



رقم: 2025/أ.ك.ك.ك/2025

المسيلة في: 2025-10-21

شهادة إدارية
بخصوص مطبوعة الدروس الخاصة بالأستاذ
قماش عبد الرزاق

بناءً على محضر اللجنة العلمية لقسم الهندسة الكهربائية تحت رقم: 131/ق.ك.ك/2025 المنعقد بتاريخ
25 ماي 2025 والمتضمن تعيين الخبراء: الأستاذ حداد زكريا أستاذ بجامعة المسيلة، الأستاذ نحوي عز الدين
أستاذ محاضر -أ- بجامعة المسيلة، والأستاذ شافعي نجيب أستاذ بجامعة سطيف وذلك لتقييم مطبوعة
الأعمال التطبيقية الخاصة بالأستاذ قماش عبد الرزاق أستاذ محاضر "أ" بقسم الهندسة الكهربائية
لجامعة المسيلة تحت عنوان:

" TP Transferts Thermiques"

وبعد إطلاع رئيس اللجنة العلمية ورئيس القسم على التقارير الواردة والتي كانت كلها ايجابية، وعليه فإن
اللجنة لا ترى مانعا أن تتخذة سندا في تدريس لطلبة السنة الثانية ليسانس شعبة الطاقات المتجددة
تخصص الطاقات المتجددة وبيئة وأن تعتمد في أي تقييم للمسار العلمي للأستاذ المعني.

رئيس القسم



د. فادان البروك

رئيس اللجنة العلمية

أ. فؤاد براج



ملاحظة: سلمت هذه الشهادة للمعني(ة) لاستعمالها في حدود ما يسمح به القانون.

Avant-propos

Les travaux pratiques, couramment abrégés en TP, rassemblent un type d'enseignement fondé sur l'apprentissage pratique avec en particulier l'exécution d'expériences permettant de vérifier et compléter les connaissances réparties dans les cours théoriques.

Les travaux pratiques « Transfert Thermique » dans le département de génie électrique constituent une limite entre les notions théoriques acquises des cours magistraux et des travaux dirigés, et la compréhension des phénomènes physiques et chimiques leurs exploitations dans la vie professionnelle et sociale.

Il est par logique obligatoire que l'étudiant(e) porte une nouvelle attention d'intéressement et de motivation sur les travaux pratiques.

Il est indispensable de bien étudier le polycopié avant d'effectuer les séances de TP.

Pour pouvoir diriger à bien le travail exigé et en tirer le maximum de profit (enseignement et note) il est conseillé.

- De lire prudemment la manipulation énoncée dans le polycopié,
- De se donner du nécessaire (crayon, stylos, règle, gomme, calculatrice, feuilles millimétrés,...)
- D'identifier, au début les éléments de la manipulation,
- De connaître exactement les paramètres (sens physique, sens chimique et ordre de grandeur) à mesurer,
- D'effectuer vos mesures et erreurs avec le plus grand soin,
- De faire appel à l'enseignant sans hésitation, en cas de besoin,
- De ne pas manquer de se donner un temps d'arrêt après avoir terminé les mesures pour « les regarder » d'un œil critique et de décider si celles-ci sont cohérentes ou aberrantes. Dans ce dernier cas, chercher l'origine de l'erreur qui peut être instrumentale, de calcul ou de manipulation. En cas de blocage faites appel à l'enseignant,
- De se comporter de façon **simple** et **naturelle**, de manière à faciliter la communication avec les enseignants et vos camarades étudiant (e)s.

Mots-clés : Hygiène et sécurité, Transfert de chaleur par mode : Conduction, : Transfert de chaleur par mode : Convection (Naturelle), Transfert de chaleur par mode : Convection (Forcée), Transfert de chaleur par mode : Rayonnement, Echangeur de chaleur tubulaire

Matière d'enseignement

Unité d'enseignement : UEM 1.2

Matière : TP Transferts Thermiques

VHS: 22h30 (TP 1h30)

