

Thermohydraulique des écoulements en conduite, formation GE2.

Durée 1h30, Une feuille manuscrite recto-verso
autorisée.

Barème indicatif

27 novembre 2019

Système de recirculation d'eau par éjecteur

Introduction

Dans un réacteur à eau bouillante, afin d'assurer en toutes conditions le refroidissement du cœur, on trouve des systèmes de recirculation de l'eau à éjecteur (voir Fig. 1 en haut).

Ce système est constitué d'une pompe et de vannes de contrôle et d'isolement situées à l'extérieur de la cuve, et des éjecteurs situés à l'intérieur de la cuve et ne comportant aucune partie mobile (voir Fig. 1 en bas).

Une partie de l'eau alimentaire qui descend dans l'espace annulaire entre l'enveloppe du cœur et la cuve est aspirée par la pompe de recirculation, puis dirigée vers la tuyère de l'éjecteur. A la sortie de la tuyère, cette eau se mélange à celle venant de l'espace annulaire. L'échange de quantité de mouvement entre les deux flux permet d'augmenter la pression à la sortie de l'éjecteur, afin de vaincre les pertes de charges dans le cœur. Un diffuseur permet d'augmenter encore cette pression en aval de la section de mélange de l'éjecteur.

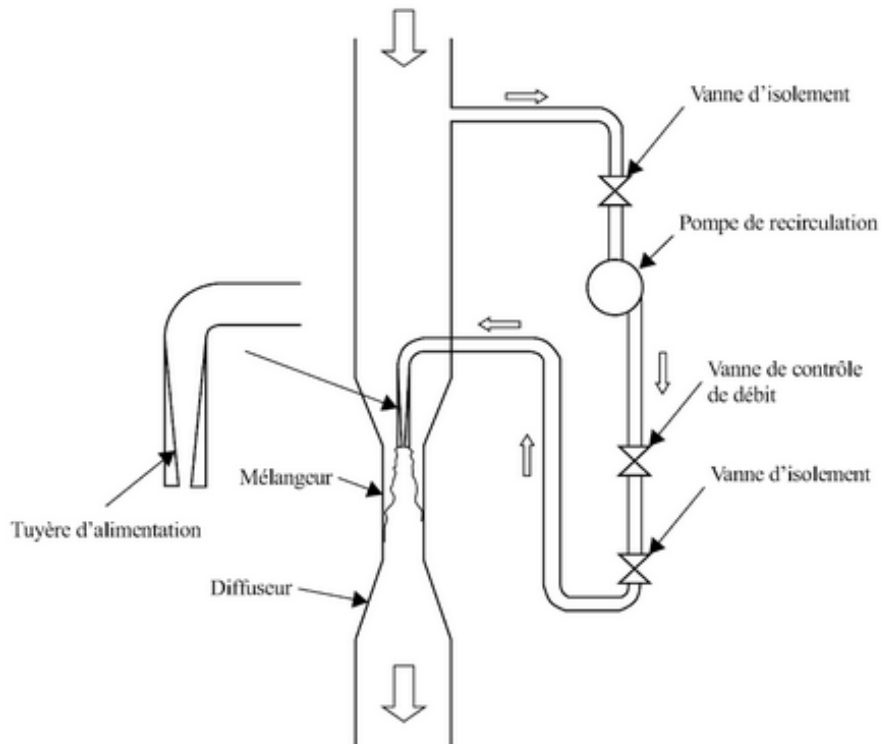
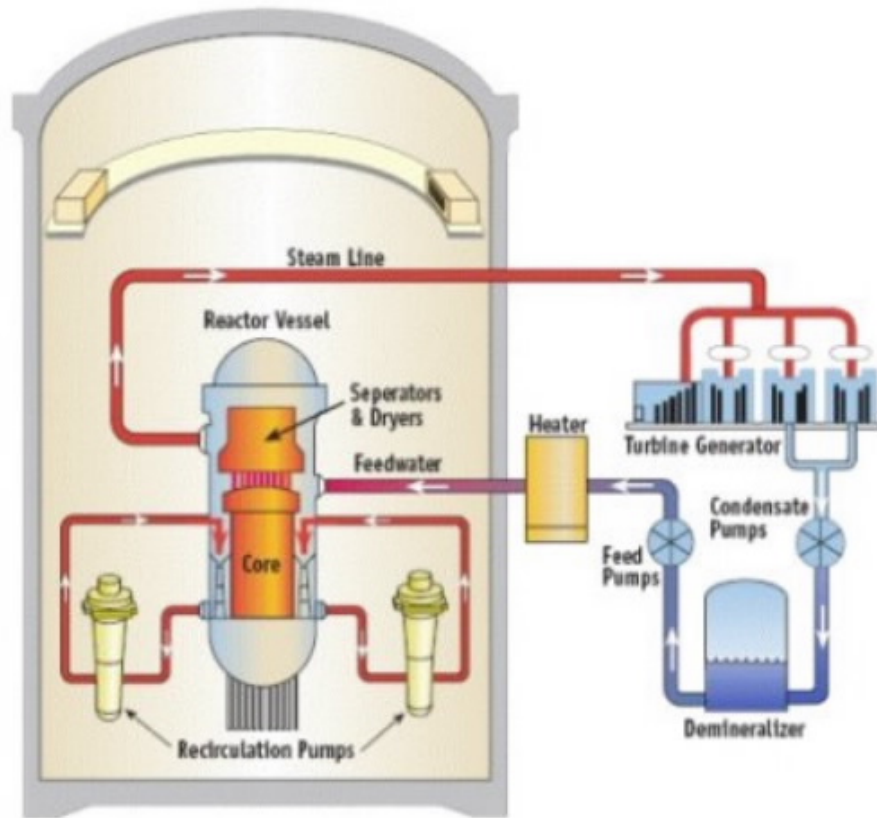


