

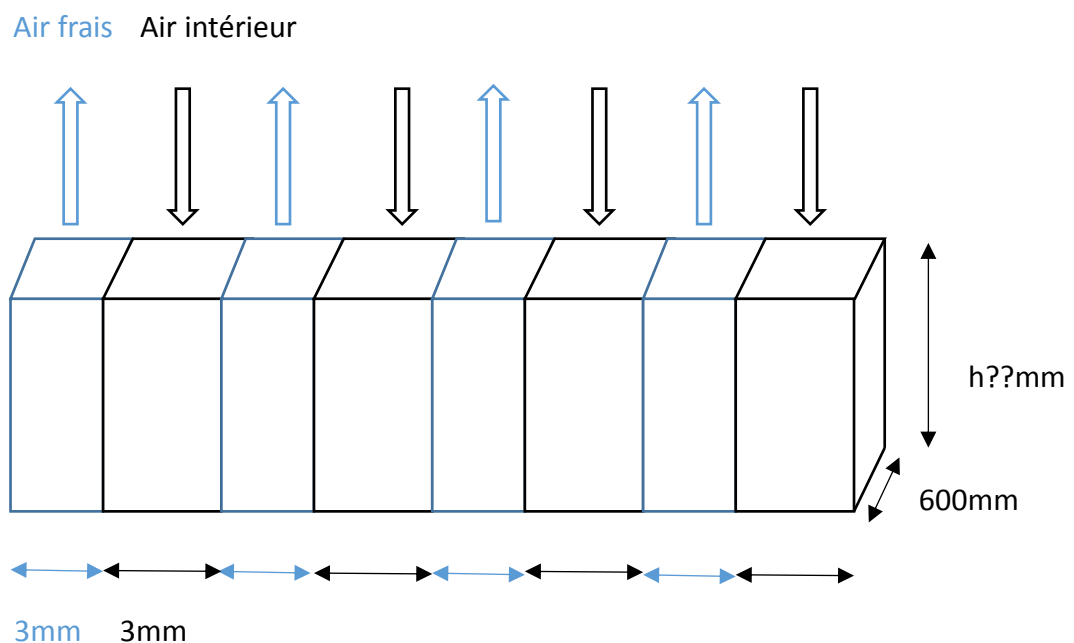
Echangeurs de chaleur et récupération de la chaleur fatale

Examen de rattrapage 2018-2019

L'objectif de cet examen est de comparer les performances d'un échangeur à contre-courant et d'un échangeur à courants croisés. Certaines dimensions et les points de fonctionnement des deux dispositifs sont similaires, seul le nombre de cellule change.

Exercice n°1 : Echangeur Contre-courant. Application de la méthode DTLM.

On veut réchauffer de l'air frais à un débit de $3600 \text{ m}^3/\text{h}$ de -5°C à 5°C en refroidissant un débit d'air intérieur de $3600 \text{ m}^3/\text{h}$ pris à 20°C . Pour cela, on utilise un réchauffeur à plaques schématisés ci-dessous qui comprend $N=38$ cellules « air intérieur » alternée avec $N+1=39$ cellules « air frais »



Les cellules « air intérieur » ont une section de $3\text{mm} \times 600\text{mm}$, les cellules « air frais » ont une section identique. Les circulations d'air se font à contre-courant. Les plaques sont en verre de faible épaisseur (2mm). On admettra qu'à la même température, les propriétés physiques de l'air extérieur et de l'air intérieur sont identiques (i.e. on ne prend pas en compte le taux d'humidité).

- 1) Calculer le flux de chaleur échangé et la température de sortie (de l'échangeur) de l'air intérieur
- 2) Calculez les vitesses moyennes de l'air et des fumées.
- 3) Calculer le coefficient d'échange par convection h_a coté air et h_f coté fumées en utilisant la relation de Chilton-Colburn :

$$\text{Nu} = 0,023 \text{ Re}^{0,8} \text{Pr}^{1/3}$$

- 4) Quelle est la surface d'échange et donc la hauteur h inconnue de l'échangeur?

Exercice n°2 : Dimensionnement d'une VMC. Application de la méthode NUT.

On se propose d'étudier un échangeur permettant de transférer de la chaleur entre de l'air extrait d'un local à 20°C et de l'air frais introduit à -5°C, les débits volumiques d'entrée et de sortie sont égaux et valent 3600 m³/h. Les tables de l'air sont données en annexe. La relation efficacité NUT pour les échangeurs à courant croisé non brassé y est également rappelée.