Crédits : 2

Coefficient : 1



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

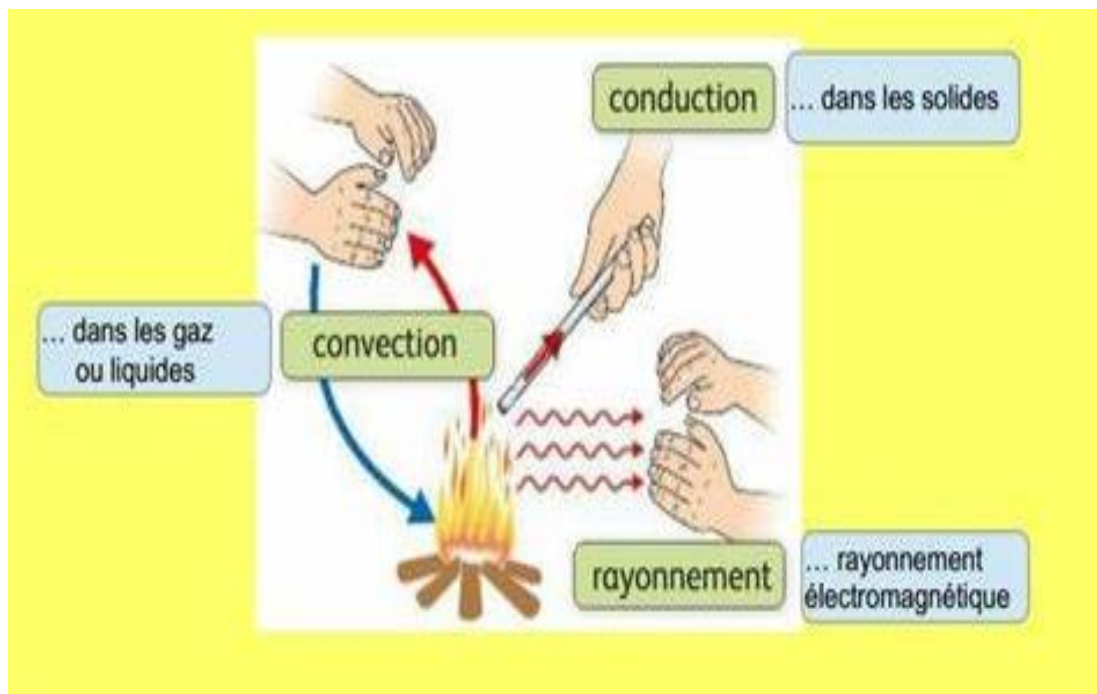
UNIVERSITE DE MOHAMED BOUDIAF M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE

Polycopié des travaux pratiques

Transferts Thermiques



Destiné aux étudiants de la deuxième Année Licence énergies renouvelables
et environnement

Réalisé par :

Dr Guemache Abderezak

Année 2024/2025

Avant-propos

Les travaux pratiques, couramment abrégés en TP, rassemblent un type d'enseignement fondé sur l'apprentissage pratique avec en particulier l'exécution d'expériences permettant de vérifier et compléter les connaissances réparties dans les cours théoriques.

Les travaux pratiques « Transfert Thermique » dans le département de génie électrique constituent une limite entre les notions théoriques acquises des cours magistraux et des travaux dirigés, et la compréhension des phénomènes physiques et chimiques leurs exploitations dans la vie professionnelle et sociale.

Il est par logique obligatoire que l'étudiant(e) porte une nouvelle attention d'intéressement et de motivation sur les travaux pratiques.

Il est indispensable de bien étudier le polycopié avant d'effectuer les séances de TP.

Pour pouvoir diriger à bien le travail exigé et en tirer le maximum de profit (enseignement et note) il est conseillé.

- De lire prudemment la manipulation énoncée dans le polycopié,
- De se donner du nécessaire (crayon, stylos, règle, gomme, calculatrice, feuilles millimétrés,...)
- D'identifier, au début les éléments de la manipulation,
- De connaître exactement les paramètres (sens physique, sens chimique et ordre de grandeur) à mesurer,
- D'effectuer vos mesures et erreurs avec le plus grand soin,
- De faire appel à l'enseignant sans hésitation, en cas de besoin,
- De ne pas manquer de se donner un temps d'arrêt après avoir terminé les mesures pour « les regarder » d'un œil critique et de décider si celles-ci sont cohérentes ou aberrantes. Dans ce dernier cas, chercher l'origine de l'erreur qui peut être instrumentale, de calcul ou de manipulation. En cas de blocage faites appel à l'enseignant,
- De se comporter de façon **simple** et **naturelle**, de manière à faciliter la communication avec les enseignants et vos camarades étudiant (e)s.

Matière d'enseignement

Unité d'enseignement : UEM 1.2

Matière : TP Transferts Thermiques

VHS: 22h30 (TP 1h30)

Crédits : 2

Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

L'objectif de ce TP est la maîtrise des techniques d'acquisition et de traitement des données physico-chimique ainsi que l'interprétation des résultats.