FIGURE 1 – Recirculation par éjecteur dans un Réacteur à Eau Bouillante

Hypothèses et notations

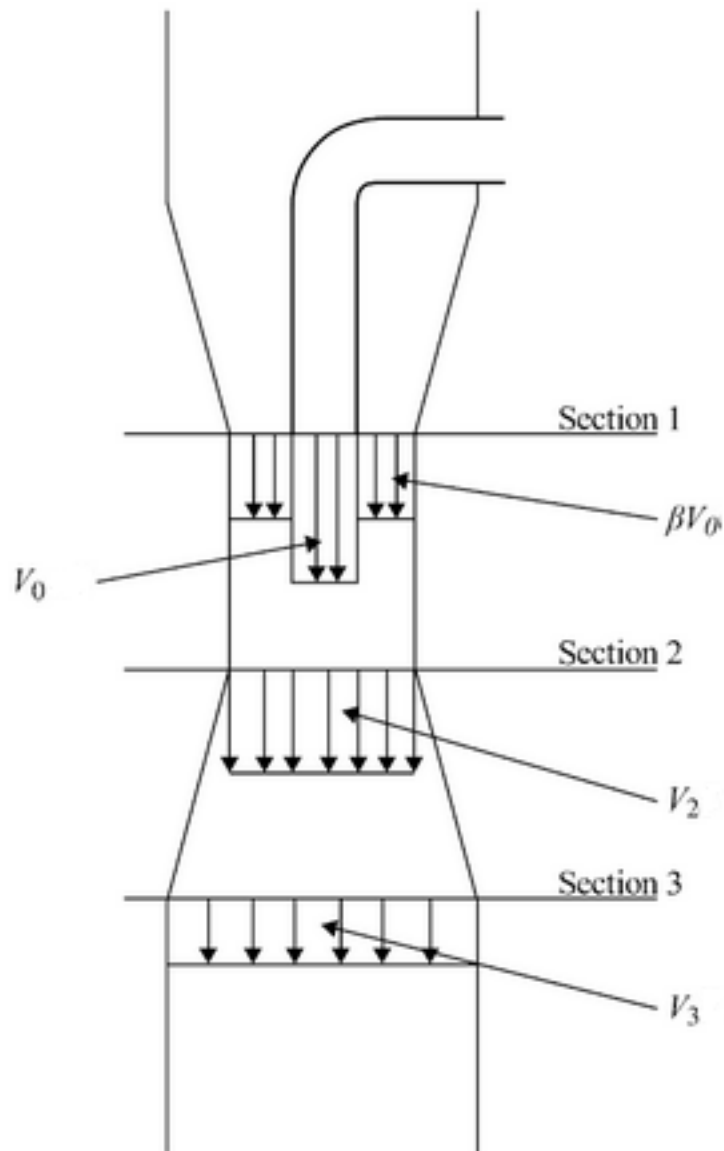


FIGURE 2 – Schéma représentant les volumes de contrôle sur lesquels on effectuera des bilans

