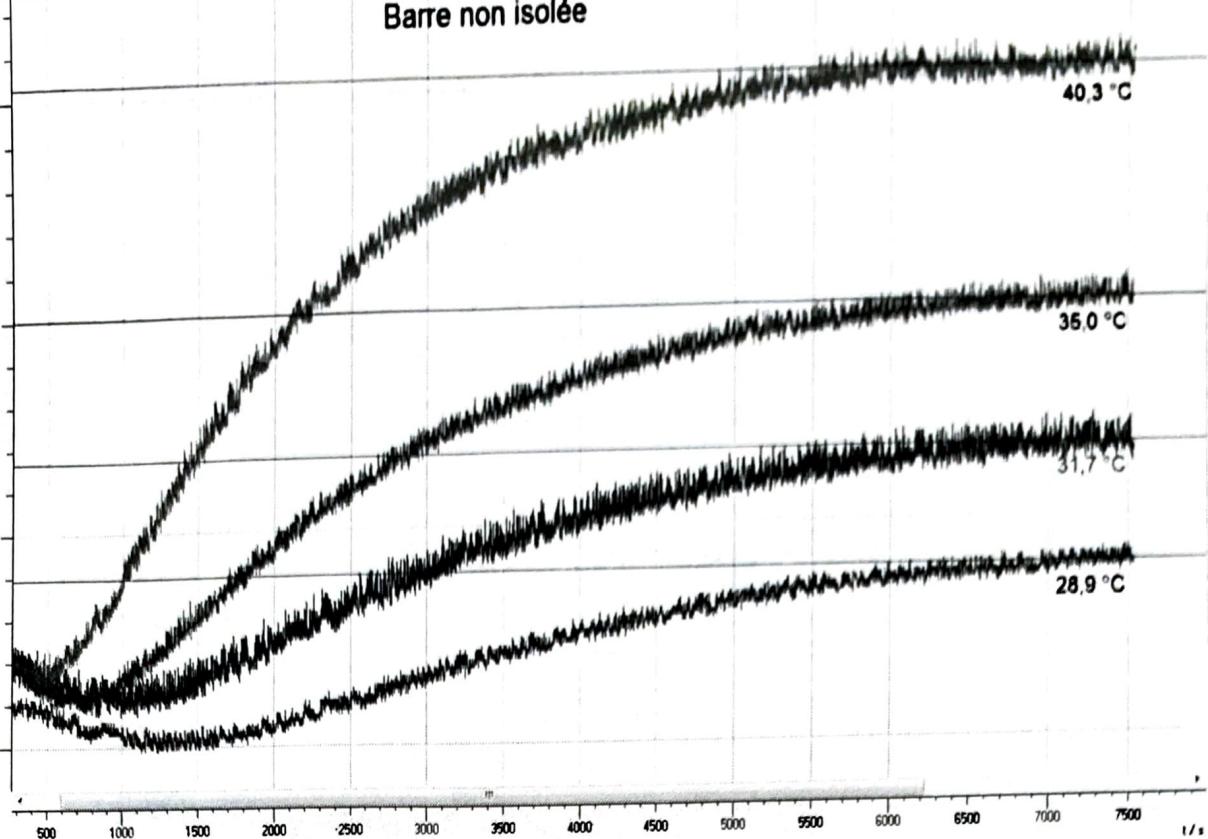


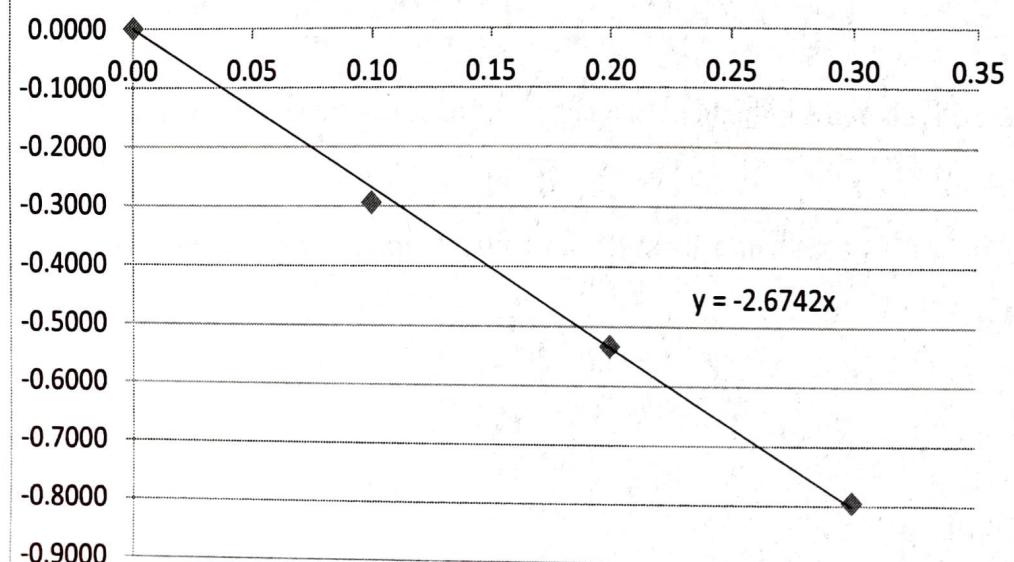
Barre non isolée



On trace la courbe représentant $\ln\left(\frac{\theta - \theta_a}{\theta_0 - \theta_a}\right) = f(x)$.

| $\theta_f\ (^{\circ}\text{C})$ | $x\ (\text{m})$ | $\ln\frac{\theta - \theta_a}{\theta_0 - \theta_a}$ |
|--------------------------------|-----------------|--|
| 40,30 | 0,00 | 0,0000 |