Connaissances préalables recommandées :

- Thermodynamique
- Mathématiques
- Physique
- Informatique

Contenu de la matière :

Transfert par mode Conduction :

- Introduction des transferts thermiques ;
- Loi de Fourier.

Transfert par mode Convection :

- Mise en évidence des différents types de transfert par convection : Convection forcée, naturelle ;
- Loi de newton.

Transfert par mode Rayonnement

- Introduction: Notions d'angle solides. Le corps noir(CN),
- La loi de Stefan-Boltzmann.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%

Table des matières

Avant-propos.....	2
Abréviations.....	5
Comment rédiger un rapport	7
TP 1 : Hygiène et sécurité.....	
TP 2 : Transfert de chaleur par mode : Conduction	12
TP 3: Transfert de chaleur par mode : Convection (Naturelle).....	16
TP 4: Transfert de chaleur par mode : Convection (Forcée).....	19
TP 5: Transfert de chaleur par mode : Rayonnement.....	21
TP 6 : Echangeur de chaleur tubulaire.....	
Références bibliographiques.....	24

Abréviations

m : Masse(Kg)

c_p : Chaleur spécifique $J.Kg^{-1}K^{-1}, Kcal.Kg^{-1}^{\circ}C^{-1}$

Φ : Flux est en Watt,

S : Surface en m^2

T : Température en Kelvin

λ : La conductivité thermique λ en watts par mètre-kelvin ($W m^{-1} K^{-1}$)

Q : Puissance en (W)

h : Le coefficient d'échange entre la paroi et le fluide (en $W.m^{-2}. K^{-1}$).

L : Longueur

P = Périmètre

e = Epaisseur

h : Hauteur

ε : Émissivité

V : Vitesse de l'air (m/s)

Q_c : La puissance perdue par le fluide chaud

Q_f : La puissance gagnée par le fluide

ε = Efficacité de l'échangeur : Q/Q_{max}

ε_c = Efficacité de refroidissement

ε_f : Efficacité de chauffage

Comment rédiger un rapport

Rédiger un rapport pour chaque manipulation en suivant le plan ci-dessous :

- 1) Titre de l'expérience
- 2) But de l'expérience
- 3) Matériel utilisé pour réaliser l'expérience
 - a) Échantillon étudié
 - b) Petit matériel
 - c) Gros matériel
- 4) Méthode utilisée pour réaliser l'expérience
 - a) Schématiser la technique utilisée (schéma, titre et légende)
 - b) Schématiser la lecture des résultats (schéma, titre et légende)
- 5) Résultats de l'expérience
 - a) Rassembler les résultats de tout le groupe,
 - b) Présenter ces résultats sous forme de tableau
 - c) Titrer et légender le ou les tableaux
- 6) Interprétation des résultats
- 7) Conclusion

Note : Un rapport pour chaque étudiant sera noté et considéré pour la note finale de l'examen des TP (traitement et dessalement des eaux)

Initiation aux Travaux Pratiques

1-Introduction

Vous devez connaître et respecter les règles de sécurité au laboratoire de chimie et de physique. Cet exercice vise à vous faire connaître les dangers et les risques liés au travail dans un laboratoire et à vous permettre de travailler en toute sécurité.

