

Université Med Boudiaf de M'sila
Département de Génie Mécanique
Année d'Etude : L3- Génie des matériaux
Module : Transfert de Chaleur
Elaboré par : M^{me} F.Z. BAKHTI

T P N° 02

LA CONVECTION LIBRE ET FORCEE

INTRODUCTION :

La convection est un mode de transfert de chaleur qui se produit uniquement au sein des milieux fluides. Elle apparaît lorsqu'un fluide, liquide ou gaz, est en mouvement et présente des inhomogénéités spatiales de température. La convection intervient en particulier dans les échanges thermiques entre une paroi et un fluide en mouvement. Alors que la conduction peut être considérée comme un transfert d'énergie par des mouvements microscopiques, la convection est un transport d'énergie dû à des mouvements macroscopiques.

La transmission de chaleur par convection est désignée, selon le mode d'écoulement du fluide, par *convection libre* et *convection forcée*. Lorsqu'il se produit au sein du fluide des courants dus simplement aux différences de densité résultant des gradients de température, on dit que la convection est naturelle ou libre. Par contre si le mouvement du fluide est provoqué par une action externe, telle une pompe ou un ventilateur, le processus est appelé convection forcée.

I- DESCRIPTION DE L'APPAREIL :

L'appareil consiste en une conduite rectangulaire verticale supportée par un socle. Un échangeur à surface plane (3), ailette ou cylindrique (5) peut être installé dans la conduite et immobilisé par deux loquets (18) à ouvertures rapides disposés sur chaque côté, chaque échangeur est muni d'un élément électrique chauffant, la température à la base de chaque échangeur peut être suivie à l'aide d'une sonde thermique reliée par un câble (7).

L'échangeur utilisé peut être observé à travers une vitre transparente en acrylique(14). Un ventilateur (21) situé au sommet de la conduite fournit un flux f air ascendant pour les expérimentations de convection forcée. La vitesse de l'air dans la conduite, que ce soit pour le régime naturel ou forcé, est indiqué par un anémomètre portatif (2) dont la sonde (16) peut être introduite à travers la paroi.

Une sonde de température permet la mesure des températures de l'air ainsi que des températures de surface des échangeurs à ailettes et cylindriques par introduction de cette sonde à travers des trous accessibles (20).

Une console électrique (8) munie d'un autre transformateur variable (10) alimente l'échangeur utilisé. Le circuit de commande de puissance fournit une puissance électrique pouvant varier de 0 à 100w. Une alimentation variable en courant continu et en basse tension est fournie au ventilateur à l'aide d'un câble (17), la console comprend également le réglage de la vitesse du ventilateur ainsi que le réglage de la puissance de chauffe fournie. S'y trouvent également les lectures digitales directes des températures

II- MANIPULATIONS : EXPERIENCE N° 01 :

But : Détermination du coefficient de transmission thermique par convection libre (naturelle).