| 35,00 | 0,10 | -0,2941 |
| 31,70 | 0,20 | -0,5335 |
| 28,90 | 0,30 | -0,7942 |

$$\ln(\theta - \theta_a / \theta_0 - \theta_a) = f(x)$$



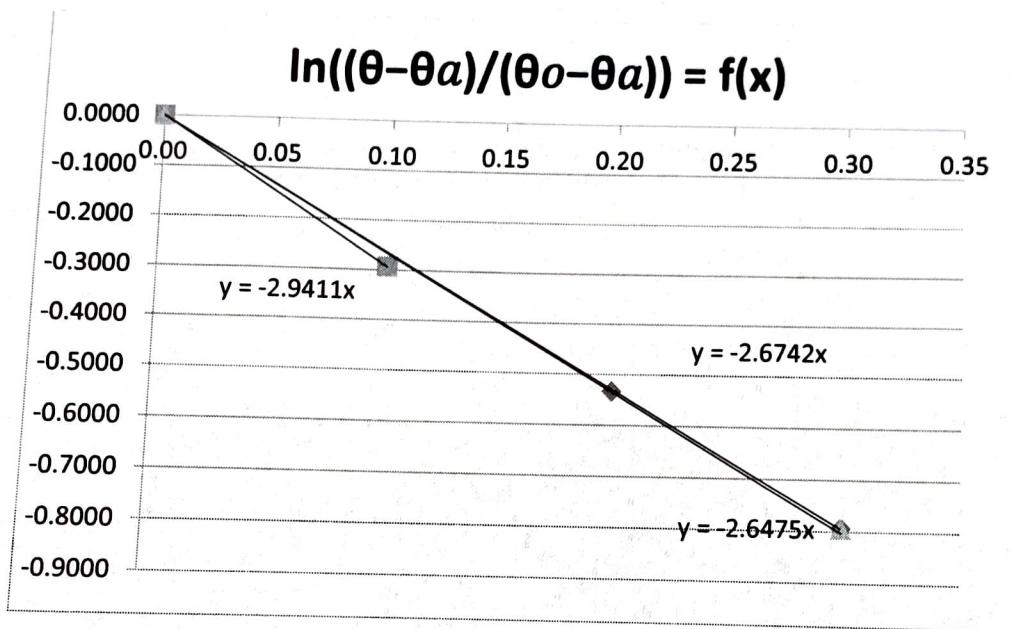
D'après l'équation (3), on a :

$$h = \frac{\lambda \cdot r \cdot K^2}{2}$$

A.N :
$$h = \frac{68 \cdot 0,01 \cdot (2,6742)^2}{2} = 2,43 \text{ W.m}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