➤ Quelques règles générales de sécurité

1. **Par mesure d'hygiène, il est interdit de manger ou de consommer des boissons dans la salle de TP.**
2. **Le port de la blouse en coton est obligatoire.** (règlement intérieur de l'établissement)
 - ✓ Cette blouse doit être de longueur raisonnable et à manches longues.
 - ✓ La blouse sera mise en dehors de la salle de TP.
 - ✓ Les habits ne doivent pas être mis sur ou à côté des paillasse. Ils doivent être accrochés à un endroit où ils ne risquent rien.
 - ✓ **Les étudiants doivent manipuler avec la blouse fermée.** Tous les vêtements flottants (écharpes ou autres) doivent être enlevés.
3. **Les cheveux longs doivent être attachés.**
4. **Les étudiants ne doivent prendre que le minimum d'affaires sur la paillasse.**
 - ✓ Au cours des manipulations, ils doivent ranger leurs affaires sous la paillasse. On ne doit jamais manipuler au-dessus d'un classeur ouvert.
 - ✓ **Les sacs doivent être déposés au fond de la salle.**
 - ✓ Aucun objet ne doit encombrer les allées.
5. **Les étudiants doivent toujours manipuler debout.**
 - ✓ Les tabourets ou les chaises doivent être rangés sous la paillasse afin de ne pas encombrer les allées.
 - ✓ **Les déplacements dans le laboratoire doivent être réduits au minimum.**
6. **Les pictogrammes de sécurité doivent être connus.**
7. **Pour chaque manipulation présentant un risque potentiel (signalé par le professeur), les étudiants doivent mettre des gants et des lunettes de protection.**
 - ✓ Pour certaines manipulations « dangereuses », même les personnes portant des lunettes correctives doivent se munir de lunettes de protection supplémentaires.
 - ✓ **Le port de lentilles de contact est déconseillé au laboratoire.** De nombreux produits volatils (hydracides, dérivés halogénés) peuvent se dissoudre dans le liquide lacrymal sur lequel surnage la lentille et provoquer des irritations importantes (phénomène accentué avec des lentilles souples).
 - ✓ Quand vous manipulez avec des gants, vous ne devez pas vous toucher le visage ou toute autre partie du corps au cours de la manipulation.
 - ✓ Il est formellement **interdit de se servir des bcs électriques ou d'une plaque chauffante en portant des gants.**
8. **Toute manipulation de produits chimiques présentant un risque doit être réalisée sous une hotte ventilée,** avec vitres protectrices, (suivre les indications données par le professeur)
9. **Une couverture anti-feu est à votre disposition** en cas de nécessité dans la salle de TP..
10. **Il convient d'être très attentif aux consignes** relatives à l'utilisation de matériel spécifique (verrerie, montages...), et la conduite de certaines opérations (chauffage, lavage, vidange ...).
11. **Les paillasses doivent être nettoyées** au cours de la séance et laissées rigoureusement propres et sèches en fin de séance.

12. Vous porterez une attention particulière à la protection de l'environnement en utilisant les quantités et les concentrations les plus faibles possibles, et en utilisant les bidons de récupération des déchets chimiques prévus à cet effet.

13. Il est impératif de se laver les mains avant de quitter la salle

2 - Matériels utilisés au sein de laboratoire de Transferts Thermiques



3 .Les doivent être



pictogrammes de sécurité connus.

Pictogramme Code
Interpretation



SGH01

Explosif



SGH02

Inflammable



SGH05

Corrosif



SGH06

Toxique

Resumé

Danger	Règle de sécurité	Gestes de première urgence
Projection dans l'œil	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser les lunettes de sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> - Rincer l'œil maintenu ouvert sous un filet d'eau froide ou tiède, tête penchée, œil contaminé en dessous de l'œil sain
Brûlure thermique	<ul style="list-style-type: none"> - Ni cheveux, ni vêtements flottants - Pas de vêtements synthétiques – porter une blouse en COTON 	<ul style="list-style-type: none"> - Rincer immédiatement sous un filet d'eau froide, 15 minutes - Garder les vêtements collés à la peau
Brûlure chimique	<ul style="list-style-type: none"> - Porter une blouse - Utiliser de petites quantités - Utiliser les concentrations minimales nécessaires - Etiqueter les contenants - Utiliser des gants si nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Rincer immédiatement sous un filet d'eau froide - Enlever les vêtements contaminés sans toucher le visage
Coupure	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser des torchons et lubrifier, pour enfiler un tube dans un bouchon - Jeter la verrerie fendue 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprimer localement pour arrêter l'hémorragie - Faire asseoir et rassurer
Incendie	<ul style="list-style-type: none"> - Paillasse rangée - Savoir utiliser l'extincteur, la serpillère mouillée et la couverture antifeu 	<ul style="list-style-type: none"> - Éteindre le feu - Sur une personne : allonger la personne par terre et la couvrir avec la couverture antifeu
Inhalation d'un gaz irritant ou toxique	<ul style="list-style-type: none"> - Travailler sous hotte - Produire les quantités minimales de gaz 	<ul style="list-style-type: none"> - Faire sortir et respirer de l'air frais

J'AI LU ET COMPRIS LES RÈGLES DE SÉCURITÉ. JE RESPECTERAI CES RÈGLES.

SIGNÉ _____ **DATE** _____

1. Le But du TP :

2. Que devez-vous faire dans les circonstances suivantes?

a/ les vêtements d'un étudiant prennent feu

b/ Des produits chimiques sont projetés dans vos yeux.

c/ Coupure au niveau des mains

d/ Une Inhalation d'un gaz irritant ou toxique

3. Nommer les pictogrammes de sécurité suivant :



TP 2. Transfert de chaleur par mode : Conduction

1. But : Etude de la loi de Fourier pour la conduction linéaire le long d'une barre simple.

2. Principe

La conduction thermique, aussi appelée diffusion thermique, est un transfert d'énergie dans un milieu matériel sans mouvement macroscopique, mettant en jeu des chocs de molécules (dans les fluides) ou des transferts de vibrations (dans les solides).

