

CH10: Calorimétrie

Enjeu:

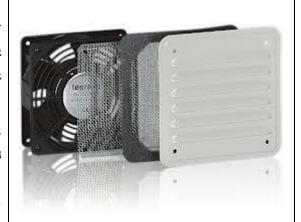
Dimensionnement d'une armoire électrique.

Problématique :

Dans le chapitre précédent, vous avez déterminez qu'il fallait évacuer de l'armoire par ventilation une énergie thermique minimale de 406W pour garantir une température de fonctionnement correct des composants électriques.

On considéra que l'air est injecté à $18^{\circ}C$ et rejeté à $35^{\circ}C$. La masse volumique de l'air vaut $\rho_{air}=1.15~kg\cdot m^{-3}$ et sa capacité thermique vaut $C_{p_{air}}=1000~J\cdot K^{-1}\cdot kg^{-1}$.

Il vous revient la charge de dimensionner le ventilateur qui permettra le bon fonctionnement des composants de l'armoire.



Rapport au programme :

1. Energie:

1.3 Energie thermique

Objectifs:

A l'issue de la leçon, l'étudiant doit :				
10.1	Savoir calculer l'énergie thermique nécessaire à une augmentation de température			
	d'un corps connaissant sa capacité thermique.			
10.2	Savoir calculer l'énergie thermique nécessaire au changement d'état d'un corps			
	connaissant sa chaleur latente.			
10.3	Savoir exploiter le diagramme des phases de l'eau afin de déterminer son état, la			
	température et la pression étant données			

Travail à effectuer :

- 1. Réaliser la fiche résumée de la leçon en utilisant l'annexe.
- 2. En partant de la puissance, déterminez la valeur de l'énergie thermique Q qu'il faut évacuer chaque seconde par ventilation pour répondre à la problématique.
- 3. Y-a-t-il un changement d'état de l'air entre les températures de l'air injecté et rejeté? Quelle relation peut-on alors utiliser pour déterminer l'énergie thermique évacuée par cet abaissement de température de l'air?
- 4. Utiliser cette relation pour déterminer la masse d'air qu'il vaut évacuer chaque seconde pour

répondre à la problématique.

- 5. En déduire le volume d'air qu'il faut évacuer chaque seconde.
- 6. En déduire le débit d'air en m^3/h que doit assurer le ventilateur.
- 7. Choisir dans le catalogue fourni en fichier pdf, le modèle de ventilateur permettant ce débit.



Annexe du CH10 : Cours de calorimétrie

1. Comment calculer l'énergie nécessaire à l'élévation de température d'un corps ?

La capacité thermique est l'énergie qu'il faut apporter à un corps pour augmenter sa température de un Kelvin. Elle s'exprime en Joule/Kelvin.

La notion de capacité thermique (réserve de chaleur) a été introduite par analogie avec la capacité électrique (réserve d'énergie électrique)

Pour calculer la quantité d'énergie Q nécessaire à une élévation de température ΔT :

 \Rightarrow Soit on connait directement la capacité thermique C_{th} du corps en J.K⁻¹. On a alors :

$$Q = C_{th} \Delta T$$
[J] [K] ou [°C]

 \Rightarrow Soit on connait la capacité thermique massique Cp du corps en J.K⁻¹.kg⁻¹ et la masse m du corps. On a alors :

$$egin{aligned} & \left[\mathsf{J}.\mathsf{K}^{ ext{-}1}\mathsf{kg}^{ ext{-}1}
ight] \ & oldsymbol{Q} &= oldsymbol{m} oldsymbol{C}_p \Delta oldsymbol{T} \ & \left[\mathsf{kg}
ight] & \left[\mathsf{K}
ight] ext{ ou } \left[^\circ \mathsf{C}
ight] \end{aligned}$$

Exemples de valeurs de capacité thermique massique :

Corps	ε, en J. K-1. kg-1
Cuivre	385
Aluminium	900
Laiton	377
Argent	236
Fer	444
Huile (liquide)	2 000
Bois	420
Béton	880
Eau vapeur	1 850
Eau liquide	4 180
Eau solide (0 °C)	2 060
Hydrogène (gaz)	14 300
Oxygène	920
Air	1 005

2. Comment calculer l'énergie nécessaire au changement d'état d'un corps ?

Lorsque l'on chauffe un mélange d'eau et de glace à pression atmosphérique, tant que la glace n'est pas entièrement fondue, la température de l'ensemble reste constante et égale à 0°C.

