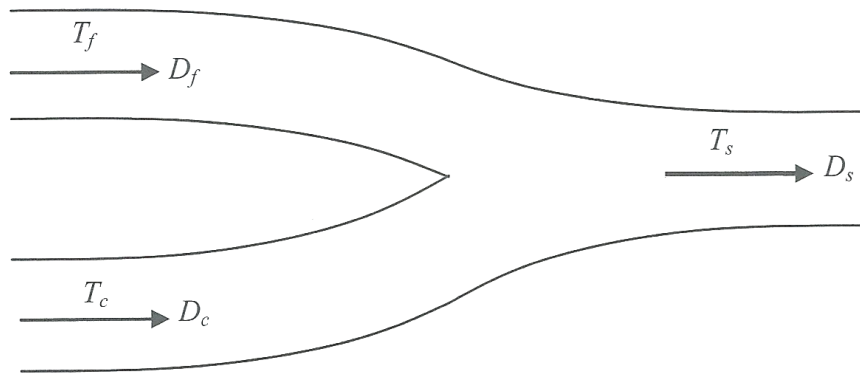


**EXERCICE 1 : Mitigeur (D'après notamment Centrale PSI 2019)**

Un mitigeur est un mélangeur permettant d'obtenir en sortie un débit et une température réglables à l'aide de deux arrivées d'eau : une arrivée d'eau froide et une arrivée d'eau chaude. Ce problème propose de comprendre l'avantage principal des mitigeurs thermostatiques sur les mitigeurs mécaniques.

On considère un mélangeur alimenté par deux canalisations d'eau : une canalisation d'eau à la température  $T_f$  avec un débit massique  $D_f$  et une autre de température  $T_c$  avec un débit massique  $D_c$ . On note  $D_s$  et  $T_s$  respectivement le débit et la température de l'eau en sortie du mitigeur. On fait l'hypothèse que le mitigeur est calorifugé et l'on raisonne en régime stationnaire.



Parmi les quatre valeurs proposées ci-dessous, quel débit  $D_s$  en sortie du mitigeur correspond à un fonctionnement normal ? Argumenter.

- |  |  |
|--|--|
| a. $2,0 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$             | c. $2,0 \times 10^2 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$ |
| b. $2,0 \times 10^1 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$ | d. $2,0 \times 10^3 \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}$ |

1) En effectuant un bilan de masse, exprimer  $D_s$  en fonction de  $D_c$  et  $D_f$ .

2) A partir du premier principe de la thermodynamique appliqué à un système fermé que l'on précisera et en supposant que la capacité calorifique massique à pression constante  $c_p$  ne dépend pas de la température, exprimer  $T_s$  en fonction de  $D_c$ ,  $D_f$ ,  $T_c$  et  $T_f$ .

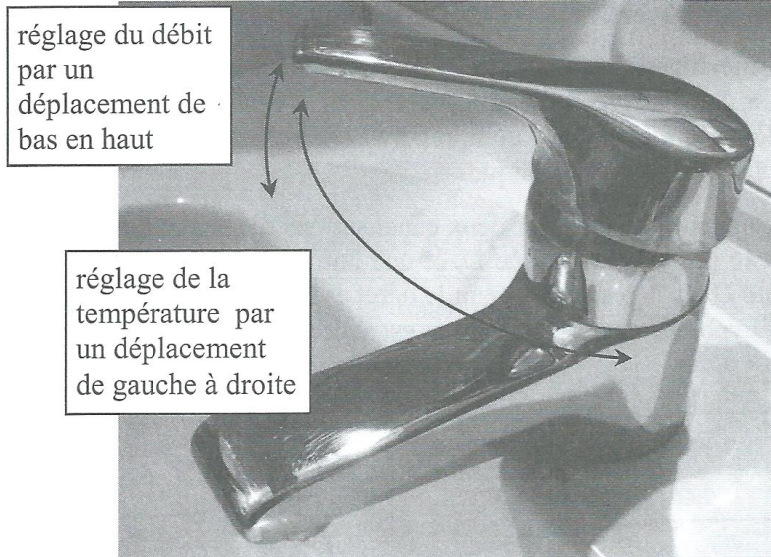
Dans une maison individuelle où le système de production d'eau chaude est à accumulation, la température  $T_c$  est fixée, l'eau froide étant à la température ambiante  $T_f$ . L'utilisateur souhaite régler le mitigeur afin d'avoir un certain débit  $D_s$  et une certaine température  $T_s$ .

3) Montrer que le mécanisme du mitigeur doit alors être réglé de telle manière à imposer des débits d'eau chaude et d'eau froide  $D_c$  et  $D_f$  dont on donnera les expressions en fonction des autres paramètres.

