

Exercice A - Valoriser la « chaleur fatale » des centres de stockage de données

1. Déterminer le nombre de logements moyens qui pourraient être chauffés sur une année si toute la « chaleur fatale » des centres de stockage de données d'Île-de-France était valorisée. Commenter.

Il faut 10 MW.h pour un logement.

Avec 490 GW.h =  $490 \times 10^3$  MW.h on fournit  $N$  logements.

Par proportionnalité,  $N = \frac{490 \times 10^3}{10} = 49 \times 10^3$  logements.

Ce nombre de logements est très élevé, on comprend alors l'intérêt de valoriser cette « chaleur fatale ».

2. En supposant que les flèches représentent le sens réel des transferts d'énergie, sélectionner la schématisation appropriée parmi les trois proposées. Justifier le choix effectué.

Le schéma 1 convient.

Le centre de stockage de données reçoit du travail électrique pour faire fonctionner les ordinateurs.

La température des composants électroniques est plus élevée que celle du fluide caloporteur, donc celui-ci reçoit de l'énergie thermique.

Schéma 1



3. Pour le schéma choisi, indiquer, en justifiant la réponse, le signe du transfert thermique lorsque le centre de stockage de données est pris comme système thermodynamique d'étude.

Le centre de stockage cède de l'énergie thermique ainsi le transfert thermique est compté négativement.

4. Identifier l'unique proposition correcte pour chacune des trois affirmations suivantes. Justifier vos choix.

4.1. Par rapport à la température d'entrée  $T_e$ , la température de sortie  $T_s$  est :

- a. supérieure ;
- b. égale ;
- c. inférieure.

Le fluide caloporteur reçoit de l'énergie thermique donc sa température augmente.

4.2. Avec  $T_e$  et  $P$  constants, si le débit  $D_v$  augmente, alors la température  $T_s$  :

- a. augmente ;
- b. reste constante ;
- c. diminue.

Si le débit augmente alors un litre de fluide caloporteur reste moins longtemps en contact avec les composants électroniques chauds. Le flux de chaleur reçu est alors plus faible.

4.3. Avec  $T_e$  et  $D_v$  constants, si la puissance électrique  $P$  augmente, alors  $T_s$  :

- a. augmente ;
- b. reste constante ;
- c. diminue.

Le fluide reçoit davantage d'énergie thermique.

**5. On fixe une durée de référence d'étude  $t_{ref}$ .**

**5.1. Déterminer la masse  $m$  de fluide caloporteur qui rentre ou sort de l'installation pendant cette durée en fonction de  $D_V$ ,  $\rho$  et  $t_{ref}$ .**

$$D_V = \frac{V}{\Delta t} = \frac{\frac{m}{\rho}}{t_{ref}} = \frac{m}{\rho \cdot t_{ref}} \text{ donc } m = D_V \cdot \rho \cdot t_{ref}$$

*On vérifie l'homogénéité de cette expression avec les unités  $m^3 \cdot s^{-1} \cdot kg \cdot m^{-3} \cdot s = kg$ .*

**5.2. En appliquant le premier principe de la thermodynamique au système « centre de stockage de données » pour la durée  $t_{ref}$ , déterminer l'expression du transfert thermique reçu par le fluide caloporteur pendant la durée  $t_{ref}$ .**

La variation d'énergie du système est  $\Delta E = \Delta U + \Delta E_m$

Le centre de stockage est immobile, son énergie mécanique ne varie pas  $\Delta E_m = 0$ .

La variation d'énergie interne est due à des transferts d'énergie thermique  $Q$  et à des travaux  $W$ .

$$\Delta U = Q + W$$

On admet que le système cède toute l'énergie qu'il reçoit alors  $\Delta U = 0$ .

$$0 = Q + W$$

$$Q = -W$$

$$Q = -P \cdot t_{ref}$$

Le système centre de stockage perd  $-P \cdot t_{ref}$ , alors le fluide caloporteur reçoit  $+P \cdot t_{ref}$

**5.3. On peut établir l'expression suivante :  $T_s = T_e + \frac{P}{D_V \cdot \rho \cdot c}$**

**avec  $c$  la capacité thermique massique du fluide caloporteur. Commenter soigneusement cette expression en étudiant l'influence des différents paramètres sur la valeur de la température de sortie du fluide caloporteur.**

Cette expression est en accord avec les réponses précédentes

4.1. puisque  $T_s > T_e$ .

4.2. puisqu'avec  $T_e$ ,  $P$ ,  $c$  et  $\rho$  constants, si le débit  $D_V$  augmente, alors la température  $T_s$  diminue.

4.3. puisqu'avec  $T_e$ ,  $D_V$ ,  $c$  et  $\rho$  constants, si la puissance électrique  $P$  augmente, alors  $T_s$  augmente.

De plus si la masse volumique  $\rho$  ou la capacité thermique massique  $c$  du fluide diminue alors  $T_s$  augmente, avec les autres paramètres maintenus constants.

On considère que le fluide caloporteur possède une température  $T_e = 10\text{ °C}$  à l'entrée du centre de stockage de données et une température  $T_s = 50\text{ °C}$  à la sortie. Dans le cas du refroidissement d'une des unités construites à La Courneuve par Interxion, il faut un débit  $D_{eau} = 150\text{ L.s}^{-1}$  si le fluide est de l'eau et un débit  $D_{Novec} = 345\text{ L.s}^{-1}$  si le fluide est du Novec™ 7500.

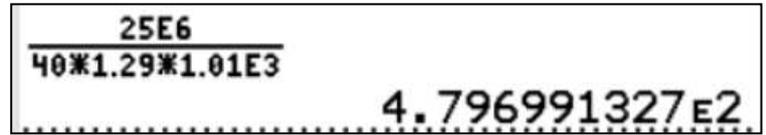
**5.4. Calculer la valeur du débit volumique  $D_{air}$  lorsque le fluide caloporteur est l'air. Commenter le résultat obtenu.**

$$T_s = T_e + \frac{P}{D_v \cdot \rho \cdot c} \text{ donc } T_s = T_e + \frac{P}{D_{air} \cdot \rho_{air} \cdot c_{air}}$$

$$T_s - T_e = \frac{P}{D_{air} \cdot \rho_{air} \cdot c_{air}}$$

$$D_{air} = \frac{P}{(T_s - T_e) \cdot \rho_{air} \cdot c_{air}}$$

$$D_{air} = \frac{25 \times 10^6}{(50 - 10) \times 1,29 \times 1,01 \times 10^3} = 4,8 \times 10^2 \text{ m}^3 = 4,8 \times 10^5 \text{ L.s}^{-1}$$



Avec de l'air, il faut un débit volumique beaucoup plus élevé qu'avec de l'eau ou du Novec 7500. Ceci était prévisible car la masse volumique de l'air est beaucoup plus faible que celles de ces deux autres fluides.

**6. Identifier, pour chacun des trois fluides caloporteurs, ses avantages et ses inconvénients d'utilisation dans la perspective d'un chauffage urbain.**

Pour l'air, comme on vient de le calculer, le débit volumique nécessaire est bien trop grand. Il faudrait des ventilateurs très consommateurs d'énergie. Mais l'avantage est que l'air peut circuler facilement entre les composants électroniques.

Pour l'eau, le débit relativement faible est un avantage. L'impossibilité de faire circuler l'eau directement sur les composants électroniques est un inconvénient.

Enfin pour le Novec 7500, avantage : un débit raisonnable ; inconvénient : si les composants baignent dans le fluide alors il est difficile de les changer en cas de panne.