Calcul de l'incertitude relative sur h :

On trace les deux droites qui encadrent la droite moyenne, et on calcule les pentes K_{\max} et K_{\min} :



$$K_{\max} = 2,9411 \text{ m}^{-1} \text{ et } K_{\min} = 2,6475 \text{ m}^{-1}$$

$$\Delta K = \frac{K_{\max} - K_{\min}}{2} = 0,1468 \text{ m}^{-1}$$

Si on néglige l'incertitude sur la conductivité et le rayon, $\frac{\Delta h}{h} = 2 \frac{\Delta K}{K} = 11\%$

I. Conclusion :

Le coefficient de convection libre autour de la barre chauffée à une de ses extrémités est

$$h = 2,43 \text{ W.m}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$$

La conductivité thermique du matériau qui constitue la barre est $\lambda = 68 \text{ W.m}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ à 11% près.

Convection échangeurs

1. But :

Le but de ce TP est de déterminer les coefficients de convection de plusieurs échangeurs thermiques, à travers l'étude du phénomène de convection libre et forcée.

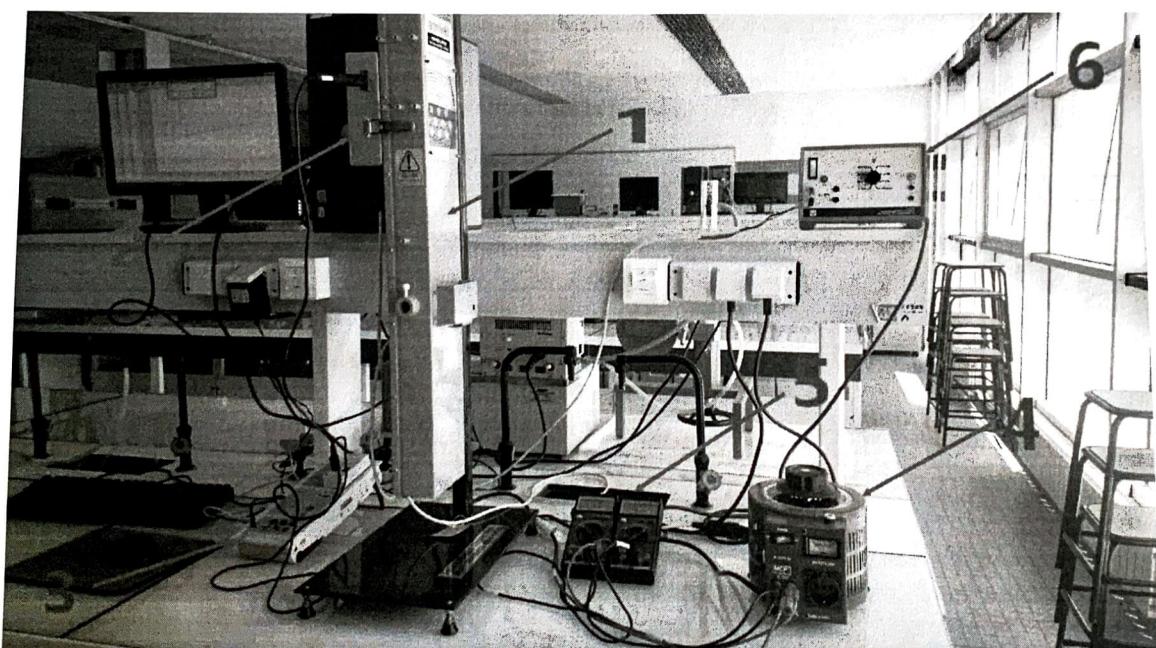
2. Principe :

Un échangeur, placé dans un dispositif à température ambiante, est chauffé en étant alimenté électriquement avec une puissance connue jusqu'à sa température d'équilibre. Celui-ci est soumis ou pas à une ventilation de l'air ambiant, suivant le type de convection à étudier : convection libre ou forcée.