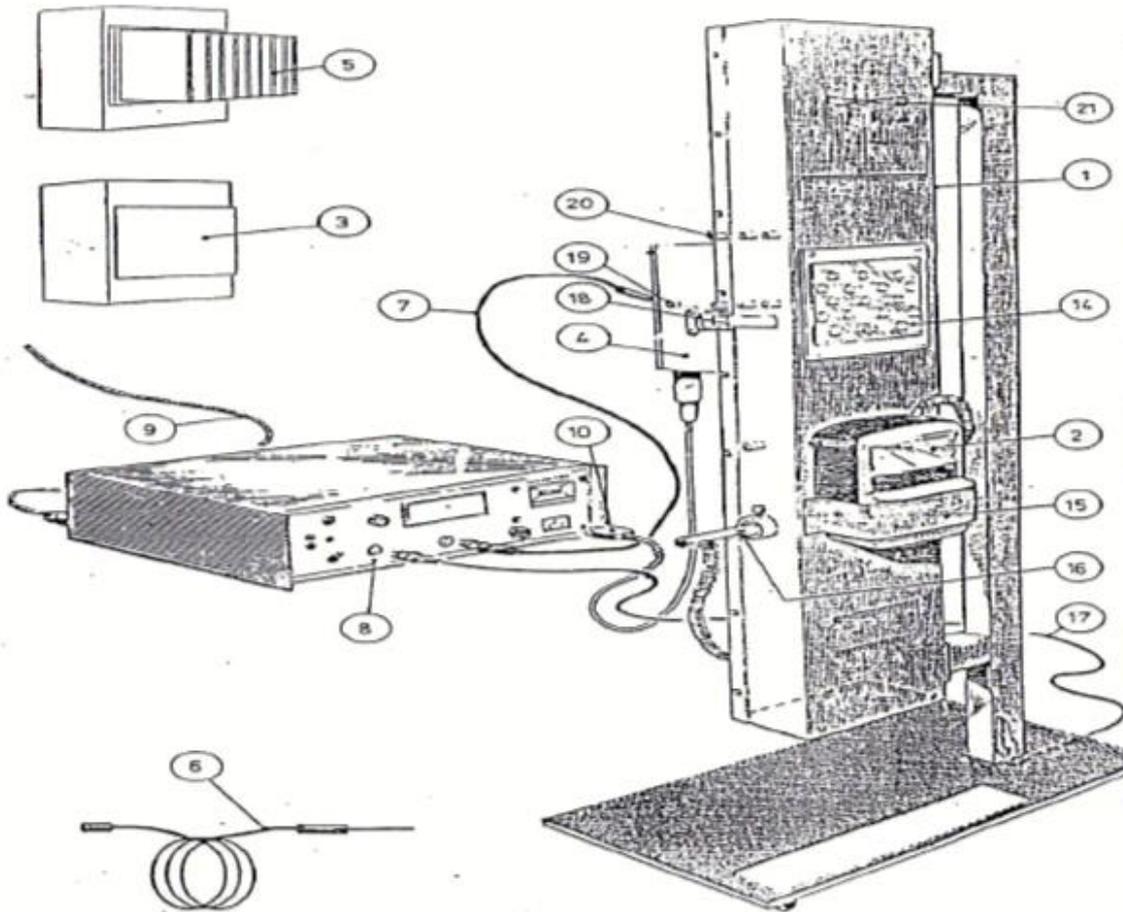


FIG.1 - APPAREIL DE TRANSFERT DE CHALEUR PAR CONVECTION LIBRE ET FORCEE

Théorie :

En convection naturelle, les mouvements du fluide sont provoqués par des gradients de densité dues à la non-uniformité de la température. Les couches chaudes, donc de poids spécifique plus faible, sont soumises à des forces dirigées vers le haut, suivant un mécanisme analogue à celui de la poussée d'Archimède. Dans les régions à température élevée, le fluide prend donc un mouvement ascendant. Le phénomène inverse de courants descendants se produit pour les parties du fluide dont la température est inférieure à celle du fluide chaud.

MODE OPERATOIRE :

- ◆ Placer l'échangeur de chaleur à ailettes dans la conduite d'expérimentation.
- ◆ Noter la température de l'air ambiant (t_A).
- ◆ Régler la puissance de chauffe à 20W.
- ◆ Prendre suffisamment de temps pour réaliser les conditions d'état stationnaire avant de noter la température de la plaque chauffée (t_H)
- ◆ Répéter la procédure pour 40, 60 et 80 watts.
- ◆ Prendre les mesures toutes les 10 minutes.

Résultats :

Température de l'air ambiant $t_A = \dots\dots\dots^\circ\text{C}$

Puissance d'entrée (W)	t_H ($^\circ\text{C}$)	$t_H - t_A$ ($^\circ\text{C}$)
20		
40		
60		
80		

- ◆ Tracer le graphe de la puissance en fonction de la température de la surface ($t_H - t_A$).
- ◆ En déduire le coefficient de transmission thermique par convection ?

EXPERIENCE N° 02 :

But : Détermination du coefficient de transmission thermique par convection forcée.

Théorie :

Lorsque le fluide est mis en mouvement par une pompe, un ventilateur ou tout autre moyen mécanique, on dit qu'il y a convection forcée. Le fluide échange de la chaleur avec des parois, mais son mouvement est pratiquement peu influencé par les différences de température.

MODE OPERATOIRE :

- ◆ Placer l'échangeur à ailettes dans la conduite.
- ◆ Noter la température ambiante (t_A).
- ◆ Fixer la puissance à 50W.
- ◆ Accorder un temps suffisant afin d'avoir un régime stationnaire avant de noter la température (t_H).
- ◆ Fixer la vitesse du ventilateur à 0.5 m/s accorder un temps suffisant avant de noter la température (t_H).
- ◆ Répéter l'expérience à 1m/s et 1.5 m/s.

Résultats :

Température de l'air ambiant $t_A = \dots\dots\dots^\circ\text{C}$

Puissance d'entrée $P = 50 \text{ W}$

La vitesse d'air (m/s)	t_H ($^\circ\text{C}$)	$t_H - t_A$ ($^\circ\text{C}$)
0		
0.5		
1.0		
1.5		

- ◆ Tracer le graphe de la vitesse d'air en fonction de la température de la surface ?
- ◆ En déduire le coefficient de transmission thermique par convection ?

