

# ÉCOULEMENTS DIPHASIQUES AVEC CHANGEMENT DE PHASES

## TD n°1

### EXERCICE 1 : ÉCOULEMENT DANS UN ÉVAPORATEUR VERTICAL

De l'eau à température de saturation  $T_{\text{sat}}$  pénètre en bas d'un évaporateur cylindrique vertical de diamètre  $D=2$  cm. La pression à l'entrée de l'évaporateur est de 1,985 bars, le débit massique de circulation de l'eau est  $\dot{m}_1 = 0,2$  kg/s et la paroi de l'évaporateur est chauffée avec une densité de flux thermique constante  $q=3$  kW/m<sup>2</sup>.

On donne les propriétés physiques de l'eau à la pression 1,985 bars et à la température de saturation  $T_{\text{sat}}=120^\circ\text{C}$  :

- les masses volumiques du liquide et de la vapeur :  $\rho_l=943$  kg/m<sup>3</sup>,  $\rho_v=1,12$  kg/m<sup>3</sup>
- les viscosités dynamiques du liquide et de la vapeur :  $\mu_l=2,31 \cdot 10^{-4}$  Pa.s,  $\mu_v=13 \cdot 10^{-6}$  Pa.s,
- la chaleur latente de vaporisation  $L=2200$  kJ/kg,
- la capacité calorifique du liquide à pression constante  $C_p=4,334$  kJ/kg/K,
- la tension superficielle  $\sigma=54,9 \cdot 10^{-3}$  N/m,
- la conductivité thermique du liquide  $\lambda=0,687$  W/m/K,
- le nombre de Prandtl du liquide  $Pr=1,43$ .

1°/ Donnez l'expression du titre massique  $x$  en fonction de la hauteur  $z$  ( $z=0$  en entrée d'évaporateur).

2°/ Quel est le régime d'écoulement en sortie de l'évaporateur à la hauteur  $h=1$  m ? Quel est le titre massique  $x_1$  correspondant ?

3°/ Afin de calculer la différence de pression  $P(z=h) - P(z=0)$  le long de l'évaporateur, on se placera dans la suite du problème dans le cadre de l'utilisation du modèle homogène (égalité des vitesses moyennes du liquide et de la vapeur).

a) Justifier l'utilisation du modèle homogène.

b) Exprimer le gradient de pression total  $-\frac{dP}{dz}$  à partir de l'équation de quantité de mouvement longitudinale pour le mélange. On supposera que le coefficient de frottement pariétal  $f_p$  est constant et égal à 0,005.

c) Exprimer le taux de vide  $\alpha$  en fonction du titre massique  $x$  et des masses volumiques  $\rho_l$  et  $\rho_v$ . En considérant que  $\rho_v \ll \rho_l$ , démontrez la relation suivante valable en régime d'ébullition saturée :

$$\frac{1}{1-\alpha} \approx 1 + Kz \quad \text{avec} \quad K = \frac{\rho_l}{\rho_v} \frac{4q}{GDL}$$

d) Intégrez l'équation de quantité de mouvement du mélange et calculez  $P(z=h)-P(z=0)$