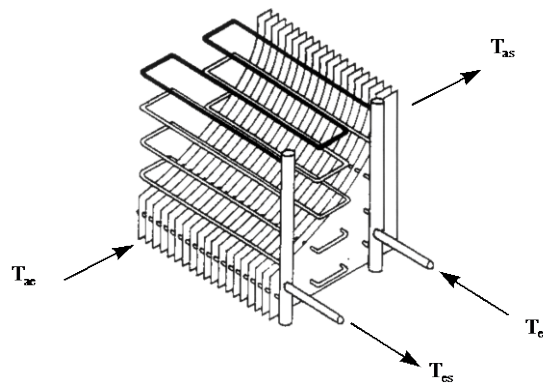
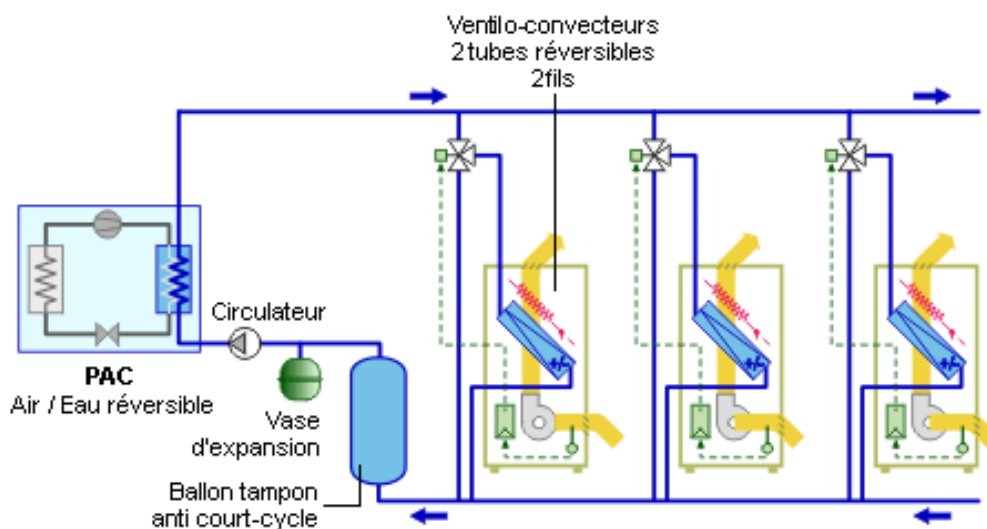


Etude de la batterie à Eau Glacée

La batterie froide à eau glacée est le composant central des systèmes de climatisation classique que l'on trouve dans les centrales de traitement d'air ou les ventilo-convecteurs. La batterie froide est un échangeur de chaleur entre deux fluides, l'air (fluide secondaire) et généralement l'eau (fluide primaire). La batterie est constituée de plusieurs rangées de tubes reliés entre eux par des coudes afin de former des circuits de circulation de fluide. Le fluide primaire (eau) circule dans les tubes qui sont perpendiculaires à l'écoulement du fluide secondaire (air). Afin d'équilibrer les résistances thermiques côté air et côté eau, on augmente la surface d'échange côté air à l'aide d'ailettes.

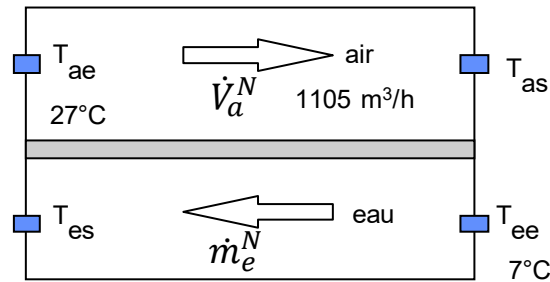


Il s'agit ici de caractériser les performances de la batterie froide. Dans l'installation présentée ci-dessous, le système est dimensionné pour une température départ du système de production d'eau glacée (PAC réversible) de 7°C et un retour à 12°C.



On s'intéressera ici à un ventilo-convecteur pour une pièce du bâtiment. Le besoin de refroidissement maximal pour la pièce est de 4,5 kW. Un constructeur nous propose un ventilo convecteur de puissance sensible 4647 W en conditions nominales (température d'eau : 7/12°C et température d'entrée de l'air 27°C avec un débit d'air de 1105 m³/h. La puissance absorbée par le moteur du ventilateur est de 77 W.

On suppose qu'il n'y a pas de condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'air à la surface de l'échangeur. On suppose enfin l'échangeur sans pertes thermiques avec l'extérieur. On fait l'hypothèse que la batterie froide se comporte comme un échangeur à contre-courant (hypothèse valable à partir de 3 rangées de tubes). On suppose le régime permanent. Le flux d'air à travers une section de la batterie, perpendiculairement à la direction de l'écoulement, est supposé uniforme en vitesse et température. Symboliquement, l'échange peut être représenté comme ci-dessous :



Dans la gamme de température considérée :

$$C_{pe} = 4186 \text{ J/(kg.K)}$$

$$C_{pa} = 1006 \text{ J/(kg.K)}$$

$$\mu_e = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ kg/(m.s)}$$

$$\mu_a = 1,85 \cdot 10^{-5} \text{ kg/(m.s)}$$

$$\lambda_e = 0,583 \text{ W/(m.K)}$$

$$\lambda_a = 0,0262 \text{ W/(m.K)}$$

$$\rho_e = 1003 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_a = 1,177 \text{ kg/m}^3$$

