

## COMPARAISON DES EFFICACITÉS DES AILETTES EN CASCADE

Mohammed MEHEMMAI<sup>1</sup>, Hafied REZIK<sup>2</sup>, MEHIRA Ai<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Faculté des technologies Département de mécanique Université Hadj Lakhdar Batna. BP N°=63 M Hadj Lakhdar Batna. Mohamedm1969@yahoo.fr

<sup>2</sup> Faculté des technologies Département de mécanique Université Hadj Lakhdar Batna. rezikhafied@yahoo.fr

<sup>3</sup> Faculté des sciences, Université Hadj Lakhdar Batna, Algérie, mehiraali@yahoo.fr

### RÉSUMÉ

Les ailettes thermiques jouent un rôle très important dans le domaine de transfert de chaleur et les écoulements des fluides. On a étudié les transferts thermiques et l'efficacité dans les ailettes. Par la suite, on va comparer les efficacités des différents types d'ailettes étudiées. L'étude a montré que l'augmentation de la conductivité thermique et l'épaisseur de l'ailette, et la diminution de coefficient d'échange thermique amélioreraient l'efficacité des ailettes. D'autre part, l'ailette triangulaire est la plus performante de différents types d'ailettes. L'étude encore a traité les ailettes en cascade (première partie est rectangulaire et la deuxième doit être des diverses formes). Le logiciel MAPLE (version 16) nous a aidé à résoudre l'équation de la chaleur des différents types d'ailettes et nous a permis de calculer le champ de température et l'efficacité des ailettes avec une très bonne précision.

**Mots Clés:** *Ailette, Transferts Thermiques, Echangeur de chaleur, Tube à ailettes.*

### NOMENCLATURE

Insérer ici la liste des variables utilisées dans un tableau à 2 colonnes, centré et avec bordures supprimées. Dans la mesure du possible, les 2 colonnes seront d'égale longueur. Les symboles utilisés doivent obéir aux règles internationales.

SYMBOLE	DESINATION	UNITE
A	Section normal	m <sup>2</sup>
Bessel	Fonction de Bessel	
C	Constante	
h	Coefficient d'échange de chaleur	W/m <sup>2</sup> °C
k	Conductivité thermique.	W/m°C
L	Longueur	m
l	Largeur	m

m	(hP/kA) <sup>1/2</sup>	m <sup>-1</sup>
P	Périmètre	m
p	Paramètre = (2.h.L/k.R) <sup>1/2</sup>	
q	Quantité de chaleur	W
q1	Quantité de chaleur entrante par conduction	W
q2	Quantité de chaleur sortante par conduction	W

$q^3$	Quantité de chaleur sortante par convection	W
$q_i$	Chaleur idéal	W
$q_r$	Chaleur réel	W
T	Température	°C
$T_f$	Température de fluide	°C

W	Epaisseur	m
<b>Symboles Grecs</b>		
$\theta$	Température	°C
$\eta$	Efficacité	

## 1. INTRODUCTION

La transmission de chaleur est devenue l'une des plus importants domaines scientifiques à cause de leur besoin et leur rôle dans la vie d'une part, et pour développer les moyens dans tous les domaines technologiques et économiques. Il ya des techniques ,qui concernent toutes les modifications possibles de la surface de transfert, depuis le changement de son état (création de rugosités), en passant par les extensions (ailettes) jusqu'à l'ajout d'un revêtement pour modifier ses propriétés. La rugosité de surface permet par exemple de promouvoir la turbulence dans le fluide, ce qui aura souvent pour conséquence de modifier les pertes de charge. Il en est de même pour les dispositifs d'insert modifiant l'écoulement ou favorisant les mélanges. Quant aux extensions de surface, elles sont généralement utilisées lorsqu'un des deux fluides a un coefficient convectif très faible par rapport à l'autre. La surface d'échange en contact avec ce fluide est alors augmentée afin de diminuer la résistance thermique correspondante.

L'objet est d'étudier les ailettes, qui ont un rôle spécifique dans le domaine des échangeurs de chaleur, et on recherche l'ailette la plus efficace parmi les ailettes étudiées.

La solution de l'efficacité des différents types d'ailettes à l'aide du logiciel Maple.