En considérant que l'intégralité de l'énergie électrique est dissipée sous forme de chaleur par convection dans l'air ambiant (le rayonnement et la conduction étant faibles dans cette expérience, ils seront négligés), on en déduit le coefficient de convection h.

3. Manipulation :

- Matériel :



1-dispositif de mesure

2-échangeur muni d'une sonde de température

3-interface permettant l'acquisition des mesures sur pc

4-rhéostat permettant d'alimenter le système de chauffage avec une puissance variable

5-ensemble voltmètre – ampèremètre permettant la mesure de la puissance électrique

6-Alimentation variable permettant la mise en route du ventilateur (convection forcée).

L'échangeur étant placé dans le dispositif de mesure, on relève sa température initiale θ_a (qui est celle de l'air ambiant).

On déclenche la chauffe en réglant le rhéostat sur une tension $U=115V$, ce qui correspond à un courant $I=0,35mA$.

La puissance fournie est donc $P = U.I = 40 W$ environ.

On relève l'évolution de la température θ en fonction du temps grâce au logiciel d'acquisition CassyLab pendant 20 min (régime transitoire).

- Travail à effectuer pour chaque échangeur en convection libre et forcée :

On trace le graphe $\theta = f(t)$

On transforme la courbe afin d'obtenir le graphe $\theta - \theta_a = f(t)$

On détermine l'équation de celle-ci en la modélisant par une fonction du type

$$\theta - \theta_a = A \cdot (1 - e^{-\frac{t}{B}}) + C$$

Or $\lim(+\infty) (\theta - \theta_a) = \Delta\theta = \theta_f - \theta_a = A + C$

On déduit le coefficient h de convection de la relation :

$$\phi = h \cdot S \cdot \Delta\theta$$

ϕ est le flux de convection (W)

S est la surface d'échange (m^2)

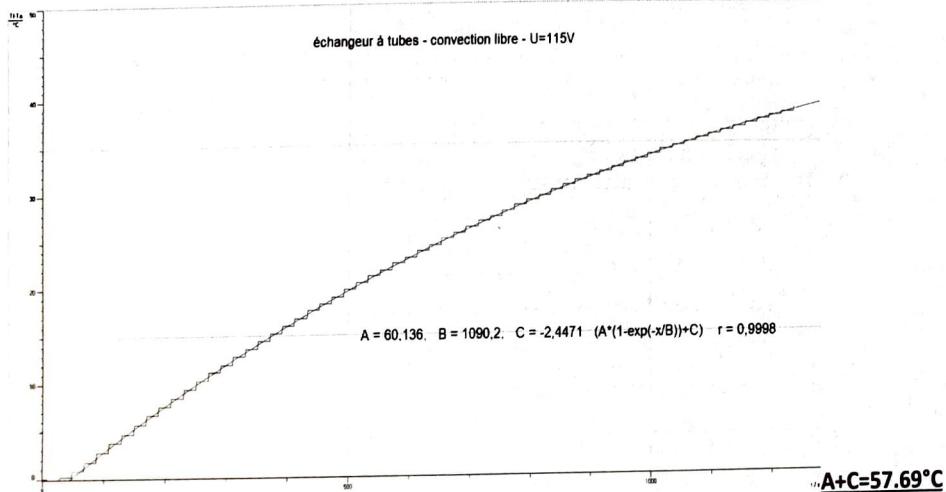
$\Delta\theta$ est la différence de température entre l'échangeur en régime stationnaire et l'air ambiant ($^{\circ}C$)