Tubes en cuivre

4 rangs comportant 4 tubes

$$d_{int} = 0,0109 \text{ m}$$

$$d_{ext} = 0,0127 \text{ m}$$

$$\lambda_{Cu} = 389 \text{ W/(m.K)}$$

Ailettes en aluminium

$$S_{ailettes} = 13,67 \text{ m}^2 \text{ surface d'ailettes}$$

$$e_a = 0,0002 \text{ m} \text{ épaisseur}$$

$$P_a = 0,002 \text{ m} \text{ pas ou espacement}$$

$$2.L_a = 0,045 \text{ m} \text{ espace inter-tubes (centre à centre)}$$

$$\lambda_a = 200 \text{ W/(m.K)}$$

Nombre d'ailettes par tube : 225

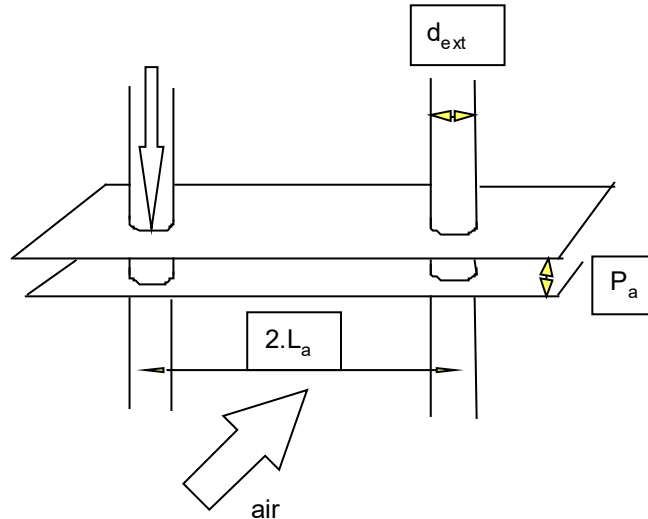
$$\text{Section de passage de l'air : } S_{passage} = 0,052 \text{ m}^2$$

1. - Etude globale - Identification des caractéristiques de l'échangeur à partir d'un point de fonctionnement nominal

Au régime nominal de l'échangeur ; connaissant la puissance échangée $\dot{Q} = 4647 \text{ W}$, déterminer le débit d'eau, \dot{m}_e^N , et la température de l'air en sortie d'échangeur, T_{as} . En déduire, le coefficient d'échange global KS^N (W/K). On néglige la conduction dans le tube. On suppose que la résistance côté air correspond à 35% de la résistance totale. Déterminer les deux coefficients KS_{air}^N et KS_{eau}^N .

2. - Etude locale - Variation du coefficient d'échange dans le cas où les débits varient

Déterminer les régimes d'écoulement côté air et côté eau. Pour l'air, on commencera par déterminer le diamètre hydraulique équivalent correspondant à la géométrie ci-dessous.



Résistance côté eau

Le débit total d'eau se répartit dans 4 tubes de diamètre intérieur 0,0109 m montés en parallèle. En déduire la vitesse de l'eau. Quelle corrélation peut-on utiliser pour le coefficient d'échange à l'intérieur des tubes ? Justifier votre réponse. En déduire h_{eau}^N (W/m².K).

Donner l'expression du coefficient d'échange côté eau KS_{eau} en fonction du débit \dot{m}_e et de sa valeur au régime nominal KS_{eau}^N .

Résistance côté air

Compte tenu de l'emprise des tubes et des ailettes, la section de passage nette de l'air est de 0,052 m². On utilisera la corrélation de Colburn (les coefficients et exposants dépendent de la géométrie des ailettes) :

$$Nu = 0,095 \cdot Re^{0,7} Pr^{0,33}$$

Déterminer h_{air}^N (W/m².K). Représenter l'échange entre eau et air par un schéma d'analogie électrique en faisant apparaître côté air les résistances dues aux tubes et aux ailettes. En supposant une efficacité

d'ailette de 0,9 ; En déduire KS_{air}^N et comparer la valeur trouvée à celle obtenue dans la première partie.

On pourra donner une expression du coefficient d'échange côté air KS_{air} en fonction du débit \dot{m}_a et de sa valeur au régime nominal KS_{air}^N .

3 - Détermination des conditions de sortie pour un débit non nominal

A partir de ce qui précède, comment déterminer les conditions de sortie T_{es} , T_{as} et la puissance échangée \dot{Q} dans l'échangeur dans le cas où le débit d'eau varie. Ces conditions dites "non nominales" sont :

T_{ee} et T_{ae} sont inchangées
 $\dot{m}_e = 0,15 \text{ kg/s}$
et le débit d'air est inchangé

A priori 2 méthodes de calcul d'échangeur présentées en cours sont envisageables : la méthode (KS, ΔT_{LM}) ou la méthode (NUT, efficacité E).

Laquelle est la mieux adaptée au problème d'un fonctionnement non nominal ? Pourquoi ?