- l'agitation moléculaire (dans les gaz et les liquides)
- les vibrations des réseaux cristallins (dans les solides non-conducteurs)
- le déplacement d'électrons libres (dans les métaux conducteurs)

La loi de la conduction connue maintenant sous le nom de loi de Fourier. Cette relation indique que le flux de chaleur est proportionnel au gradient de la température et se fait dans la direction des températures décroissantes.

Dans le cas de la conduction, le flux est calculé par : La loi de Fourier s'écrit :

$$\Phi = -\lambda \cdot S \cdot \Delta t / dx$$

Où :

- Φ est en W att,
- S en m^2 ,
- T en Kelvin
- λ désigne la conductivité thermique λ en watts par mètre-kelvin ($W m^{-1} K^{-1}$)

3. Matériels

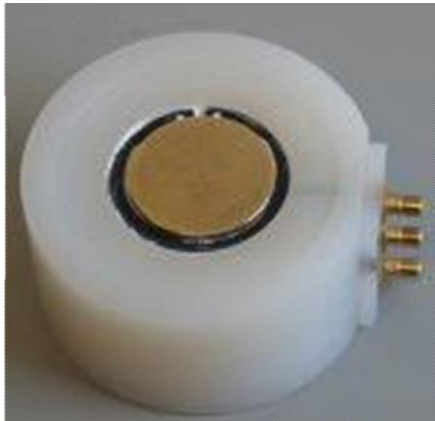
L'appareil permet l'étude des profils de température et des flux de chaleur dans une diffusion thermique dans un transfert d'énergie dans un milieu matériel sans mouvement macroscopique .



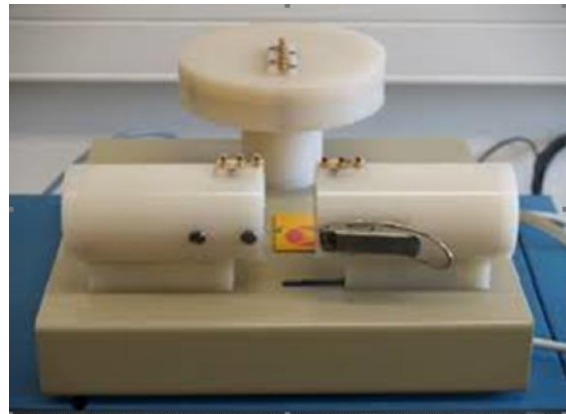
Appareil Transfert de chaleur par mode : Conduction

4. Mode opératoire:

- Placer l'échantillon entre le réchauffeur et le refroidisseur



Élément échantillon (Bronze)



Réchauffeur - Refroidisseur

- Choisir une position intermédiaire du réglage de la puissance de chauffe puis attendre 10minute du temps nécessaire pour obtenir les conditions d'état stationnaire avant de noter la température aux 9 points considères et la puissance délivré au wattmètre.
- Répéter cette procédure pour d'autres puissances jusqu'a atteindre le maximum de l'appareil.

5. Résultats

Temperature T(°C)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Puissance Q(W) = 20W									
Puissance Q(W) = 40W									
Puissance Q(W) = 60W									
Puissance Q(W) = 80W									

- Tracer sur le même graphe la puissance en fonction de la température, pour chaque valeur de puissance
- En déduire la valeur du coefficient de conductivité thermique du bronze K.
- Le coefficient k est-il constant ou varie-t-il avec la température? Commenter les résultats obtenus ?

TP3. Transfert de chaleur par mode : Convection naturelle (dite libre)

1. But : Détermination du coefficient d'échange entre la paroi et le fluide par convection libre (naturelle à partir de la loi de Newton)

2. Principe

L'étude du transfert de chaleur par convection permet essentiellement de déterminer les échanges de chaleur se produisant entre un fluide et une paroi. La quantité de chaleur échangée par unité de temps dépend de plusieurs paramètres :

- ✓ la différence de température entre la paroi et le fluide ;
- ✓ la vitesse du fluide ;
- ✓ la capacité calorifique du fluide ;
- ✓ la surface d'échange ;
- ✓ l'état de surface du solide ;
- ✓ sa dimension.

La loi de Newton donne l'expression de la quantité de chaleur échangée ΦQ entre la surface d'un solide à la température T_s et le fluide à la température T_f .