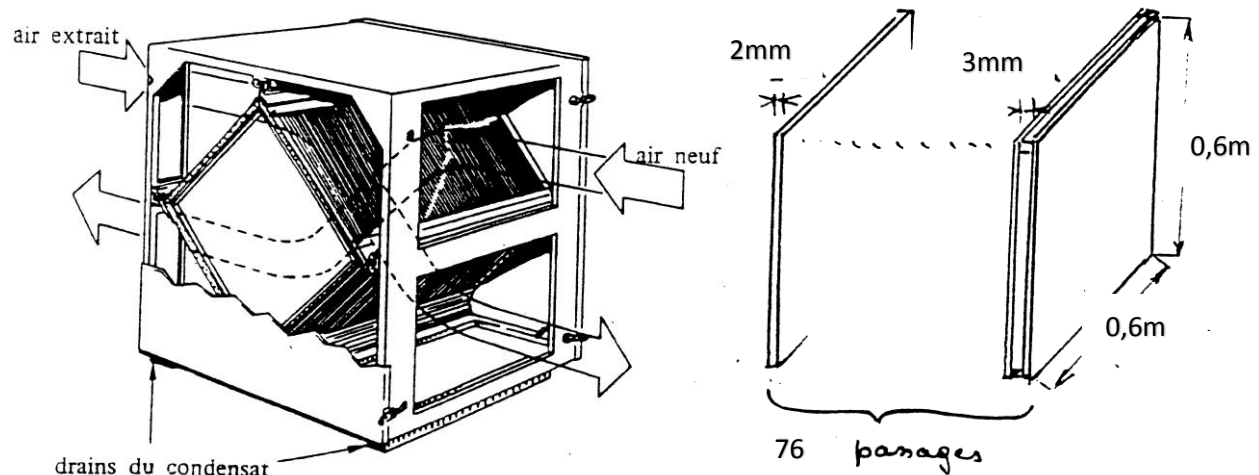


Figure 1: VMC

Le dispositif proposé est représenté figure 1, il est constitué de 77 plaques de verre d'épaisseur $e = 2$ mm et de dimension 60 cm x 60 cm, espacés d'une entretoise $\delta = 3$ mm laissant ainsi 38 espaces pour l'air chaud et 38 espaces pour l'air froid (alternativement). Le coefficient de conduction thermique du verre vaut $\lambda_{\text{verre}} = 0,81$ W/m/K. On négligera l'encrassement des plaques.

1. Calculer l'ordre de grandeur des températures de sortie de l'air (ou pourra supposer par exemple que le coefficient d'échange par convection h est de l'ordre de 100 W/m²/K). Vous pouvez appliquer dès à présent la méthode NUT ou utiliser les résultats de la méthode DTLM de l'exercice précédent (si vous l'avez trouvé). Dans ce dernier cas, justifiez son utilisation.
2. Déterminer les températures moyennes (arithmétiques) de l'air entre l'entrée et la sortie pour l'air neuf froid T_{mf} et l'air extrait chaud T_{mc} .
3. Calculer les températures de la paroi en verre et les températures de films. Vous utiliserez la table en annexe pour les caractéristiques de l'air.
4. Evaluer les coefficients d'échange h_c et h_f coté air chaud et air froid en utilisant la relation de Chilton-Colburn avec les températures de film :

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr^{1/3}$$

5. En déduire le coefficient d'échange global K .
6. Par application de la méthode NUT, déterminer l'efficacité ε de l'échangeur puis calculer les températures de sortie de l'air extrait chaud T_{sc} et de l'air neuf froid T_{sf} .
7. En déduire la puissance totale échangée ϕ .

Annexes

Température (K)	Densité (kg/m ³)	Cp (kJ/kg-K)	Cond. Therm. (mW/m-K)	Viscosité (μPa-s)	Prandtl
268	1,3004	1,0059	23,606	16,998	0,7243
269	1,2956	1,0059	23,681	17,049	0,72414
270	1,2908	1,0059	23,757	17,099	0,72397
271	1,286	1,0059	23,833	17,15	0,72381
272	1,2812	1,0059	23,908	17,2	0,72365
273	1,2765	1,0059	23,984	17,25	0,72349
274	1,2718	1,0059	24,059	17,3	0,72333
275	1,2672	1,0059	24,135	17,35	0,72317
276	1,2626	1,006	24,21	17,4	0,72302
277	1,258	1,006	24,285	17,45	0,72286
278	1,2535	1,006	24,36	17,5	0,72271
279	1,249	1,006	24,435	17,55	0,72256
280	1,2445	1,006	24,51	17,6	0,7224
281	1,2401	1,0061	24,585	17,649	0,72225
282	1,2356	1,0061	24,659	17,699	0,7221
283	1,2313	1,0061	24,734	17,748	0,72196
284	1,2269	1,0061	24,808	17,798	0,72181
285	1,2226	1,0062	24,883	17,847	0,72166
286	1,2183	1,0062	24,957	17,897	0,72152
287	1,2141	1,0062	25,032	17,946	0,72137
288	1,2098	1,0062	25,106	17,995	0,72123
289	1,2056	1,0063	25,18	18,044	0,72109
290	1,2015	1,0063	25,254	18,093	0,72095
291	1,1973	1,0063	25,328	18,142	0,72081
292	1,1932	1,0063	25,402	18,191	0,72067
293	1,1891	1,0064	25,475	18,24	0,72054
294	1,1851	1,0064	25,549	18,288	0,7204
295	1,181	1,0064	25,623	18,337	0,72027

Relation efficacité NUT pour un écoulement à courant croisés non brassés

$$\varepsilon = 1 - \exp\left(\frac{NUT^{0,22}}{R} \left(\exp(-R NUT^{0,78}) - 1\right)\right)$$