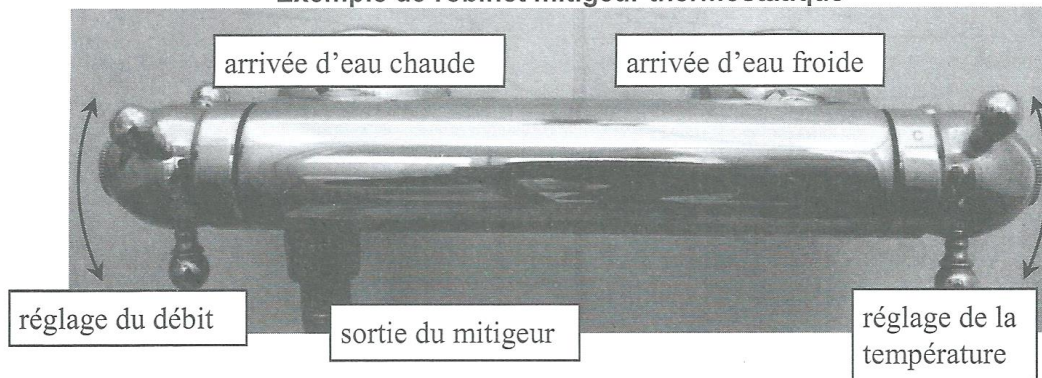
En pratique, les températures de l'eau chaude et de l'eau froide sont variables. Dans un mitigeur mécanique, le dispositif ne possède aucun système d'asservissement : la température de sortie va dépendre des températures de l'eau chaude et de l'eau froide. Pour quantifier cette dépendance, on considère le cas où le mitigeur est réglé pour une température  $T_{c,R} = 60^\circ\text{C}$  et  $T_{f,R} = 20^\circ\text{C}$ . L'utilisateur décide alors de mettre le chauffe-eau en mode « éco » tel que  $T_{c,\text{éco}} = 45^\circ\text{C}$  sans modifier le réglage du mitigeur.

4) Pour une température de l'eau froide de  $T_f = 16^\circ\text{C}$  et si l'utilisateur règle la température pour avoir « normalement »  $30^\circ\text{C}$  en sortie du mitigeur, quel sera la température *réelle* de l'eau sortant du mitigeur ? Commenter.

### Exemple de robinet mitigeur mécanique



### Exemple de robinet mitigeur thermostatique



Un mitigeur thermostatique contient un élément dilatable, par exemple une cartouche de cire. Si la température de l'eau chaude augmente brusquement, la régulation de température de l'eau de sortie est alors effectuée sans agir sur le réglage de la manette.

L'eau chaude arrive-t-elle sur l'entrée 1 ou l'entrée 2 du schéma de la figure 2 ? Justifier.

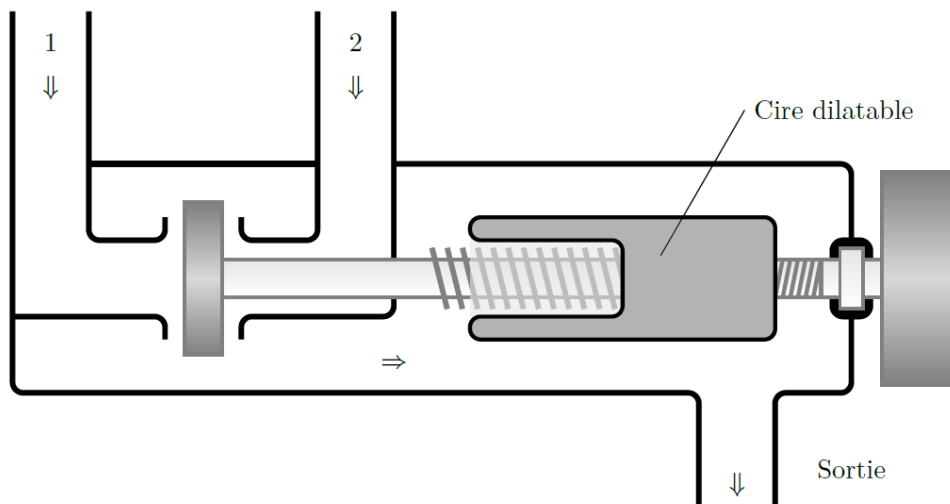
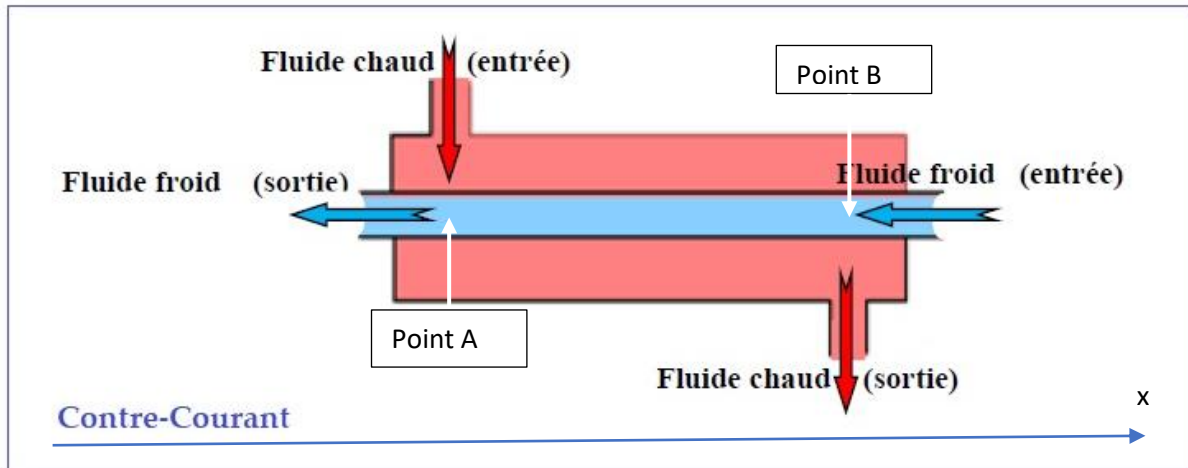


