



Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et  
Renouvelables  
The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable  
Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



# Amélioration du coefficient d'échange d'un échangeur coaxial Effet de la vitesse du fluide

<sup>1</sup>Nada BENAYAD, <sup>1</sup>Nadir BELLEL

*laboratoire de physique énergétique département de physique  
Université mentouri constantine  
Tél/Fax- 213 3818702*

*e-mail : [nada.energetique@yahoo.fr](mailto:nada.energetique@yahoo.fr)*

*e-mail : [nadirbellel@yahoo.fr](mailto:nadirbellel@yahoo.fr)*

**Résumé** - Ce travail a pour but l'étude expérimentale de l'effet de la vitesse du fluide sur l'amélioration du coefficient d'échange dans un échangeur de chaleur coaxial tubulaire eau-eau en écoulement turbulent en circulation contre-courant. L'expérience a été menée sur un échangeur coaxial en cuivre, constitué de deux tubes concentriques à l'intérieur desquels les fluides (à traiter et le fluide auxiliaire) circulent à contre-courant. Le système utilise l'eau distillée comme fluide caloporteur. Les résultats montrent que la vitesse du fluide a un effet important sur l'amélioration du coefficient d'échange pour des débits variant de 1.08 à 3.40 m/s. Les résultats obtenus sont représentés dans des graphes illustrant parfaitement l'influence de la vitesse sur le coefficient d'échange.

**Mot clé** - échangeur coaxial/ fluide/vitesse/mesure expérimental/coefficient d'échange.

## 1. INTRODUCTION

Dans les installations industrielles, il est souvent nécessaire d'apporter une quantité de chaleur importante à une partie du système. Dans la majorité des cas, la chaleur est transmise à travers un échangeur de chaleur. On estime à 90% la part des transferts d'énergie réalisée par les échangeurs de chaleur dans l'industrie [1]. Parmi les types des échangeurs qui existe actuellement dans l'industrie : l'échangeur coaxial tubulaire (sur lequel ; on va entamer notre étude). Dans ce dernier l'un des fluides circule dans le tube central tandis que l'autre circule dans l'espace annulaire entre les deux tubes [2]. Le calcul des échangeurs

de chaleur se fait par plusieurs approches telles que l'approche numérique, l'approche expérimentale... en aboutissant un but cherché. Le but principal du calcul des échangeurs de chaleur consiste à satisfaire la dualité entre le transfert de chaleur et la perte de charge c'est-à-dire avoir un compromis entre la maximisation du transfert et la minimisation de la perte de charge en se limitant toujours d'optimiser les coûts d'investissement et d'autre itératifs[3,4]. Dans notre étude en suite l'approche expérimentale, les phénomènes énergétiques auxquels, les chercheurs actuellement s'intéressent sont par exemple : écoulement d'un fluide à la présence du transfert de chaleur dans un échangeur de chaleur afin d'améliorer le coefficient du transfert. Les écoulements considérés dans le présent travail sont tridimensionnels, transitoires, turbulents d'un fluide Newtonien incompressible. Les propriétés du fluide sont supposées constantes [5]. Le principal problème consiste à définir une surface d'échange suffisante entre les deux fluides pour transférer la quantité de chaleur nécessaire dans une configuration donnée. On vient de le dire, la quantité de chaleur transférée dépend de la surface d'échange entre les deux fluides mais aussi de nombreux autres paramètres ce qui rend une étude précise de ces appareils assez complexe. Les flux de chaleurs transférées vont aussi dépendre des températures d'entrée et des caractéristiques thermiques des fluides (chaleurs spécifiques, conductivité thermique) des fluides ainsi que des coefficients d'échange par convection. Ce dernier paramètre dépend fortement de la configuration des



**Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et  
Renouvelables**  
**The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable  
Energies**

**Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012**



écoulements et une étude précise doit faire appel à la mécanique des fluides [6, 7, 8,9].

Dans notre travail on va s'en occuper par cette étude fine qui se comporte sur :

- La détermination du Coefficient de surface à l'intérieur et à l'extérieur du tube, en fonction de la vitesse d'écoulement du fluide en mode contre courant.
- La détermination du Coefficient de surface globale en fonction de la température d'entrée du fluide chaud dans le tube central
- Profile de température en fonction de variation du débit chaud- mode contre courant.

## 2. ETUDE EXPÉRIMENTALE

L'échangeur de chaleur eau/eau en écoulement turbulent. H 951, a été conçu pour obtenir des résultats quantitatifs concernant les profils de température dans les deux modes d'écoulement co courant et contre courant en écoulement turbulent. Cet appareil compact, destinée à être installer sur une table. Celui-ci est du type à double tuyau avec de l'eau chaude coulant dans le tube central tandis que l'eau de refroidissement coule dans l'espace annulaire. L'échangeur de chaleur a été divisé en trois sections égales afin de permettre l'examen des températures du courant intermédiaire. Des thermocouples captent les températures du courant aux quatre stations et les températures du mur à

l'entrée et à la sortie.



**Fig. 1:** dispositif expérimental Bond D'essai : Echangeurs thermiques Eau/Eau En Ecoulement Turbulent H 951.

<b>Tube Extérieur</b>	<b>Tubes Intérieur</b>
Matériau : cuivre	Matériau : cuivre
Diamètre externe : $12,7 \cdot 10^{-3}$ m	Diamètre externe : ( $d_e = 9,5 \cdot 10^{-3}$ m)
Diamètre interne : $11,1 \cdot 10^{-3}$ m	Diamètre interne : ( $d_i = 7,9 \cdot 10^{-3}$ m)
Aire d'écoulement annulaire : $S_a = 25,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$	Longueur L : $3 \times 350 \cdot 10^{-3}$ m
Chaleur spécifique de l'eau : $C_p = 4,18 \text{ kJ.Kg}^{-1} . \text{k}^{-1}$ à 40 °C	Aire De Transfert de chaleur : Externe : $A_e = 0,031 \text{ m}^2$ ; Interne : $A_i = 0,0288 \text{ m}^2$
$= 4,22 \text{ kJ.kg}^{-1} . \text{k}^{-1}$ à 100 °C	Aire d'écoulement : Moyenne : $A_m = 0,0288 \text{ m}^2$
	$S_f = 49 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

Table1 : Dimensions et renseignements Utiles de l'échangeur de chaleur.

### Spécifications :

- Echangeur a tubes concentriques. Surface  $0.021 \text{ m}^2$
- Résistance de chauffe 3KW avec variateur de puissance triac.
- Pompe de circulation à couplage magnétique.
- Trois débits mètres sont fournis pour eau chaude et froide.
- Thermomètre digital, résolution 0.1 °C, avec commutateur
- Robinet d'eau pour l'alimentation en eau. Tous les composants électriques sont reliés à la terre protégés par fusible un thermostat limite la température de l'eau.

## 2.1

### L'EXPÉRIENCE :

1. Régler les vannes de régulation de débit d'eau de refroidissement de façon à obtenir un débit à contre –sens.
2. Vérifier que le réservoir du réchauffeur contient le niveau d'eau correct.
3. ouvrir entièrement la vanne de régulation « débit élevé », brancher le réchauffeur au maximum et faire monter la température de l'eau à environ 70°C.
4. Régler l'eau froide de façon à amener la température moyenne de l'eau chaude à environ 70°C.
5. laisser les conditions se stabiliser, puis faire les observations.



**Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et  
Renouvelables**  
**The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable  
Energies**



**Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012**

6. Réduire le débit d'eau chaude à jusqu'à environ 80 °C du maximum et sans changer le débit d'eau froide. utiliser la commande du réchauffeur pour ramener température moyenne d'eau chaude à sa valeur initiale.
7. permettre aux conditions de se stabiliser, puis faire les observations.
8. Répéter 6 et 7 avec des débits d'eau chaude d'environ 60, 40 et 20 de la valeur initiale. Les résultats sont montrés dans le tableau suivant.

**Les données expérimentales :** avec Écoulement à contre sens

$$(T_3+T_6)/2 = 70\text{ C}^\circ, \dot{m}_f = 15\text{ g/s} = 0.015\text{kg/s}$$

La date : 11/4/2010 à 12<sup>H</sup>

$$\dot{m}_c = 9.7, 9, 7, 6, 5, \text{ l/min}, 50\text{g/s}, T_{ce} = 70\text{ C}^\circ, T_{fe} = 21\text{C}^\circ, C_p = 4.18$$

**3. RÉ  
SULTAT ET DISCUSSION**

Les températures obtenues par les mesures expérimentaux sont présentées dans le tableau suivant :

Test	1	2	3	4	5	6
Mur métallique à l'entrée $T_1$ (°C)	69.2	69.6	69.6	69.7	69.8	70.2
Mur métallique à la sortie $T_2$ (°C)	53.5	53.5	51.8	50.9	49.5	45.7
Courant chaud à l'entrée $T_3$ (°C)	72.1	72.5	73	73.4	73.9	76.4
Courant chaud, 1 <sup>ère</sup> intermédiaire $T_4$ (°C)	71.5	71.8	72	72.2	72.5	73.9
Courant chaud, 2 <sup>ème</sup> intermédiaire	70.4	70.5	70.4	70.4	70.3	70.5

ire $T_5$ (°C)						
Courant chaud, à la sortie $T_6$ (°C)	68.3	68.4	67.7	67.3	66.6	64.9
Courant froid, entrée /sortie $T_7$ (°C)	62.6	62.6	61.9	61.6	61.2	60
Intermédiaire Courant froid $T_8$ (°C)	54.5	54.3	53.3	53	52.5	50.7
Intermédiaire Courant froid $T_9$ (°C)	0.4	40.4	39.6	39.3	39.1	37.7
Courant froid, entrée /sortie $T_{10}$ (°C)	17.7	18.6	18.9	19.2	19.8	20.3
Débit indiqué d'eau chaude $\dot{m}_c$ (L /Min)	9.7	9	7	6	5	50 g/s
Débit d'eau froide $\dot{m}_f$ (Kg/s)	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015

TABLE.2 : résultats expérimentaux.



**Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et  
Renouvelables**  
**The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable  
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



Résultats de calculs :

Test	1	2	3	4	5	6
$Q_i$ puis sane	2595	2559	2598	2581	2477	2505
$U_i$ vite sse tube central	3.40	3.10	2.44	2.10	1.68	1.08
$U_o$ Vitesse tube extérieu r	0.58	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
$h_i$ coeffé ent interne	24766	21851	18154	15771	14429	9283
$h_o$ Coeffé ent externe	4750	4712	4499	4494	4260	4741
$h_G$ Coe fficient globale	4152	4024	3706	3596	3358	3158
tempé rature chaude à l'entrée $T_3$ (K)	345,1	345,5	346	346,4	346,9	349,4
$\Delta TLM$	24.61	24.78	25.47	25.92	26.23	28.2

TABLE.3 : résultats de calculs

Ces résultats sont représentés graphiquement sur la figure 2, 3, 4, 5.

