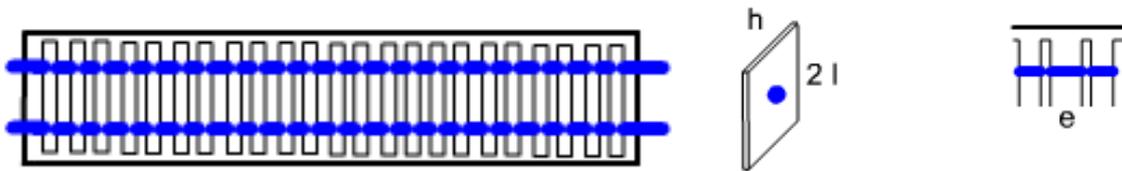


Paramétrage de l'échangeur

L'échangeur de chaleur air-eau que nous cherchons à paramétrer correspond à celui présenté section 17.2.1 du tome 3 du livre Systèmes Energétiques. Il s'agit d'un échangeur à tubes et ailettes, d'efficacité epsilon égale à 0,84.

Cet échangeur est destiné à refroidir 0,011738 kg/s d'air sortant d'un compresseur à 5 bars et 275 °C grâce à un débit de 0,02 kg/s d'eau froide passant dans un serpentin de deux tubes en parallèle, disposés en plusieurs nappes.



Le diamètre extérieur des tubes est de 15 mm, et leur épaisseur de 1,5 mm. L'espacement entre les ailettes est de 3 mm.

A l'intérieur des tubes, d_h est donné, et le calcul de Ac est très simple : il est égal au produit du nombre de tubes par la section unitaire. Pour un diamètre extérieur des tubes de 15 mm et une épaisseur de 1,5 mm, le diamètre intérieur vaut 12 mm. Un calcul simple montre que, pour deux tubes, Ac vaut 0,000226195 m².

A l'extérieur des tubes, les calculs sont un peu plus compliqués. Les schémas à l'écran montrent la disposition des ailettes autour des tubes d'eau en bleu : il s'agit d'ailettes rectangulaires de demi-longueur $l = 1$ cm et de profondeur $h = 2$ cm, d'espacement $e = 3$ mm, enfoncées perpendiculairement aux tubes. Leur nombre n_a par nappe doit être déterminé. On commencera par le prendre égal à 100.

La détermination des différentes grandeurs ne pose pas de problème particulier et peut être fait dans un tableur :

écartement e	0,0030	
demi hauteur l	0,01	
profondeur	0,02	
nb ailettes	100	
Ac élémentaire	0,000015	$2 l e - d e$
Ac total	0,003	
épaisseur d'ailette	0,0003	
longueur de l'échangeur	0,33	$nb (e + \text{épaisseur})$
Surface étendue	0,00057381	$2 (2 l h - \pi d^2/4) + \pi d e - \pi d$
Surface initiale	0,00014137	$\pi d e$
facteur de surface	4,05884242	

périmètre mouillé 0,046 2 (2 l +e)
dh 0,00130435 4 Ac/p

On a fait ici l'hypothèse que la section de passage dévolue au fluide était la section minimale au niveau du centre des tubes, supposés disposés dans le même plan, et que l'épaisseur d'ailettes est égale à 1/10^{ème} de l'espacement, soit 0,3 mm.

Premier paramétrage utilisant les corrélations simples

En entrant ce paramétrage dans l'échangeur, la surface calculée vaut 0,0695 m², ce qui conduit à un besoin de 2,8 nappes de deux tubes.

En réduisant le nombre d'ailettes de 100 à 90, le dimensionnement du tableur est légèrement modifié, la section de passage dévolue à l'air passant à 0,0027 m².