## 2 FORMULES MATHÉMATIQUES

**2.1 .Bilan thermique :**La chaleur échangée par la surface

$$A(x) : q_1 = q_2 + q_3$$

(1)

$$-kA\left(\frac{dT}{dx}\right)_x = -kA\left(\frac{dT}{dx}\right)_{x+\delta x} + h\delta S(T - T_f)$$

(2)

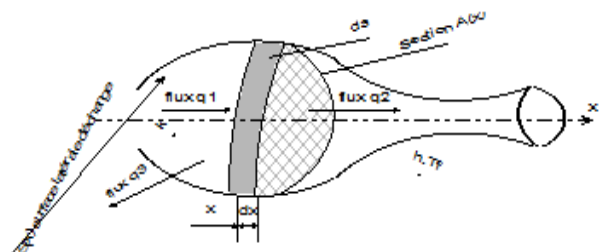


Figure .1 : Ailette de géométrie arbitraire

Par le développement en série de TAYLOR : on a :

$$q_2 = -kA \left( \frac{dT}{dx} \right)_{x+\delta x} = q_1 + \frac{dq_1}{dx} \delta x + \frac{d^2 q_1}{dx^2} \frac{(\delta x)^2}{2!} + \dots \tag{3}$$

On pose :  $\theta_0 = T - T_f$  . On a :  $q_3 = h\theta_0 \delta S$

$$\frac{d}{dx} \left( -kA \frac{d\theta}{dx} \right) \delta x + \frac{d^2}{dx^2} \left( -kA \frac{d\theta}{dx} \right) \frac{(\delta x)^2}{2!} + \dots + h\theta_0 \delta S = 0 \tag{4}$$

$$\text{D'où : } \frac{1}{A} \frac{d}{dx} \left( -kA \frac{d\theta}{dx} \right) \delta x + \frac{1}{A} \frac{d^2}{dx^2} \left( -kA \frac{d\theta}{dx} \right) \frac{(\delta x)^2}{2!} + \dots + \frac{1}{A} h\theta_0 \delta S = 0 \tag{5}$$

On a :  $A=f(x), S=f(x)$  . Alors :  $\frac{\delta A}{\delta x} = \frac{dA}{dx}, \frac{\delta S}{\delta x} = \frac{dS}{dx}$

$$\text{On pose : } \delta x \rightarrow 0 \text{ . Donc : } \frac{1}{A} \frac{d}{dx} \left( -kA \frac{d\theta}{dx} \right) + \frac{h\theta_0}{A} \frac{dS}{dx} = 0 \tag{6}$$

$$\text{D'où : } \frac{d^2 \theta}{dx^2} + \frac{1}{A} \frac{dA}{dx} \frac{d\theta}{dx} - \frac{h}{k} \left( \frac{1}{A} \frac{dS}{dx} \right) \theta = 0 \tag{7}$$

Pour les surfaces auxiliaires, tel que  $k=\text{constante}$ , et le régime monodimensionnelle, l'équation précédente reste valable.

**2.2-Efficacité d'ailette :** 
$$\eta = \frac{q_r}{q_i} \tag{8}$$

Par la méthode de dérivation , On a L'efficacité est donnée par :

$$\text{Si l'origine des axes est liée à la paroi même: } \eta = \frac{-kA \left( \frac{d\theta}{dx} \right)_{x=0}}{h(T_0 - T_f)S} \tag{9}$$

$$\text{Si l'origine des axes est liée à l'extrémité de l'ailette } \eta = \frac{kA \left( \frac{d\theta}{dx} \right)_{x=L}}{h(T_0 - T_f)S} \tag{10}$$

**2.3 - Ailette longitudinale de profil rectangulaire**

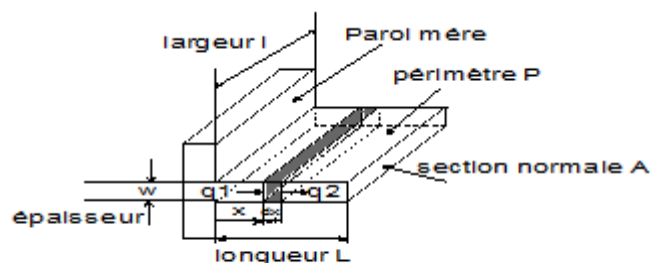


Figure 2. Ailette rectangulaire

\* Remarque : on utilise le langage MAPLE (version 16), pour calculer les efficacités (voir annexe -1-)

On a :  $x = 0, \theta = \theta_0; x = L, k \frac{d\theta}{dx} = 0$

Efficacité de l'ailette :  $\eta_d = \frac{\tanh(mL)}{mL}$  (11)

**2.4 - Ailette longitudinale de profil triangulaire :**

On a :  $x = 0, \frac{d\theta}{dx} = 0; x = L, \theta = \theta_0$

L'efficacité de l'ailette :  $\eta = \frac{2}{2p\sqrt{L}} \cdot \frac{\text{Bessel}(1, 2p\sqrt{L})}{\text{Bessel}(0, 2p\sqrt{L})}$

(12)

