

## PARTIES au choix du candidat (12 points)

Vous indiquerez sur votre copie **les 2 parties choisies** : A ou B ou C

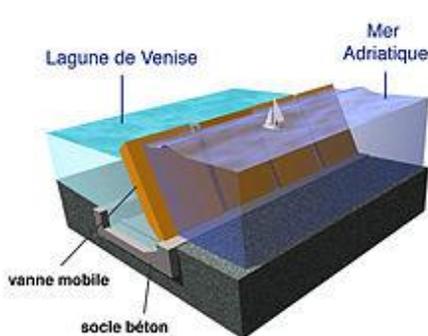
### Partie A. Prévision et lutte contre l'*aqua alta* de Venise avec le projet MOSE (6 points)

**Mots-clés :** débit, principe fondamental de la statique des fluides, puissance hydraulique, échangeurs et transferts thermiques.

#### Données

- Accélération de pesanteur  $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .
- Masse volumique de l'eau à  $20^\circ\text{C}$  :  $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .
- On suppose que la valeur de la pression atmosphérique est :  $P_0 = 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ bar}$ .

Le système MOSE (acronyme de MOdulo Sperimentale Elettromeccanico, « module expérimental électromécanique » ; de plus, le nom Mose (Moïse en italien) rappelle le personnage biblique dont le nom signifie « sauvé des eaux ») est un système intégré de défense formé de rangées de vannes mobiles escamotables.



Il permet d'isoler la lagune de Venise de la mer Adriatique durant les phénomènes de hautes marées dépassant un niveau établi (110 cm) et jusqu'à un niveau maximum de 3 mètres.

Cet ouvrage devrait permettre de défendre Venise contre les phénomènes extrêmes comme les inondations (« acqua alta ») et éviter sa dégradation morphologique, qui provoque l'envahissement progressif de la lagune par la mer et l'affaissement du sol.

La réalisation du projet a démarré en 2003 dans les trois passes du Lido, de Malamocco et de Chioggia, qui mettent en communication la lagune et la mer. La totalité des ouvrages est opérationnel depuis le 3 octobre 2020.

En cas de prévision d'une marée supérieure à 110 cm, les vannes sont vidées de leur eau par injection d'air comprimé et se soulèvent, pivotant autour de l'axe de leurs charnières jusqu'à émerger de l'eau et isoler la lagune de la mer en empêchant le passage du flux de la marée.



D'après [https://fr.wikipedia.org/wiki/Système\\_MOSE](https://fr.wikipedia.org/wiki/Système_MOSE)

Les 78 vannes mobiles sont réparties en quatre tronçons sur les trois entrées de la lagune. Elles sont installées à une profondeur  $h_1 = 20$  m sous le niveau de la mer. On considère que chaque vanne peut être modélisée par un caisson de largeur  $L = 20$  m, de hauteur  $H = 28$  m et d'épaisseur de l'ordre de  $e = 2$  m.

- Q12** - Déterminer la valeur du débit volumique de l'air  $D_V$  nécessaire pour que la levée d'une vanne suite à l'injection d'air comprimé prenne moins qu'une heure.
- Q13** - Sachant que la pression de l'air comprimé doit être supérieure à celle de l'eau dans le caisson de la vanne, montrer que la valeur de la pression seuil d'air comprimé  $P_{seuil}$  à appliquer pour que l'eau soit chassée du caisson et qu'il se soulève est d'environ 3 bar.
- Q14** - Donner la définition de la puissance utile  $P_u$  d'une pompe.
- Q15** - Montrer que la puissance utile  $P_{u\ min}$  minimale de la pompe permettant le soulèvement d'un caisson doit avoir une valeur approximative  $P_{u\ min} \approx 62$  kW.
- Q16** - En s'appuyant sur le document regroupant des exemples d'ordre de grandeur de puissance, commenter la valeur de la puissance utile nécessaire au soulèvement de toute la digue.

#### Ordres de grandeur de puissance

Puissance du flash d'un appareil photo amateur	12 kW
Puissance de l'alimentation de l'un des premiers ordinateurs (1951)	125 kW
Puissance nominale d'une éolienne	500 kW
Puissance de sortie mécanique d'un TGV duplex alimenté en 25 kV alternatif	9,1 MW
Puissance totale du paquebot Queen Mary 2 (lancé en 2004)	117 MW
Puissance électrique d'un réacteur nucléaire canadien CANDU	900 MW

D'après [https://fr.wikipedia.org/wiki/Ordres\\_de\\_grandeur\\_de\\_puissance](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ordres_de_grandeur_de_puissance)

À la sortie du compresseur, l'air comprimé est à une température trop élevée pour pouvoir être directement injecté dans les caissons qui sont construits en acier traité pour résister à la corrosion dans un milieu très agressif comme l'eau de mer salée.

L'air comprimé chaud sort du compresseur à vis à la température  $T_1 = 100^\circ\text{C}$ . Il est ensuite refroidi dans un échangeur thermique à faisceau tubulaire, avant stockage dans un réservoir.

On considère que l'air comprimé chaud est sec et que sa capacité thermique massique à pression constante a une valeur  $c_{air} = 1,00$  kJ·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>.

En première approximation, on suppose que la masse volumique de l'air comprimé reste constante pendant le refroidissement et que sa valeur est égale  $\rho_{ac} = 3,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

**Q17** - Décrire qualitativement le principe d'un échangeur thermique.

**Q18** - Donner la relation entre débit massique et débit volumique.

**Q19** - Calculer la valeur du débit massique de l'air comprimé dans le cas où la valeur du débit volumique de l'air est  $D_V = 0,50 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ .

**Q20** - Estimer la valeur de la puissance thermique à absorber pour refroidir l'air comprimé jusqu'à la température ambiante  $T_{amb} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ .