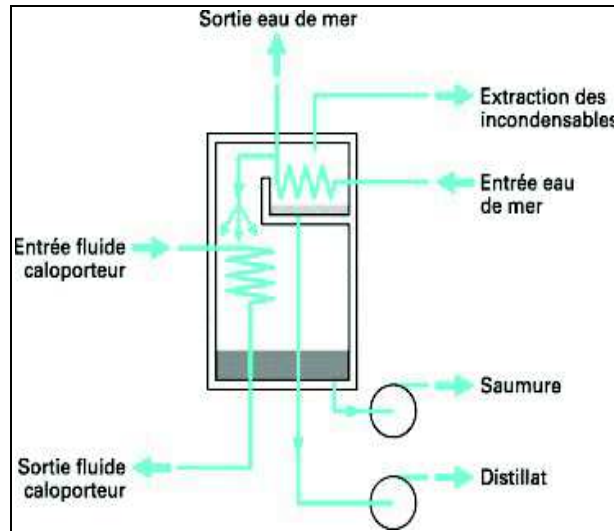
La vitesse de l'eau à la prise de captage est considérée nulle, sa vitesse à l'arrivée à l'usine en surface, notée  $v_s$ , est égale à  $15 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ .

**D9.** Exprimer puis calculer la valeur de la puissance utile de la pompe utilisée pour ce captage d'eau. Préciser le signe de cette puissance.

**D10.** Indiquer si le pompage de l'eau est un poste important dans le coût en énergie électrique d'une usine de dessalement.

## Partie E : Dessalement par distillation

Le procédé de « distillation à simple effet » du document 3, reproduit le cycle naturel de l'eau. Dans une enceinte fermée, un serpentin de réchauffage porte à ébullition l'eau de mer. La vapeur produite se liquéfie au contact d'un deuxième serpentin qui transporte l'eau de mer froide. Une pompe soutire l'eau distillée. Une autre pompe évacue l'eau salée.



**Document 3 :** Distillation à simple effet.

**E1.** Dessiner l'allure du diagramme pression température de l'eau en plaçant les trois états solide, liquide et gazeux.

**E2.** L'énergie à fournir pour vaporiser une masse unitaire d'eau à la température fixe  $T$  s'appelle l'enthalpie massique de vaporisation. À l'aide du document 4, vérifier que l'enthalpie de vaporisation de l'eau à la pression de 1,0 bar et à la température  $T_{e1}$  de 100°C, notée  $\Delta h_v(373 \text{ K})$ , a la valeur de 2,3 MJ·kg<sup>-1</sup>.

**E3.** Indiquer comment évolue cette enthalpie de vaporisation lorsque la pression diminue. On s'intéresse maintenant au bilan énergétique complet qui consiste à chauffer l'eau liquide d'une température  $T_i$  jusqu'à sa température d'ébullition  $T_e$  puis à vaporiser l'eau, à la pression constante  $P$ .

**E4.** Exprimer la variation d'enthalpie  $\Delta H$  d'une masse d'eau liquide  $m$  dont la température évolue de  $T_i$  à  $T_e$ . On note  $c_p$  la capacité thermique massique de l'eau à pression constante et on suppose que cette grandeur est indépendante de la température. On donne  $c_p = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

**E5.** À partir du document 4, calculer la valeur de l'enthalpie massique de vaporisation à la température  $T_{e2}$  égale à 50°C.

**E6.** L'eau de mer est prélevée à la température moyenne  $T_i$  égale à 20°C, calculer la différence, notée  $\Delta h$ , entre la variation d'enthalpie massique de l'eau dont la température passe de  $T_i$  à  $T_{e1}$  et la variation d'enthalpie massique de l'eau dont la température passe de  $T_i$  à  $T_{e2}$ .

#### Document 4 : Diagramme enthalpique de l'eau

La pression  $P$  est en ordonnée (échelle logarithmique).

L'enthalpie massique  $h$  est en abscisse.

Un réseau d'isothermes de 0°C à 450°C est tracé.

Dans la phase gazeuse, quelques courbes d'entropie massique constante sont ajoutées.



**E7.** Pour un débit massique en eau potable  $D_{mp}$  égal à  $2,0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ , calculer la valeur de la puissance thermique  $P_f(T_{e1})$  nécessaire pour chauffer puis évaporer l'eau de la température  $T_i$  à la température  $T_{e1}$ .

**E8.** On envisage de réaliser la distillation, avec le même débit massique, sous pression réduite voisine de 0,1 bar pour effectuer la vaporisation à la température  $T_{e2}$ . Exprimer en fonction de  $\Delta h$ ,  $\Delta h_v(373 \text{ K})$  et  $\Delta h_v(323 \text{ K})$  la différence de puissance thermique entre les deux processus à  $T_{e1}$  et à  $T_{e2}$ , notée  $P_f(T_{e1}) - P_f(T_{e2})$ .

**E9.** Le coût énergétique pour obtenir un volume de  $1,0 \text{ m}^3$  d'eau potable dans une usine de dessalement par distillation est de l'ordre de 7,5 kWh. Montrer que cette énergie est inférieure à celle nécessaire pour chauffer l'eau et l'évaporer. Indiquer l'apport d'énergie au cours de la distillation qui doit être pris en compte.

## Partie F : Apport d'énergie par une centrale thermique

Une centrale thermique est une machine thermique fonctionnant entre deux sources thermiques de températures constantes. La vapeur d'eau est le fluide caloporteur.

Cette machine permet de fournir un transfert de travail mécanique, ce qui en fait une machine motrice.

**F1.** Représenter le schéma fonctionnel de cette machine en faisant apparaître les transferts d'énergie entre les différents organes suivants :



**F2.** On note  $W$  le travail reçu par le fluide dans la turbine,  $Q_C$  et  $Q_F$  les transferts thermiques avec respectivement la source chaude et la source froide. Préciser le signe de ces transferts.

**F3.** Écrire le premier principe de la thermodynamique pour cette machine lors d'un fonctionnement cyclique.

**F4.** Définir le rendement, noté  $r$ , de cette machine comme le rapport des deux transferts adaptés au fonctionnement de cette machine.

**F5.** Pour une centrale thermique de puissance mécanique  $P_m$  égale à 1,0 MW et dont le rendement  $r$  est égal à 25 %, calculer la valeur de la puissance fournie à la source froide.

**F6.** Commenter l'intérêt de placer une usine de dessalement à proximité d'une centrale thermique.

**FIN DU SUJET**