La loi de Neutron s'écrit :

$$\Phi = h S (T_p - T_0)$$

Où :

- Φ est en W att,
- S en m^2 ,
- T en Kelvin
- h désigne le coefficient d'échange entre la paroi et le fluide (en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$).

3. Matériels

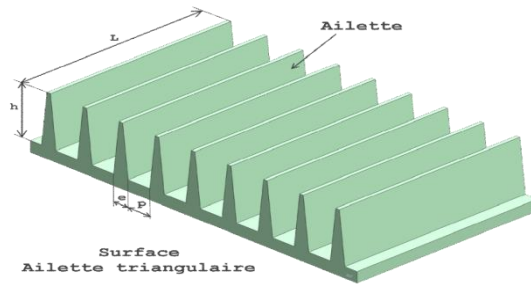
L'appareil permet l'étude des profils de température et des flux de chaleur dans une conduite d'air ou se trouvent disposés des modules interchangeables a surfaces.



Appareil Transfert de chaleur par mode : Convection naturelle (dite libre)

4. Mode opératoire:

- Placer échangeur de la chaleur à ailette dans la conduite expérimentale



$$L=100\text{mm}, P = 8\text{mm}, e = 4\text{mm}, h = 68\text{mm}$$

- Noter la température de l'air ambiant (t_A).
- Régler la puissance de chauffage a 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, 60,80 watts.
- Prendre les mesures toutes les 10 minutes.
- Dresser le tableau pour chaque cas
 - ❖ Température de l'air ambiant $t_A = \text{ }^\circ\text{C}$

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

5. Résultats: Température de l'air ambiant $t_A = \text{ }^\circ\text{C}$

- Tracer sur le même graphe la puissance en fonction de la température de la surface ($t_H - t_A$). pour chaque valeur de la puissance
- En déduire le coefficient d'échange entre la paroi et le fluide (en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$)
- Faire une explication nécessaire ?, conclusion ?

TP 4. Transfert de chaleur par mode : Convection forcée

1. But : Détermination du coefficient thermique en convection forcée

L'étude du transfert de chaleur par convection permet essentiellement de déterminer les échanges de chaleur se produisant entre un fluide et une paroi. La quantité de chaleur échangée par unité de temps dépend de plusieurs paramètres :

- ✓ la différence de température entre la paroi et le fluide ;
- ✓ la vitesse du fluide ;
- ✓ la capacité calorifique du fluide ;
- ✓ la surface d'échange ;
- ✓ l'état de surface du solide ;
- ✓ sa dimension.

La loi de Newton donne l'expression de la quantité de chaleur échangée ΦQ entre la surface d'un solide à la température T_s et le fluide à la température T_f .

La loi de Neutron s'écrit :

$$\Phi = h S (T_p - T_0)$$

Où :

- Φ est en W att,
- S en m^2 ,
- T en Kelvin
- h désigne le coefficient d'échange entre la paroi et le fluide (en $W.m^{-2}. K^{-1}$).

3. Matériels

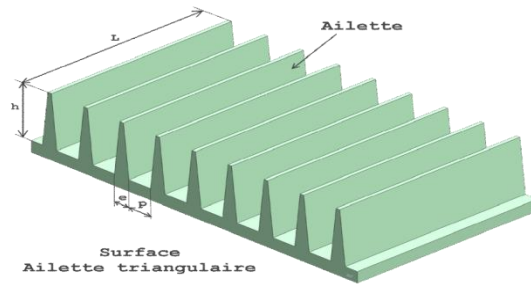
L'appareil permet l'étude des profils de température et des flux de chaleur dans une conduite d'air ou se trouvent disposés des modules interchangeables a surfaces.



Appareil Transfert de chaleur par mode : Convection naturelle (dite libre)

4. Mode opératoire:

- Placer échangeur de la chaleur à ailette dans la conduite expérimentale



$$L=100\text{mm}, P = 8\text{mm}, e = 4\text{mm}, h = 68\text{mm}$$

- Noter la température de l'air ambiant (t_A).
- Régler la puissance de chauffage a 60W.
- Prendre suffisamment de temps pour réaliser les conditions d'état stationnaire avant de noter la température de la plaque chauffée (t_H).
- Fixer la vitesse de ventilateur à 0.5m/s, accorder un temps suffisant avant de noter la température (t_H).
- Répéter l'expérience pour 1 et 1.5m/s
- Prendre les mesures toutes les 10 minutes.
- Dresser le tableau pour chaque cas