Figure 2 Mitigeur thermostatique schématique

## EXERCICE 2 : Echangeur à contre-courant

Deux fluides s'écoulent à contre-courant dans deux canalisations ; une schématisation du dispositif, que l'on utilisera pour la modélisation, est donnée ci-dessous :



L'ensemble de ces deux canalisations est supposé calorifugé et donc isolé thermiquement du milieu extérieur.

On repère un point par son abscisse  $x$ , comprise entre 0 (point A) et  $L$  (point B).

Le liquide chaud (1), de capacité thermique massique  $c_1$ , circule de A vers B avec un débit massique  $D_1$ . Soit  $T_1(x)$  sa température à l'abscisse  $x$ .

Le liquide froid (2), de capacité thermique massique  $c_2$ , circule de B vers A avec un débit massique  $D_2$ . Soit  $T_2(x)$  sa température à l'abscisse  $x$ .

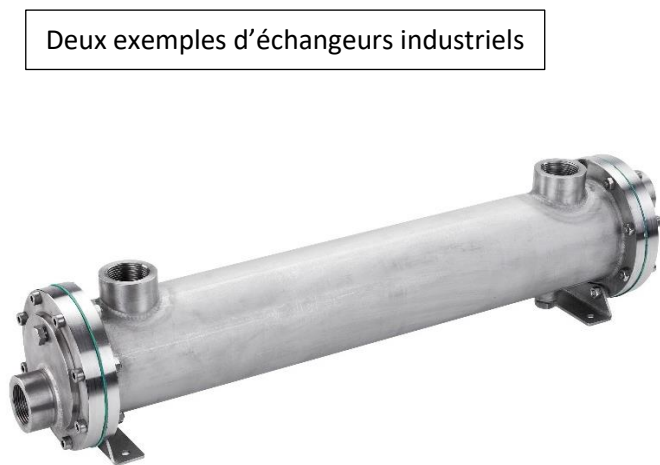
Le liquide 2 pénètre en B à la température  $T_{2b}$ , inférieure à  $T_{1a} = T_1(0)$ , connue, et ressort en A à la température  $T_{2a}$  que l'on souhaite la plus proche possible de  $T_{1a}$ .

La puissance thermique linéique d'échange entre les deux canalisations est de la forme  $P_{th,l} = \pm G(T_1(x) - T_2(x))$  (on réfléchira au signe suivant le sens de l'échange...).

- En appliquant deux fois le PPSO à deux systèmes bien choisis, écrire les deux équations différentielles couplées vérifiées par les températures  $T_1(x)$  et  $T_2(x)$ .
- Déterminer  $T_{2a}$  dans le cas où  $D_1 = D_2$  et  $c_1 = c_2$ . On effectuera le changement de variables  $\Delta(x) = T_1(x) - T_2(x)$ ,  $\Sigma(x) = T_1(x) + T_2(x)$  ; on posera  $\lambda = \frac{Dc}{G}$ . On donnera la dimension de cette quantité et on discutera son influence sur  $T_{2a}$



Echangeur à plaques



Echangeur tubulaire

Deux exemples d'échangeurs industriels