L'apport d'énergie thermique n'élève donc pas la température du système, mais permet un changement d'état : la fusion.

On observe le même phénomène pour la vaporisation. Lorsque l'on chauffe de l'eau, la température croît jusqu'à l'ébullition. A cet instant la vaporisation commence et le mélange eau et de vapeur d'eau reste à une température constante de $100^{\circ}C$. Ce n'est que lorsque toute l'eau sera vaporisée que la température de la vapeur pourra augmenter.

Généralisation : Sous pression constante, tout changement d'état s'effectue à T° constante. Celui-ci met en jeu une certaine quantité de chaleur correspondant à l'énergie nécessaire pour la modification du corps au niveau moléculaire.

Pour calculer l'énergie thermique nécessaire à un changement d'état, il faut connaître la valeur d'une grandeur appelée chaleur latente, noté L. Cette valeur dépend de la nature du corps (air, eau, ...) et du changement d'état ($(L_f$ pour la fusion, L_v pour la vaporisation,...).

On a alors:

$$\frac{\boldsymbol{Q} = \boldsymbol{mL}^{[\mathsf{J}.\mathsf{kg}^{-1}]}}{[\mathsf{J}] \quad [\mathsf{kg}]}$$

Remarque : réciproquement, lors d'une solidification ou d'une liquéfaction, le corps cède de l'énergie thermique. Pour la calculer, on utilise la même relation avec L_s = - L_f pour la solidification et L_l = - L_v pour la liquéfaction (on aura donc Q < 0).

Les chaudières à condensation utilisent ce principe : les gaz de combustion sont mis au contact de la canalisation de retour des radiateurs (eau tiède). Ces gaz, ainsi refroidis, se condensent sur la canalisation et transmettent de l'énergie thermique à l'eau qui y circule. On rejette ainsi des gaz moins chauds (limite l'effet de serre), tout en récupérant de l'énergie pour chauffer l'eau des radiateurs.

3. Qu'est-ce que le diagramme des phases de l'eau ?

C'est un diagramme qui permet de déterminer l'état (solide, liquide ou gazeux) de l'eau en fonction des conditions de température et de pression.

Il permet également de déterminer les températures de fusion ou d'ébullition en fonction de la pression.

Rappel sur les changements d'état :

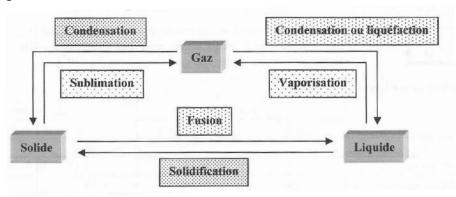
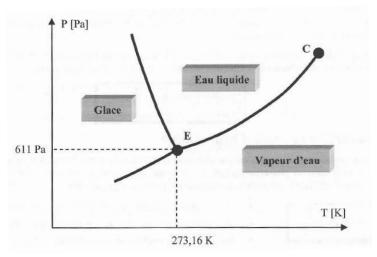


Diagramme des phases de l'eau:



Le point E est appelé point triple : sous ces conditions de pression (611 Pa) et de température (273,16K), l'eau peut coexister sous les 3 états (solide, liquide et gaz).

Le point C est appelé point critique : c'est la limite en pression et en température à partir de laquelle le changement d'état liquide/gaz devient impossible.

Au-delà du point critique, l'eau est dans un état appelé fluide supercritique. Les propriétés physiques d'un fluide supercritique sont intermédiaires entre celles des liquides et celles des gaz.

A pression atmosphérique, on retrouve les différents états de l'eau et les températures de changement d'état sur cette courbe de phase.