Le fluide employé est de l'eau, dont on considérera la masse volumique ρ comme étant constante. On considère d'une part la zone où a lieu le mélange entre les deux flux, limitée par les sections 1 et 2 (voir Fig. 2); et d'autre part le diffuseur entre les sections 2 et 3.

On note S la surface de la section 2, Σ la surface de la section 3, V_0 la vitesse en sortie de la tuyère d'injection, V_2 la vitesse moyenne dans la section 2 et V_3 la vitesse moyenne dans la section 3.

Le rapport entre la section de la tuyère d'injection et la section 1 est noté α (c'est-à-dire que le débit volumique sortant de la tuyère d'injection est $V_0\alpha S$).

Le rapport entre la vitesse du fluide aspiré et la vitesse V_0 est noté β (c'est-à-dire que la vitesse du fluide aspiré à travers la section de surface $(1 - \alpha)S$ vaut βV_0).

On suppose que le système fonctionne en régime permanent. On néglige les forces de pesanteur, on suppose que l'écoulement est turbulent et que les profils de vitesse sont uniformes et on néglige les forces de friction sur les parois latérales.

On cherche à évaluer l'élévation de pression entre les sections 1, 2 et 3.

Questions

Attention, dans notre volume de contrôle, il y a **deux entrées** et une sortie : on ne peut donc pas utiliser directement des « formules¹ » du type :

$$\dot{m}\Delta_{entree \rightarrow sortie}(\dots) = (\dots)$$

On doit revenir aux concepts de base et effectuer des bilans du type :

$$\begin{aligned} & \text{« Ce qui sort par la sortie »} \\ & \text{moins} \\ & (\text{« ce qui rentre par une entrée plus ce qui rentre par l'autre »}) \\ & = \\ & (\dots) \end{aligned}$$

1. **(3 points)** Énoncer sous forme de phrase le bilan de masse entre les sections 1 et 2.
2. **(4 points)** Exprimer l'équation correspondante liant V_0 , V_2 , α et β .
3. **(2 points)** Énoncer sous forme de phrase le bilan de quantité de mouvement entre les sections 1 et 2.
4. **(3 points)** Exprimer l'équation correspondante liant $p_2 - p_1$, V_0 , α , β et ρ . L'écrire sous la forme

$$p_2 - p_1 = f(\rho, V_0, \alpha, \beta)$$

Si vous n'y arrivez pas, proposez au moins par un argument dimensionnel la dépendance en ρ et V_0 attendue.

5. **(4 points)** Entre les sections 1 et 2, pour permettre le mélange intime des deux flux entrants, un travail des forces intérieures est nécessaire, au prix d'une dissipation irréversible d'énergie mécanique.
 - Écrire le bilan d'énergie mécanique entre les sections 1 et 2 en faisant intervenir la puissance des forces intérieures comme une inconnue.
 - Proposez par un argument dimensionnel la dépendance en ρ et V_0 attendue pour cette puissance mécanique dissipée.
 - Si vous avez le temps, exprimer cette puissance des forces intérieures en fonction de ρ , V_0 , α , β .
6. **(2 points)** Entre les sections 2 et 3, où la section est lentement variable, sans singularité et sans friction, exprimer à partir d'un théorème simple l'équation liant $p_3 - p_2$, V_2 , ρ et le rapport Σ/S .
7. **(2 points)** Application numérique : calculer V_2 , $p_2 - p_1$ et $p_3 - p_2$ pour $V_0 = 25 \text{ m.s}^{-1}$, $\alpha = 1/3$, $\beta = 1/2$ et $\Sigma/S = 3/2$.

1. magiques ?