Echangeur Quitter

hlc
hlvc
hc = 669.14 Re = 229.38

hlf
hlvf
hf = 759.07 Re = 1442.18

refroidissement

free flow area	0.0027
hydr. diameter	0.0013
length	0.06
surface factor	4.0
fin effectiveness	0.8

eau

free flow area	0.000226
hydr. diameter	0.012
length	0.9
surface factor	1
fin effectiveness	1

e/λ	<input type="text" value="0"/>
Hx design area	<input type="text" value="0.0672"/>
average U	<input type="text" value="355.6342"/>

ext_tube | Colburn correlation for single phase flow outside tubes

correlation settings

Total press. drop	<input type="text" value="0.000384"/>	Sing. ΔP loss coeff. K	<input type="text" value="0"/>
friction factor	<input type="text" value="0.279019"/>	Sing. press. drop	<input type="text" value="0"/>

int_tube | Mac Adams correlation for single phase flow inside tubes

correlation settings

Total press. drop	<input type="text" value="0.000131"/>	Sing. ΔP loss coeff. K	<input type="text" value="0"/>
friction factor	<input type="text" value="0.044378"/>	Sing. press. drop	<input type="text" value="0"/>

Après avoir entré cette valeur dans l'écran technologique, la surface calculée passe à 0,0671 m², et le nombre de nappes devient égal à 3.

Il y a donc six tubes de 0,297 m, soit environ 1,80 m de tube, avec un total de 540 ailettes.

Renaud Gicquel

janvier 2021

La longueur de l'échangeur côté air est de 3 fois 2 cm = 6 cm, et celle des tubes d'eau de 3 fois 0,297 cm = 0,9 m. Elles servent à calculer les pertes de charge, ici négligeables.

Second paramétrage utilisant les corrélations spécifiques aux échangeurs à tubes et ailettes

Dans le paramétrage précédent, nous avons estimé le renforcement des échanges côté air en considérant qu'elles multipliaient par 4 la surface d'échange, avec une efficacité égale à 80 %.

Il est aussi possible d'utiliser une corrélation spécifique aux échangeurs à tubes et ailettes, du type de celle de (Wang, Chi & Chang, 2000).

La figure suivante montre le paramétrage auquel on parvient.

Echangeur Quitter

hlc
hlvc
hc = 653.82 Re = 229.38

hlf
hlvf
hf = 759.07 Re = 1442.18

refroidissement

free flow area	0.0027	airCoil_wcc Wang, Chi & Chang correlation for fin air coil flow outside ...
hydr. diameter	0.0013	correlation settings
length	0.06	
surface factor	1	Total press. drop 0.000916
fin effectiveness	1	friction factor 0.667020

Sing. ΔP loss coeff. K 0
Sing. press. drop 0

e/λ 0.0000001

Hx design area 0.0680

average U 351.2469

eau

free flow area	0.000226	int_tube Mac Adams correlation for single phase flow inside tubes
hydr. diameter	0.012	correlation settings
length	0.9	
surface factor	1	Total press. drop 0.000131
fin effectiveness	1	friction factor 0.044378

Sing. ΔP loss coeff. K 0
Sing. press. drop 0

Les paramètres de la corrélation retenus sont les suivants :

Wang, Chi & Chang correlation for fin air coil flow outside tubes

Nusselt correlation

Fin spacing Fp	<input type="text" value="0.00300"/>	Row number N	<input type="text" value="3.00000"/>
Collar diameter Dc	<input type="text" value="0.01500"/>		
Parallel pitch Pl	<input type="text" value="0.05500"/>	<input type="checkbox"/> laminar flow	
Transverse pitch Pt	<input type="text" value="0.0200"/>		

On retrouve les espacements Fp de 3 mm entre les ailettes et Pt de 20 mm entre les tubes, le diamètre extérieur des tubes Dc de 15 mm, et le nombre de nappes N égal à 3. On a de plus considéré un espacement de Pl 55 mm entre les nappes.

La corrélation retenue prenant en compte de manière implicite l'existence des ailettes, le facteur de surface et l'efficacité d'ailettes ont été fixés égaux à 1 dans ce cas.

La surface calculée est légèrement plus grande (0,068 m²), mais les résultats sont tout à fait cohérents.