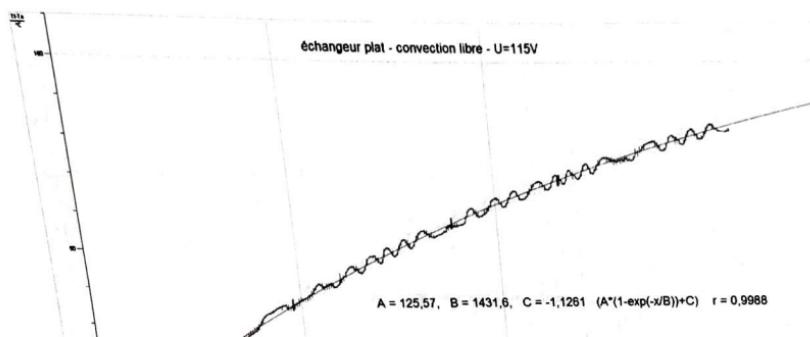
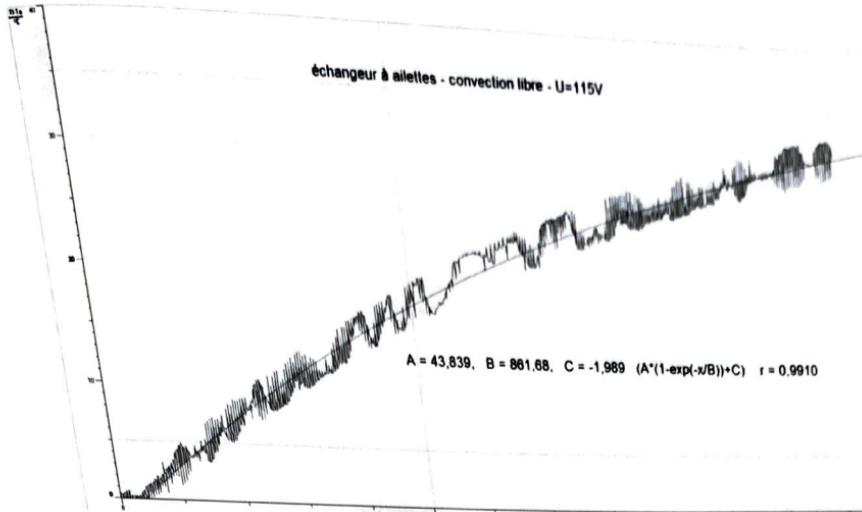
h est le coefficient de convection ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$).

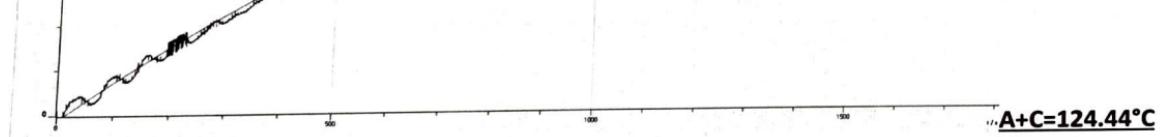
4. Résultats :

(a) Détermination de h

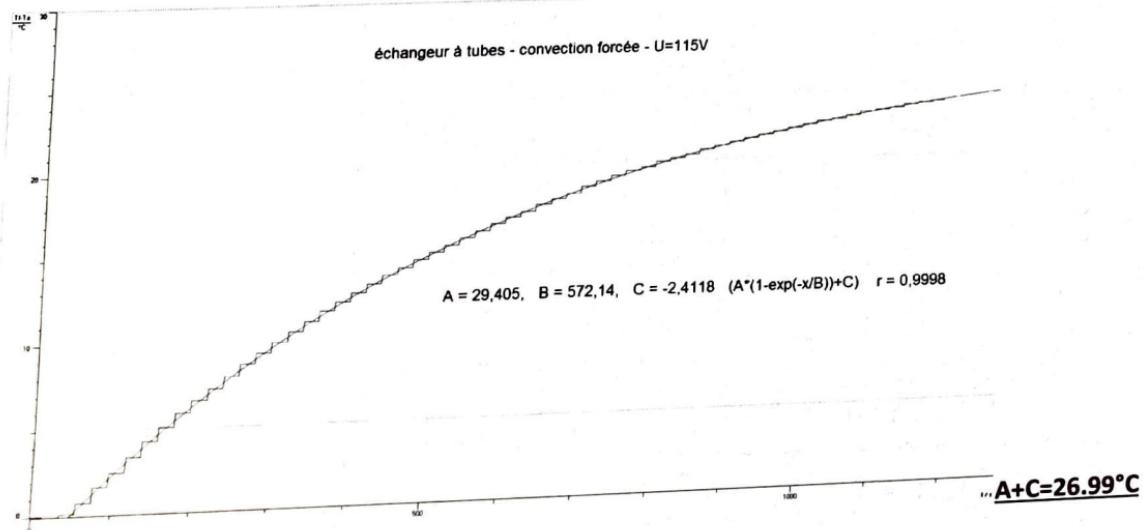
- Convection libre :