**2.5 - Ailette longitudinale (profil concave) :**

On a :  $x = L, \theta = \theta_0; x = 0, -k \frac{d\theta}{dx} = h_e \theta$

L'efficacité de l'ailette:  $\eta = \frac{2}{1 + \sqrt{1 + (2mL)^2}}$

(13)

**2.6 - Ailette longitudinale (profil convexe) : [ALLA 2001]**

On a :  $x = L, \theta = \theta_0; x = 0, -k \frac{d\theta}{dx} = h_e \theta$

L'efficacité de l'ailette ::

$$\eta = \frac{1}{mL} \frac{\text{Bessel}\left(\frac{2}{3}, \frac{4}{3}mL\right)}{\text{Bessel}\left(-\frac{1}{3}, \frac{4}{3}mL\right)}$$

(14)

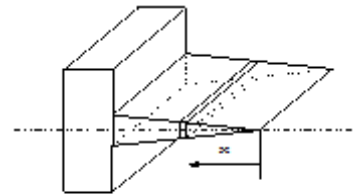


Figure 3. Ailette triangulaire

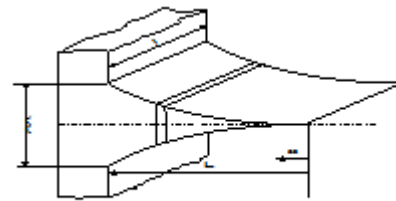


Figure 4. Ailette concave

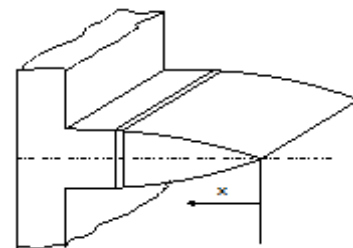


Figure 5. Ailette convexe

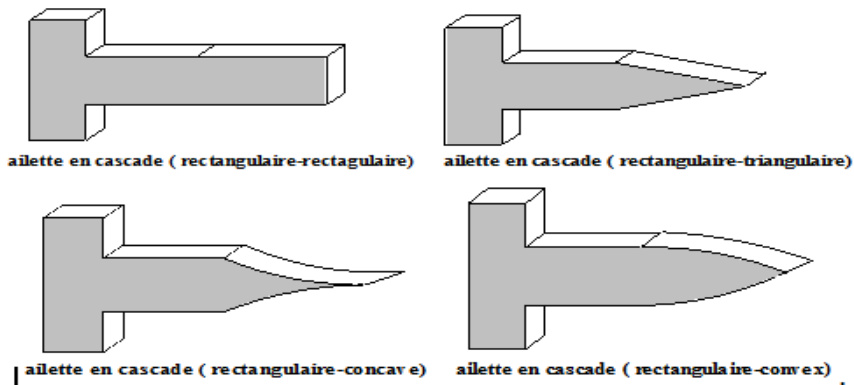


Figure 6. Ailettes en cascade

## 2.7 - Ailette en cascade:

L'ailette en cascade est une modification de forme d'ailette, où on trouve deux formes, (première partie est rectangulaire et la deuxième doit être des divers formes), comme l'indique les formes des ailettes longitudinales en dessous.

Les efficacités des ailettes (rectangulaire –triangulaire – concave-convexe) sont données précédemment, mais ici, on doit les combiner.

## 3. RESULTATS

1. L'efficacité des ailettes diminue avec l'augmentation de longueur (L) et du coefficient d'échange de chaleur par convection (h), et augmente avec l'augmentation de la conductivité thermique (k) et de l'épaisseur (W).
2. La figure 7. montre la comparaison des efficacités des ailettes longitudinales de profils (rectangulaire, concave, convexe) et on constate que l'efficacité de l'ailette triangulaire est meilleure que les autres ailettes.
3. La figure 10. montre la comparaison des efficacités des ailettes longitudinales de profils (rectangulaire, concave, convexe) en cascade, et on constate, la même remarque précédemment, que l'efficacité de l'ailette triangulaire est meilleure que les autres ailettes.
4. Pour les figures (8. et 9. et 10.), les ailettes longitudinales (en cascade) ont deux parties (la première a la forme rectangulaire et la deuxième a une autre forme). on remarque que l'efficacité varie entre les deux parties de l'ailette.

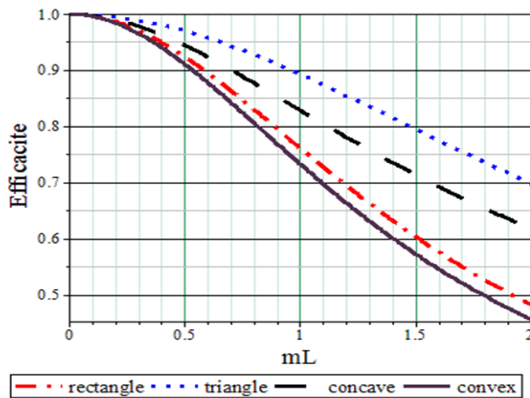


figure 7. Comparaison des efficacités des ailettes .