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

Vitesse de l'air (m/s)	t_H ($^\circ\text{C}$)	$t_H - t_A$ ($^\circ\text{C}$)
0		
0.5		
1.0		
1.5		

5. Résultats:

- Tracer sur le même graphe la vitesse de l'air en fonction de la température de la surface ($t_H - t_A$). pour chaque valeur de la puissance
- En déduire le coefficient d'échange entre la paroi et le fluide (en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$)
- Quelle est la différence entre la convection naturelle (dite libre) et la convection forcée

TP 5. Transfert de chaleur par mode : Rayonnement

1. But : Etude de la loi de Stefan Boltzmann selon la loi en cosinus de Lambert

2. Principe

Le transfert de chaleur par rayonnement entre deux corps séparés par du vide ou un milieu semi-transparent se produit par l'intermédiaire d'ondes électromagnétiques, donc sans support matériel. Le phénomène d'émission d'un corps correspond à la conversion d'énergie matérielle (agitation des électrons constituant la matière dont l'intensité dépend de la température

La relation de Stefan Boltzmann s'écrit: $Q = \sigma \cdot \varepsilon (T_s^4 - T_A^4)$

Ou Q:énergie par unité de surface émise par le corps noir (en W.m).

σ : Constante de Stefan Boltzmann = $56,7 \cdot 10^{-9} \text{ W m}^{-2} \text{ } ^\circ\text{K}^{-4}$

T_A :température ambiante(en°K).

T_s :température de la surface(en°K).

ε : Émissivité, indice valant 1 pour un corps noir et qui est compris entre 0 et 1 selon l'état de surface du matériau (sans dimension) ;

- * Où $I(\theta)$ est l'intensité lumineuse dans l'axe normal à la surface. Cette relation, également appelée la loi en cosinus de Lambert, **explique pourquoi l'intensité lumineuse diminue avec l'angle**. Plus l'angle θ augmente, plus le cosinus de cet angle diminue, réduisant ainsi l'intensité lumineuse perçue

3. Matériel

L'appareil d'étude des radiations thermiques est constitué de différentes sources d'énergie, de fibres, de dispositifs d'absorption et d'instruments de mesures, on monte ces différents constituants sur un banc gradué ,en fonction des expériences que l'on veut réaliser.

- Le banc est constitué deux rails parallèles et horizontaux maintenues dans un châssis rigide.
- Deux sources d'énergie peuvent être utilisées successivement:
 - * Une source de chaleur constituée d'un dispositif de chauffage électrique monté dans un corps noir.
 - * Une source lumineuse comprenant une ampoule de 150 w.



Appareil Transfert de chaleur par mode : Rayonnement

4. Mode opératoire

Orienter une source lumineuse comprenant une ampoule de 150 w vers deux pissettes d'eau distillée contenant 250 ml d'eau distillée, l'une vêtue de couleur noir et l'autre de couleur blanche menu à l'intérieur de deux cendre de thermomètre .

- * Positionner la source lumineuse sur les deux pissettes à 20cm de la lampe
- * Effectuer le branchement des deux cendres de thermomètre,
- * Mesurer la température des deux pissettes en fonction de l'angle θ selon le tableau ci-dessous
- * Prendre les mesures toutes les cinq minutes.

Angle (θ)	t(°C) corps noir	t(°C) corps blanc
90		
60		
30		
15		

5. Résultats

- Tracer la courbe angle (θ) en fonction des deux températures ?
- Commenter les températures du corps noir et le corps blanc en fonction de l'angle ?
- Conclusion

TP 6 : Echangeur de chaleur tubulaire.

1. But : Etude de transférer de l'énergie thermique d'un fluide vers un autre

2. Principe

Un échangeur de chaleur est un dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique d'un fluide vers un autre, sans les mélanger. En physique, on appelle chaleur une forme particulière de l'énergie. L'équivalence de la chaleur et du travail constitue le premier principe de la thermodynamique. Il en résulte qu'énergie, travail et quantité de chaleur ont une même unité: le joule.