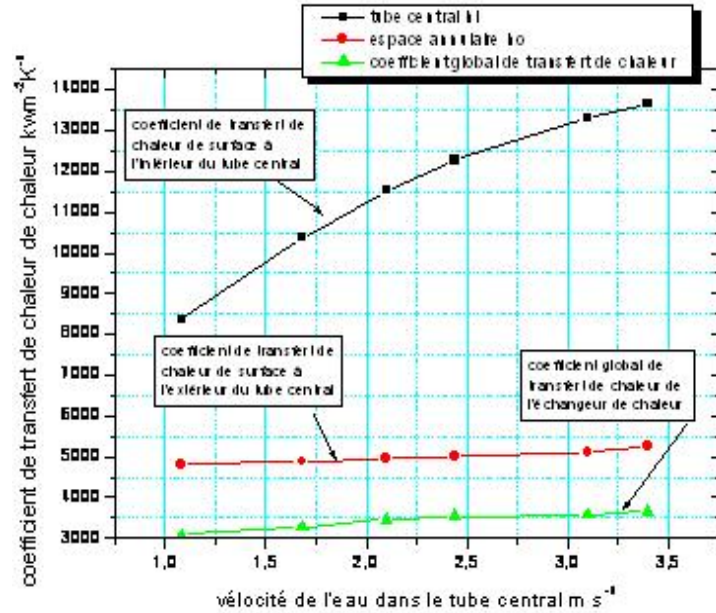
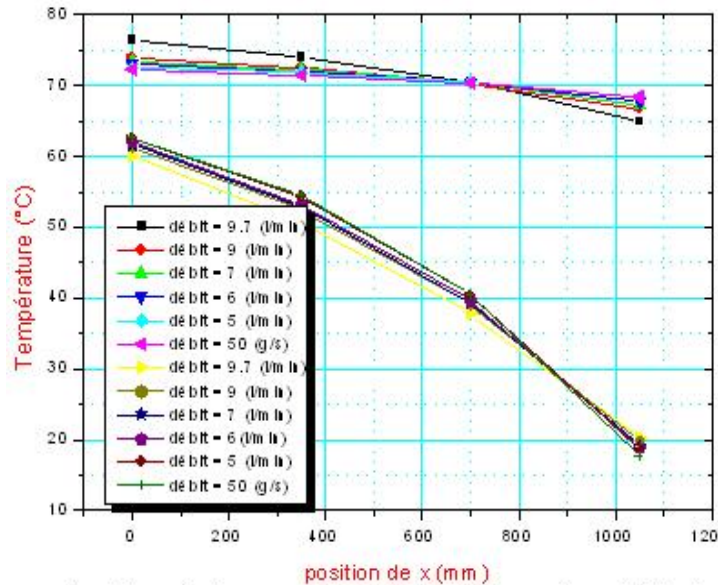


Fig. 2: Effet de la vitesse sur la surface et les

coefficients globaux de transfert de chaleur.



profil de température en mode contre courant pour divers débits cha

Fig. 3: effet de la température d'entrée chaude sur le coefficient d'échange.



**Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et  
Renouvelables**  
**The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable  
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012

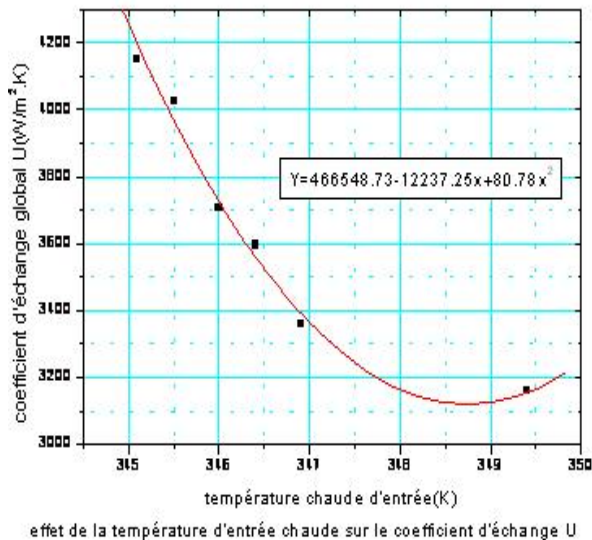


Fig.4: profils de température pour différents valeurs de débit d'eau chaud

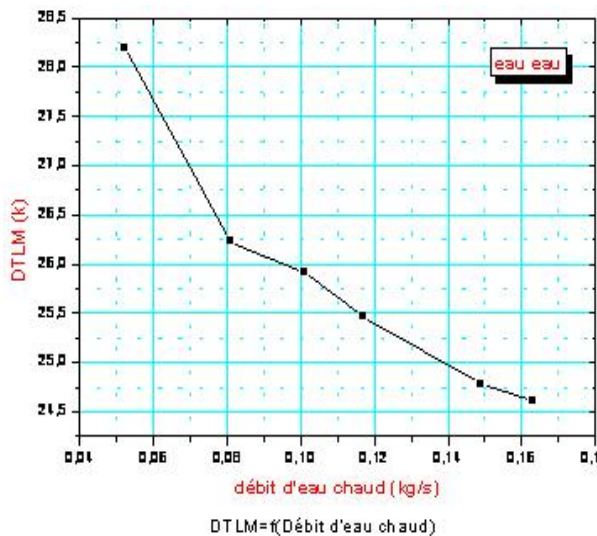


Fig.5 : Effet du débit d'eau chaud sur la température

moyenne logarithmique DTLM.