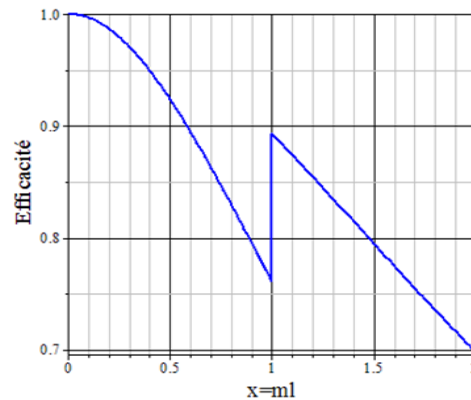


figure 8. Ailette(rectang-triang) en cascade

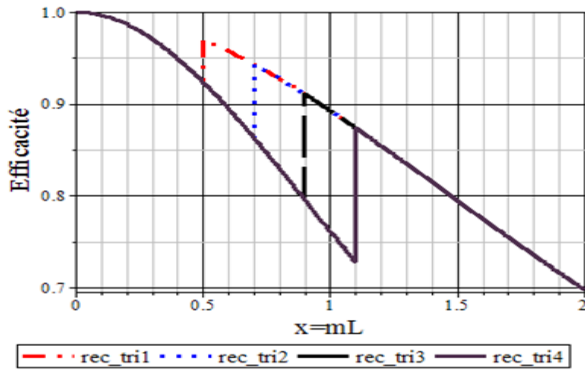


figure 9. Ailette(rectang-triang) en cascade en quatre positions

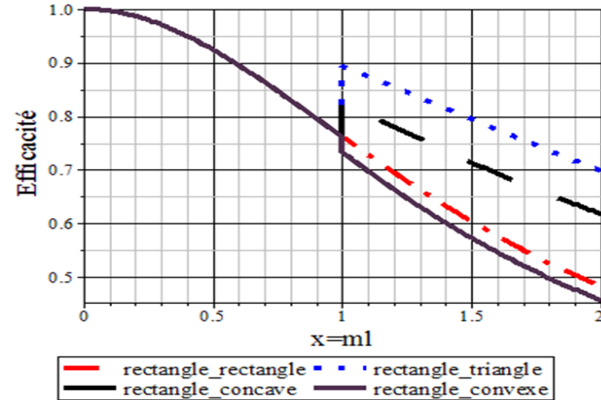


figure 10. Comparaison des ailettes en cascade

#### 4. CONCLUSIONS

Suivant ce présent travail, on conclut :

Les ailettes jouent un rôle rentable dans le domaine des échangeurs de chaleur.

L'efficacité des ailettes triangulaires est la meilleure parmi les autres ailettes.

Les ailettes en cascade nous permettent de les utiliser dans des cas spécifiques.

Le logiciel " MAPLE " résout l'équation de la chaleur et donne la solution analytique de la distribution de température et l'efficacité des différentes ailettes avec une grande précision.

En fin, il est important pour les études prochaines de développer des recherches autour des ailettes, surtout dans les cas multidimensionnels instationnaires et aussi en proposant d'autres formes géométriques

#### REFERENCES

- [Al- 2004] A. Al-Sarkhi , E. Abu-Nada, Characteristics of forced convection heat transfer in vertical internally finned tube, International Communications in Heat and Mass Transfer 32 (2005) 557–564.
- [ALLA 2001] A. D. Kraus , Abdul aziz, J. Welty, Extended surface heat transfer., p .21, 2001, USA
- [BOUG 2007] Cherif Bougriou, Calcul et technologie des échangeurs de chaleur, 2007, Batna, Algérie.
- [BRAH 1995] Brahimi et Achour, mémoire : Etude des ailettes usuelles, 1995, université Batna, Algérie.
- [Chi 2007] Y.W. Chiu, Y. Lin, J.Y. Jang, Numerical and Experimental Analysis of Elliptic Finned-Tube Heat Exchangers under Misted Conditions, Proceedings of Clima 2007 WellBeing Indoors.
- [Com 2009] G. Comini, S. Savino, Accuracy of one-dimensional design procedures for finned-tube heat exchangers, Applied Thermal Engineering 29 (2009) 2863–2869.
- [Jeo 2005] J. Jeong, C. N. Kim, A study on the thermal contact conductance in fin-tube heat exchangers with 7 mm tube, International Journal of Heat and Mass Transfer 49 (2006) 1547–1555.