EXPERIENCE N° 03 :

But : Démontrer l'utilisation des surfaces étendues pour améliorer le transfert de chaleur à travers une surface.

Théorie :

Le transfert de chaleur à travers un objet peut être amélioré en augmentant la surface de contact avec l'air, en pratique il est difficile d'augmenter la taille du corps à étudier. Dans ce cas la surface de contact peut être augmentée en ajoutant des ailettes ou des cylindres normales à la surface, ces nouveaux éléments sont nommés surfaces étendues.

L'effet des surfaces étendues peut être démontré en comparant les surfaces à cylindres et à ailettes avec une plaque plane sous les mêmes conditions de puissance d'entrée et de flux d'air.

MODE OPERATOIRE :

- ◆ Placer la plaque plane dans la conduite.
- ◆ Noter la température ambiante (t_A).
- ◆ Fixer la puissance à 75W.
- ◆ Laisser la température s'élever à 80°C, puis réajuster la puissance à 20 W jusqu'à l'obtention d'un état stationnaire.
- ◆ Noter la température de la plaque plane (t_H).
- ◆ Fixer la vitesse du ventilateur à 0.5 m/s accorder un temps suffisant avant de noter la température (t_H).
- ◆ Répéter l'expérience à 1m/s et 1.5 m/s pour la plaque plane, la plaque ailetée et enfin pour la plaque cylindrique.

Résultats :

Température de l'air ambiant $t_A = \dots\dots\dots^\circ\text{C}$
Puissance d'entrée $P = 20 \text{ W}$

	La vitesse d'air (m/s)	t_H (°C)	$t_H - t_A$ (°C)
Plaque Plane	0		
	0.5		
	1.0		
	1.5		
Plaque a ailettes	0		
	0.5		
	1.0		
	1.5		
Plaque cylindrique	0		
	0.5		
	1.0		
	1.5		

- ◆ Tracer le graphe de la vitesse d'air en fonction de la température pour chacune des plaques ?
- ◆ Faire les commentaires nécessaires ?
- ◆

EXPERIENCE N° 04 :

But : Déterminer la distribution de la température le long de la surface étendue.

Théorie :

Pour qu'un échangeur soit 100% efficace la température de la surface étendue doit être la même que celle de l'arrière de la plaque cependant en pratique ceci n'est pas réalisable, car le flux doit s'écouler le long d'un cylindre ou d'une ailette par conduction, ce qui cause un gradient de température, plus ce gradient est grand plus l'efficacité de l'échangeur diminue cependant l'efficacité ne doit pas être liée aux surfaces d'échanges (cylindres ou ailettes).

En réalité le cylindre est beaucoup plus efficace (à cause du faible gradient de température) mais dans ce cas particulier l'ailette possède une grande surface d'échange et peut dissiper plus de chaleur pour une même température de surface.

MODE OPERATOIRE :

- ◆ Mesurer la distance entre l'arrière de la plaque et les trois trous d'accès de la sonde de température.
- ◆ Placer l'échangeur de chaleur à cylindres dans la conduite.
- ◆ Noter la température de l'air ambiant (t_A).
- ◆ Régler la puissance de chauffe à 60W.
- ◆ Laisser un temps suffisant afin d'atteindre le régime stationnaire avant de noter la température de la plaque (t_H).
- ◆ Insérer la sonde de l'anémomètre dans la conduite à travers l'orifice près de la plaque chauffante, s'assurer que la pointe de la sonde est en contact avec le cylindre, noter cette température t_1 .
- ◆ Noter les températures t_2 et t_3 en changeant la position de la sonde (autres trous).
- ◆ Répéter cette procédure à 1m/s et à 2m/s.
- ◆ Remplacer le cylindre par l'échangeur ailetté, répéter l'expérience.

Résultats :

Température de l'air ambiant $t_A = \dots\dots\dots^\circ\text{C}$

Puissance d'entrée $P = 60 \text{ W}$

Distance du trou le plus près = $\dots\dots\dots\text{mm}$

Distance du trou du milieu = $\dots\dots\dots\text{mm}$

Distance du trou le plus éloigné = $\dots\dots\dots\text{mm}$

	La vitesse d'air (m/s)	t_1	t_2	t_3	t_H
Plaque cylindrique	0				
	0.5				
	1.0				
	1.5				
Plaque a ailettes	0				
	0.5				
	1.0				
	1.5				

- ◆ Tracer le graphe de la température de la surface en fonction de la distance pour les deux échangeurs de chaleur pour les différentes vitesses de l'air ?
- ◆ Faire les commentaires nécessaires ?