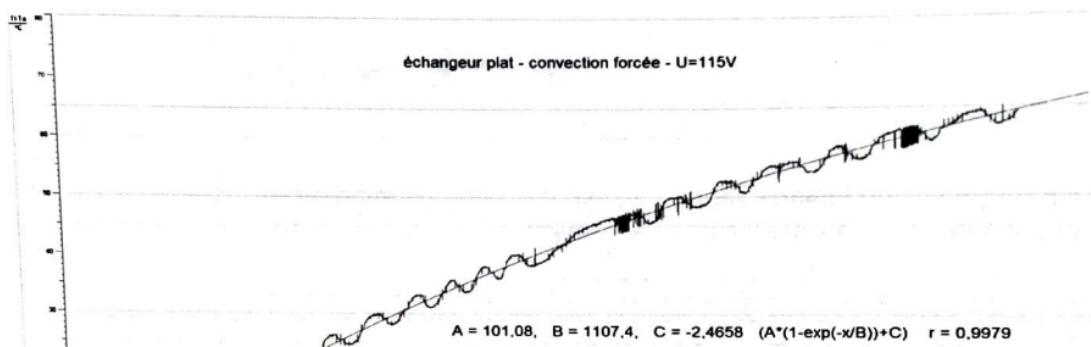
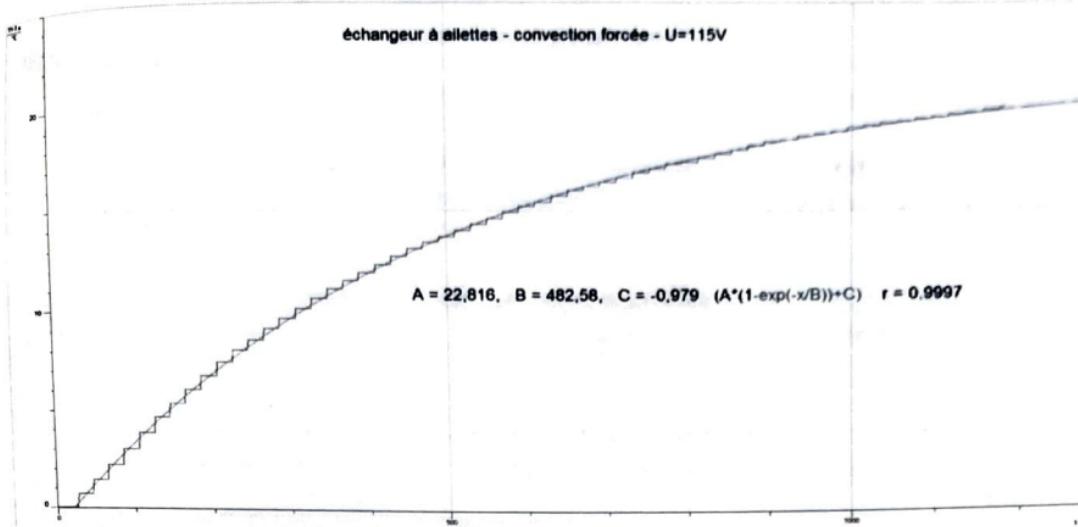


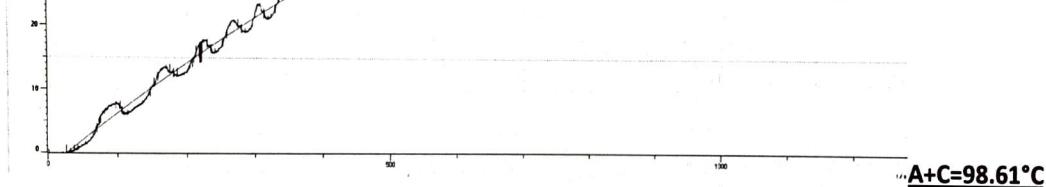




- Convection forcée :







