

**Installation d'une patinoire artificielle (d'après CCINP TSI 2020)****Document 5 - Le tapis glacier**

Pour installer une patinoire artificielle, la première condition requise est un sol plat, ferme et nivelé que l'on revêt d'un tapis glacier constitué par un réseau de tuyauteries reliées les unes aux autres et formant un circuit fermé. Celui-ci, placé sur le sol de la patinoire, est recouvert de sable ou d'un dallage en béton afin de le protéger.

Le circuit est rempli d'un mélange antigel et d'eau, puis relié à un système réfrigérant.

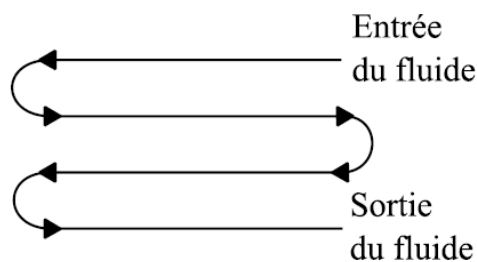
Une pompe fait circuler le liquide en continu dans le réseau de tuyauteries du tapis glacier. Peu à peu, le système réfrigérant abaisse la température du liquide entre  $-8\text{ °C}$  et  $-10\text{ °C}$ .

Ensuite, à l'aide d'une lance à eau, on pulvérise la première couche d'eau sur les tuyaux du tapis glacier et l'eau cristallise instantanément. L'opération est répétée plusieurs fois et, peu à peu, la couche de glace se forme. L'épaisseur idéale d'une piste de glace se situe entre 6 et 8 cm.

Source : *Article Patinoire de Wikipédia en français* (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Patinoire>)

On étudie un réseau de tuyauterie en forme de serpent (figure 9) utilisé dans certains tapis glaciers. Il comporte les éléments suivants :

- 4 tubes rectilignes de diamètre 60 mm et de longueur 8,0 m chacun ;
- 3 coudes à  $180^\circ$ .



**Figure 9** - Exemple de réseau de tuyauterie en forme de serpent

Le réseau de tuyauterie transporte un débit volumique  $D_v = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  considéré comme constant. La pression en entrée du réseau est  $P_1 = 3,0 \text{ bar}$ . Les caractéristiques du fluide de refroidissement, considéré comme incompressible en écoulement stationnaire dans le réseau de tuyauterie, sont les suivantes :

- viscosité dynamique :  $\eta = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$  ;
- masse volumique :  $\rho_f = 1,1 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ .

Afin d'assurer le refroidissement de la patinoire, il faut que la pression en sortie du réseau soit au minimum égale à 90 % de la pression en entrée.

### Document 6 - Le nombre de Reynolds

Afin de caractériser un écoulement, on peut utiliser le nombre de Reynolds donné par l'expression suivante :

$$R_e = \frac{vd\rho_f}{\eta}$$

avec :

- $v$  la vitesse moyenne d'écoulement du fluide à travers la section considérée (en  $\text{m s}^{-1}$ ) ;
- $d$  le diamètre de la conduite (en m) ;
- $\eta$  la viscosité dynamique du fluide (en  $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ) ;
- $\rho_f$  la masse volumique du fluide (en  $\text{kg m}^{-3}$ ).

On peut considérer que si  $R_e < 2\,000$ , l'écoulement est laminaire sinon il est turbulent.

- 1) Calculer la vitesse moyenne  $v$  d'écoulement du fluide dans le réseau de tuyauterie.
- 2) Montrer que l'écoulement dans les tubes rectilignes du réseau de tuyauterie est laminaire.
- 3) Représenter sur un schéma le profil de vitesse dans une section des tubes rectilignes.
- 4) Entre deux points d'une même ligne de courant et distants de quelques centimètres on pourra appliquer le théorème de Bernoulli sous la forme :

$$\frac{V^2}{2} + \frac{P}{\rho_f} + gz = Cte$$

Où  $V$  est la vitesse de l'écoulement,  $P$  la pression,  $\rho_f$  la masse volumique du fluide,  $g$  est l'intensité du champ de pesanteur terrestre et  $z$  l'altitude du point considéré.

Rappeler les conditions d'application de ce théorème de Bernoulli.

- 5) Un technicien souhaite vérifier la valeur du débit volumique en disposant du matériel suivant : un tube coudé et un tube droit de diamètres très inférieurs à celui du réseau de tuyauterie, une règle graduée et un outil pour percer la paroi du réseau de tuyauterie. Expliquer la démarche qu'il pourrait suivre. Pour cela :
  - Schématiser la situation
  - Donner l'expression du débit volumique que ce technicien pourra utiliser
  - Critiquer la validité de l'expression précédente.
- 6) Le technicien mesure une perte de charge totale  $\Delta h$  entre l'entrée et la sortie du réseau telle que  $\Delta h = -0,3\text{m}$ . Critiquer l'utilisation de l'équation de Bernoulli écrite ci-dessus et préciser si le refroidissement est bien assuré.