### 3.1 EXPLOITATION DES RÉSULTAT

De la figure 2 : On peut constater que le coefficient de surface à l'extérieur du tube, là où la vitesse de

l'eau de refroidissement est restée constante, n'a pas changé de façon mesurable. Cependant, à l'intérieur du tube, le coefficient de transfert de chaleur de surface a changé rapidement avec la vitesse de l'eau.

De la figure 3: On remarque que le coefficient de transfert global diminue plus que la température d'entrée d'eau chaude dans le tube centrale augmente. On peut constater que le coefficient d'échange global a changé rapidement avec le changement de la température d'entrée du fluide chaud. Plus la valeur de température d'entrée du fluide chaud augmente plus le coefficient diminue. Le coefficient d'échange globale dans un échangeur coaxial décroît avec la l'augmentation de la température d'entrée chaude du tube central ; donc pour avoir un bon échange il faut diminuer la température chaude d'entrée.

De la figure 4, 5 : on observe que : la température logarithmique moyenne DTLM diminue plus que le débit d'eau chaude augmente, et d'après la relation :  $P= K.S. \Delta T_m$ .

Donc il est très facile de remarquer que la puissance d'échange diminue lorsque le débit d'eau chaude augmente.

### 4. CONCLUSION

- ✚ le coefficient U de transfert de chaleur globale reflète son amélioration avec l'augmentation de la vitesse du fluide chaud à l'intérieur du tube central.
- ✚ Aussi la diminution de température d'entrée d'eau chaude dans le tube centrale augmente le coefficient de transfert global.
- ✚ donc l'une des méthodes d'amélioration du coefficient d'échange dans un échangeur coaxial est l'augmentation de la vitesse du fluide en augmentant son débit volumique d'eau chaude à l'intérieur du tube central. Et comme deuxième méthode d'amélioration du coefficient d'échange dans un échangeur coaxial est la diminution de température chaude d'entrée.
- ✚ La corrélation :  $y=466548.73-12237.25x+80.78x^2$  explique la relation entre coefficient d'échange globale et la



**Le 2<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et  
Renouvelables**  
**The 2<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable  
Energies**

**Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012**



température d'entrée du fluide chaud dans un échangeur coaxial.

- ✚ L'augmentation du débit d'eau chaud à un mauvais effet sur le coefficient d'échange global et la température logarithmique moyenne. Danc pour avoir un bon échange de chaleur il faud diminuer le débit d'eau chaud afin d'augmenter le coefficient d'échange global et la température logarithmique moyenne et ainsi la puissance d'échange.

#### RÉFÉRENCES

- [1] J.P. *échangeurs thermiques*, éditions masson ,1994
- [2] J. C. *transferts de chaleur (tome 2)*, éditions masson, 1990
- [3] P.T. *échangeurs de chaleur*, institut de denis licence professionnelle module ingénierie des systèmes multi techniques, 14 mars 2002.
- [4] J.C. *échangeur de chaleur: échangeur tubulaire et échangeur a surface raclee*, 2002.
- [5] J.F.SACCADURA. *Initiation aux transferts thermiques*, paris 4<sup>ème</sup> tirage 1993.
- [6] T.J. *transferts thermiques, cours et donnees de base*, dunod, 1995.
- [7] A. Harhad, L. Mansouri, F .Bencheikh, *influence des parametres physiques des fluides et de la conduction bidimensionnelle dans la paroi sur les performances des échangeurs de chaleur*, actes des 9èmes journées internationales de la thermique, thème 2, pp. 26- 35, bruxelles, 1999.
- [8] : F. Bencheikh et A. Harhad, *etude du transfert thermique dans la zone d'entree d'un échangeur de chaleur a double tubes concentriques*, institut de mécanique, université de blida, b.p. 270, blida, algérie rev. Energ. Ren. Chemss 2000 17-2317.
- [9] : R. C. *mecanique des fluides experimetales* éditions masson, tome ii (1976).