- Tableau de mesures récapitulatif :

Convection Libre

| | U (V) | I (A) | ϕ (W) | S (m ²) | $\Theta_f - \Theta_a$ (°C) | h (W.m ⁻² .°C ⁻¹) | $h.S$ (W.°C ⁻¹) |
|----------------------|-------|-------|------------|---------------------|----------------------------|--|-----------------------------|
| échangeur plat | 115 | 0,36 | 41,4 | 0,011 | 124,44 | 30,24 | 0,33 |
| échangeur à ailettes | 115 | 0,36 | 41,4 | 0,126 | 41,85 | 7,85 | 0,99 |
| échangeur à tubes | 115 | 0,36 | 41,4 | 0,0533 | 57,69 | 13,46 | 0,72 |

Convection forcée

| | U (V) | I (A) | ϕ (W) | S (m ²) | $\Theta_f - \Theta_a$ (°C) | h (W.m ⁻² .°C ⁻¹) | $h.S$ (W.°C ⁻¹) |
|----------------------|-------|-------|------------|---------------------|----------------------------|--|-----------------------------|
| échangeur plat | 115 | 0,36 | 41,4 | 0,011 | 98,61 | 38,17 | 0,42 |
| échangeur à ailettes | 115 | 0,36 | 41,4 | 0,126 | 21,84 | 15,04 | 1,90 |
| échangeur à tubes | 115 | 0,36 | 41,4 | 0,0533 | 26,99 | 28,78 | 1,53 |

pour une puissance donnée, on veut abaisser la température de l'échangeur en régime stationnaire, on peut augmenter la valeur de sa surface. En effet, plus la surface d'échange est grande, plus le flux thermique est important à température égale.

C'est l'intérêt de l'échangeur à ailettes, qui, dans un encombrement réduit possède la plus grande surface d'échange (c'est d'ailleurs une forme que l'on rencontre souvent dans la vie quotidienne : radiateurs de motos ou voitures, refroidissement d'ordinateurs...etc).

On rappelle que, dans cette expérience, on fait l'approximation de négliger le rayonnement et la conduction, qui sont les 2 autres modes de transfert thermique qui ont toujours lieu de façon concomitante avec la convection.

En convection forcée, si on augmente la vitesse du fluide caloporteur, cela va diminuer la température de l'échangeur en régime stationnaire (de la même façon que, au quotidien, la température « ressentie » est moins importante quand la vitesse du vent augmente), ce qui aura pour effet d'augmenter la valeur du coefficient h .

(b) Comparaison des 3 échangeurs :

On a : $h_{\text{plat}} > h_{\text{tubes}} > h_{\text{aillettes}}$

On voit que l'échangeur plat possède le coefficient h le plus grand, cependant, si on prend en compte la surface d'échange, c'est bien l'échangeur à ailettes qui est le plus « efficace » puisque le produit ($h \cdot S$) est alors maximal.

D'une façon générale, on voit que le coefficient h est plus important en convection forcée qu'en convection libre.

Pour avoir un échange thermique le plus efficace, l'échangeur à ailettes en convection forcée est à privilégier.

- **Différences entre convection libre et forcée :**

| Convection libre | Convection forcée |
|---|--|
| Pas d'énergie apportée au déplacement du fluide caloporteur | Energie nécessaire pour aider au déplacement du fluide caloporteur |
| Efficacité du transfert thermique moindre | Efficacité du transfert thermique augmentée |
| Température de l'échangeur + importante | Température de l'échangeur + faible |
| Coefficient h + faible | Coefficient h + important |
| Résistance thermique équivalente + importante | Résistance thermique équivalente + faible |

- Quelques exemples de transferts par convection :

| Convection libre | Convection forcée |
|---|--|
| Radiateur de chauffage domestique « classique » | Radiateur électrique soufflant |
| Radiateur de refroidissement du processeur | Radiateur de refroidissement du processeur |