Rappels théoriques

$$Q_c : \text{La puissance perdue par le fluide chaud} : Q_c = \dot{m}_c c_{p,c} (T_{ce} - T_{cs}) \quad (1)$$

$$Q_f : \text{La puissance gagnée par le fluide froid} : Q_f = \dot{m}_f c_{p,f} (T_{fs} - T_{fe}) \quad (2)$$

La puissance perdue par le fluide chaud = puissance gagnée par le fluide froid =

$$Q_c = Q_f = Q \quad (3)$$

$$\text{Efficacité de l'échangeur} : \varepsilon = Q/Q_{max} \quad (4)$$

$$\text{Efficacité de refroidissement} : \varepsilon_c = (T_{ce} - T_{cs}) / (T_{ce} - T_{fe}) \quad (5)$$

$$\text{Efficacité de chauffage} : \varepsilon_f = (T_{fs} - T_{fe}) / (T_{ce} - T_{fe}) \quad (6)$$

$$\text{Efficacité de l'échangeur} : \varepsilon = \max(\varepsilon_c, \varepsilon_f) \quad (7)$$

$$\text{La puissance maximale échangée} : Q_{max} = (\dot{m}c_p)_{min} (T_{ce} - T_{fe}) \quad (8)$$

$$\text{La puissance réelle} : Q = \varepsilon Q_{max} \quad (9)$$

Notations utilisés : 1 : fluide chaud ; 2 : fluide froid, e : entrée ; s = sortie

Exemple : T_{1e} : température d'entrée du fluide chaud ; \dot{m}_2 : débit d'eau froide

Avec : $c_{p1} = c_{p2}$: La chaleur spécifique de l'eau est $C_p \text{ eau} = 4186 \text{ Joule/kg K}$ (à 0°C et conditions de pression normale)

3. Description du banc d'essai :

Les principaux éléments qui composent le banc d'essai d'échangeur de chaleur sont :

- Le bac de stockage d'eau chaude ;
- Le bac de stockage d'eau froide ;
- L'élément chauffant ;
- Une pompe de circulation ;
- Un réseau de tubes concentriques ;
- Deux débitmètres pour les fluides chaud et froid ;
- Des thermomètres pour la mesure de températures ;
- Vanne de sélection de configuration (co-courants ou à contre-courants).



Figure 1 : Le schéma du principe de fonctionnement

4. Mode opératoire

But : Effet de la variation du débit d'eau froide M_2 (avec $M_1 = \text{cte}$) sur l'efficacité de l'échangeur sous des conditions de flux parallèles (co-courants) et flux opposés (contre-courants).

1. Brancher l'entrée d'eau froide à un robinet ;
2. Assurer le débit d'eau chaude m_1 à une valeur habituel et faites varier le débit d'eau froide m_2 cinq fois ;
3. Noter à chaque fois les températures de l'eau à l'entrée, au milieu et à la sortie ;

Debit eau froide	$T_{1e}(^{\circ}\text{C})$	$T_{1m}(^{\circ}\text{C})$	$T_{1s}(^{\circ}\text{C})$	$T_{2e}(^{\circ}\text{C})$	$T_{2m}(^{\circ}\text{C})$	$T_{2s}(^{\circ}\text{C})$
$m_2 =$						
$m_2 =$						
$m_2 =$						
$m_2 =$						
$m_2 =$						

Travail demandé :

1. Tracer la variation de l'efficacité de l'échangeur en fonction du débit du fluide froid $\varepsilon_1 = f(m_2)$ et $\varepsilon_2 = f(m_2)$ et déduire $\varepsilon = f(m_2)$.
2. Expliquer les graphes.

Deuxième manipulation :

But : Effet de la variation du débit d'eau chaude m_1 (avec $m_2 = \text{cte}$) sur l'efficacité de l'échangeur sous des conditions de flux opposés (contre-courants) et flux opposés (contre-courants). .

Mode opératoire :

1. Brancher l'entrée d'eau froide à un robinet ;
2. Fixer le débit d'eau froide m_2 à une valeur quelconque et faites varier le débit d'eau chaude m_1 cinq fois ;
3. Noter à chaque fois les températures de l'eau à l'entrée, au milieu et à la sortie.

Debit eau froide	$T_{1e}(^{\circ}\text{C})$	$T_{1m}(^{\circ}\text{C})$	$T_{1s}(^{\circ}\text{C})$	$T_{2e}(^{\circ}\text{C})$	$T_{2m}(^{\circ}\text{C})$	$T_{2s}(^{\circ}\text{C})$
$m_1 =$						
$m_1 =$						
$m_1 =$						
$m_1 =$						
$m_1 =$						

Travail demandé :

1. Tracer les graphes de l'efficacité de l'échangeur en fonction du débit du fluide pour les deux configurations.

$\varepsilon_1 = f(m_1)$ et $\varepsilon_2 = f(m_1)$ et déduire $\varepsilon = f(m_1)$. .

2. Commenter les graphes.