

ÉCOULEMENTS DIPHASIQUES AVEC CHANGEMENT DE PHASES

TD n°3

EXERCICE 1 : CONTRÔLE DU DÉCLENCHEMENT DE L'ÉBULLITION

On considère un écoulement d'eau dans un tube vertical de 1 cm de diamètre. La pression le long du tube est maintenue virtuellement constante à 6124 kPa. L'eau pénètre dans le tube sous forme liquide sous-saturée avec un flux de masse de 9000 kg/m²/s. La paroi est maintenue à une température uniforme de 281°C. Estimer la sous saturation minimale à l'entrée ($T_{\text{sat}} - T_{\text{ic}}$) pour que l'ébullition ne se déclenche pas sur les 10 premiers centimètres du tube.

Pour l'eau dans les conditions de saturation à 6124kPa, $T_{\text{sat}}=550\text{K}$, $\rho_l=756 \text{ kg/m}^3$, $\rho_v=31,5 \text{ kg/m}^3$, $h_{\text{lv}}=1563\text{kJ/kg}$, $C_p=5,07\text{kJ/kg/K}$, $\mu_l=99,2 \cdot 10^{-6} \text{ N s/m}^2$, $\lambda=0,581 \text{ W/m/K}$, $Pr=0,87$, $\sigma=0.0197\text{N/m}$

EXERCICE 2 : ÉBULLITION SOUS-REFROIDIE

De l'éthanol liquide sous refroidi à 226 kPa s'écoule dans un tube vertical circulaire dont la paroi maintenue à 140°C. Le liquide pénètre à 50°C et l'ébullition démarre immédiatement. Le diamètre du tube est de 1,2cm et le flux massique de 600 kg/m²/s. Déterminer le coefficient d'échange convectif en ébullition partielle à l'aide de la corrélation de Rohsenow, à une distance de l'entrée du tube où la température du liquide vaut 90°C. On prendra $C_s=0.013$. Pour l'éthanol saturé à 226kPa, $T_{\text{sat}}=373\text{K}$, $\rho_l=734\text{kg/m}^3$, $\rho_v=3,18 \text{ kg/m}^3$, $h_{\text{lv}}=927\text{kJ/kg}$, $C_p=3,30\text{kJ/kg/K}$, $\mu_l=314 \cdot 10^{-6} \text{ N s/m}^2$, $\lambda=0,151\text{W/m/K}$, $Pr=6,88$, $\sigma=0,0157\text{N/m}$

EXERCICE 3 : COEFFICIENT D'ÉCHANGE EN ÉBULLITION SATURÉE

Comparer les résultats de la corrélation de Kandlikar et ceux de la corrélation de Gungor et Winterton pour prédire le coefficient d'échange convectif d'un écoulement bouillant d'azote aux titres massiques 0,2 et 0,6 dans un tube vertical à 778kPa. Le tube a un diamètre de 0,9cm, le flux de masse est de 200 kg/m²/s et le flux de chaleur imposé à la paroi du tube est de 20 kW/m². Pour l'azote saturé à 778kPa, $T_{\text{sat}}=100\text{K}$, $\rho_l=691\text{kg/m}^3$, $\rho_v=32 \text{ kg/m}^3$, $h_{\text{lv}}=162,2\text{kJ/kg}$, $C_p=2,31\text{kJ/kg/K}$, $\mu_l=86,9 \cdot 10^{-6} \text{ Pa.s}$, $\mu_v=7,28 \cdot 10^{-6} \text{ Pa.s}$, $\lambda=0,0955\text{W/m/K}$, $Pr=2,10$ et $\sigma=0,000367\text{N/m}$.

TWO_PHASE FLOWS WITH PHASE CHANGE

TD n°3

EXERCICE 1 : CONTROL OF THE ONSET OF NUCLEATE BOILING

Water is flowing in a vertical tube of 1 cm diameter. Pressure is about constant in the tube and equal to 6124 kPa. Water is liquid and subcooled at the tube inlet with a mass flux of 9000 kg/m²/s. The wall temperature is constant and equal to 281°C. Estimate the minimum liquid subcooling at the tube inlet ($T_{sat}-T_{ic}$) required to avoid the onset of nucleate boiling in the first 10 centimeters of the tube.

For water at saturation temperature and pressure of 6124kPa, $T_{sat}=550K$, $\rho_l=756 \text{ kg/m}^3$, $\rho_v=31.5 \text{ kg/m}^3$, $h_{lv}=1563\text{kJ/kg}$, $C_p=5.07\text{kJ/kg/K}$, $\mu_l=99.2 \cdot 10^{-6} \text{ N s/m}^2$, $\lambda=0.581 \text{ W/m/K}$, $Pr=0.87$, $\sigma=0.0197\text{N/m}$

EXERCICE 2 : SUBCOOLED BOILING

Liquid subcooled ethanol at a pressure of 226 kPa is flowing with a mass flux of 600 kg/m²/s in a vertical circular tube of diameter 1.2 cm. The wall temperature is equal to 140°C. Liquid enters in the tube at 50°C and boiling immediately starts. Determine the heat transfer coefficient in partial boiling using the Rohsenow correlation for nucleate boiling, at a distance of the tube entrance where the liquid temperature is equal to 90°C.

For ethanol at saturation temperature $T_{sat}=373K$ and pressure of 226kPa, the fluid properties are : $\rho_l=734\text{kg/m}^3$, $\rho_v=3.18 \text{ kg/m}^3$, $h_{lv}=927\text{kJ/kg}$, $C_p=3.30\text{kJ/kg/K}$, $\mu_l=314 \cdot 10^{-6} \text{ N s/m}^2$, $\lambda=0.151\text{W/m/K}$, $Pr=6.88$, $\sigma=0.0157\text{N/m}$. A value of $C_{s,f}=0.013$ will be taken.

EXERCICE 3 : HEAT TRANSFER COEFFICIENT IN SATURATED BOILING

Compare the results of the correlation of Kandlikar with those of the correlation of Gungor et Winterton for the heat transfer coefficient of boiling nitrogen flowing at a mass flux of 200 kg/m²/s for qualities of 0.2 and 0.6. The pressure is equal to 778kPa. The tube is vertical with a diameter of 0.9 cm and the wall heat flux is equal to 200 kg/m²/s. For nitrogen at a pressure of 778kPa and saturation temperature $T_{sat}=100K$, the fluid properties are: $\rho_l=691\text{kg/m}^3$, $\rho_v=32 \text{ kg/m}^3$, $h_{lv}=162.2\text{kJ/kg}$, $C_p=2.31\text{kJ/kg/K}$, $\mu_l=86.9 \cdot 10^{-6} \text{ Pa.s}$, $\mu_v=7.28 \cdot 10^{-6} \text{ Pa.s}$, $\lambda=0.0955\text{W/m/K}$, $Pr=2.10$ et $\sigma=0.000367\text{N/m}$.