

Optimisation des paramètres d'un échangeur de chaleur avec agitateur par la méthode Taguchi et l'algorithme génétique.



Sihem BOUZID^(1,2*), Larbi BENDADA⁽¹⁾, Nacer HABIR^(1,3) & Yamina HARNANE^(1,4)

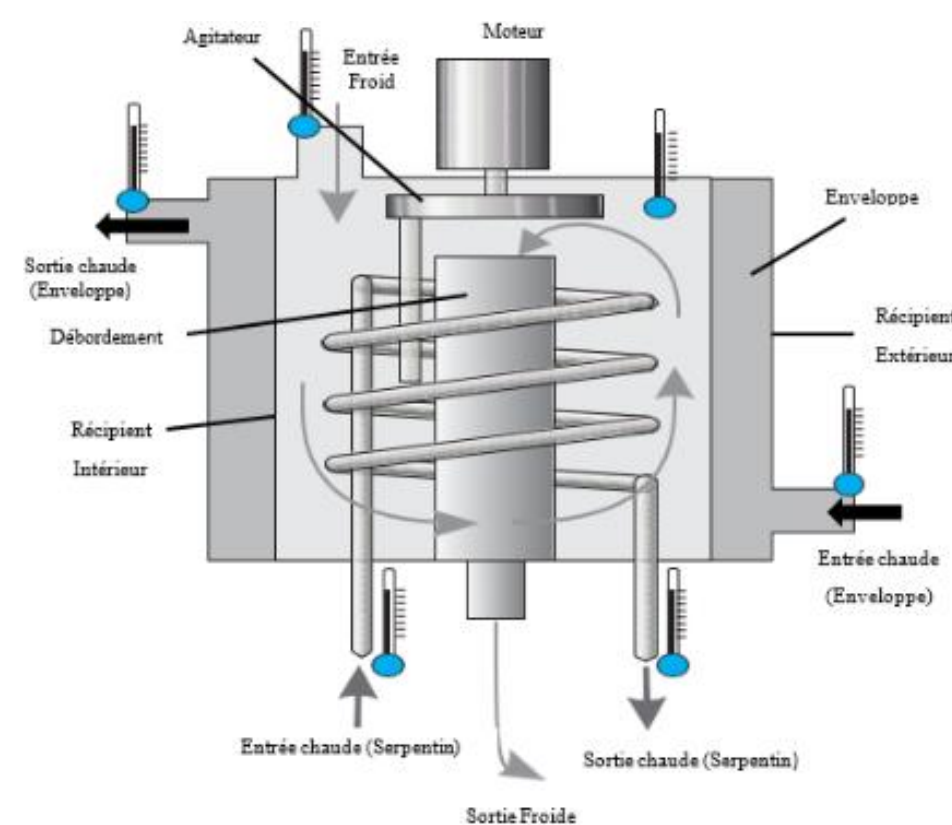
INTRODUCTION

Il s'agit d'optimiser les paramètres d'un échangeur de chaleur double calandre avec agitateur de type TD360d. Le travail a été effectué en deux parties : Réalisation des tests de fonctionnement de l'échangeur en agissant sur trois paramètres : débit de fluide chaud (q_c), vitesse de rotation de l'agitateur (ω) et température d'entrée du fluide chaud (T_{ce}); puis utilisation des algorithmes de Taguchi et génétiques afin d'optimiser ces mêmes paramètres afin de maximiser l'efficacité de l'échangeur.

MÉTHODE EXPÉRIMENTALE/MODÈLE MATHÉMATIQUE

Tests réalisés

Modes de fonctionnement



Combinaisons des paramètres

	A	B	C
	Débit volumique q_c	Vitesse de rotation ω	Température T
Niveau	l/min	trs/min	°C
1	1	0	40
2	2	50	50
3	3	100	60

Résultats des tests

N°	q_c	ω	T_{ce}	η moyenne	S/B
1	1	0	40	0,3308	-9,6087
2	1	0	50	0,3163	-9,998
3	1	0	60	0,2979	-10,5186
4	1	50	40	0,2777	-11,1275
5	1	50	50	0,2997	-10,4663
6	1	50	60	0,3077	-10,2375
7	1	100	40	0,2964	-10,5624
8	1	100	50	0,3533	-9,0371
9	1	100	60	0,2701	-11,3695
10	2	0	40	0,1941	-14,2395
11	2	0	50	0,2184	-13,2149
12	2	0	60	0,2071	-13,6764
13	2	50	40	0,2081	-13,6346
14	2	50	50	0,2111	-13,5102
15	2	50	60	0,2213	-13,1004
16	2	100	40	0,1941	-14,2395
17	2	100	50	0,2871	-10,8393
18	2	100	60	0,2229	-13,0378
19	3	0	40	0,1681	-15,4886
20	3	0	50	0,1543	-16,2327
21	3	0	60	0,1834	-14,732
22	3	50	40	0,1681	-15,4886
23	3	50	50	0,237	-12,505
24	3	50	60	0,1803	-14,8801
25	3	100	40	0,1681	-15,4886
26	3	100	50	0,2684	-11,4243
27	3	100	60	0,1783	-14,977

« mode serpentin »

N°	q_c	ω	T_{ce}	η moyenne	S/B
1	1	0	40	0,3275	-9,695
2	1	0	50	0,3536	-9,0301
3	1	0	60	0,3631	-8,7984
4	1	50	40	0,3402	-9,3641
5	1	50	50	0,3173	-9,9709
6	1	50	60	0,3695	-8,6488
7	1	100	40	0,3577	-8,9302
8	1	100	50	0,3748	-8,5234
9	1	100	60	0,3746	-8,5296
10	2	0	40	0,3675	-8,6954
11	2	0	50	0,3842	-8,3093
12	2	0	60	0,3775	-8,4677
13	2	50	40	0,3832	-8,3317
14	2	50	50	0,392	-8,1334
15	2	50	60	0,3869	-8,2477
16	2	100	40	0,403	-7,8944
17	2	100	50	0,3984	-7,9927
18	2	100	60	0,416	-7,6177
19	3	0	40	0,3671	-8,7034
20	3	0	50	0,3832	-8,3314
21	3	0	60	0,3763	-8,4901
22	3	50	40	0,3968	-8,0277
23	3	50	50	0,4026	-7,9018
24	3	50	60	0,3946	-8,0763
25	3	100	40	0,41	-7,745
26	3	100	50	0,4176	-7,5853
27	3	100	60	0,4199	-7,5364

« mode enveloppe »

Modèle mathématique

Méthode de Taguchi

L'objectif est de maximiser l'efficacité de l'échangeur en déterminant le niveau optimal de chaque paramètre, le type « plus grand est le meilleur » rapport S/B est choisi

$$S/B_H = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

y_i : i ème valeur de la caractéristique calculée (efficacité)

Méthode des Algorithmes Génétiques AG

Le modèle développé basé sur un réseau orthogonal est utilisé en tant que fonction objectif dans l'algorithme génétique mono-objectif. Les corrélations sont obtenues par la régression (méthode moindres carrés).

Maximiser l'efficacité

$$\eta : Y (A, B, C)$$

Sous les contraintes :

$$\text{Débit volumique } q_c : 1 \leq A \leq 3$$

$$\text{Vitesse } \omega : 0 \leq B \leq 100 (7)$$

$$\text{Température } T_{ce} : 40 \leq C \leq 60 (8)$$

Le calcul par l'outil Minitab a fourni la fonction objectif :

$$\eta \text{ moyenne} = -0,0580 \cdot q_c + 0,00935 \cdot \omega + 0,00353 \cdot T_{ce} + 0,328$$

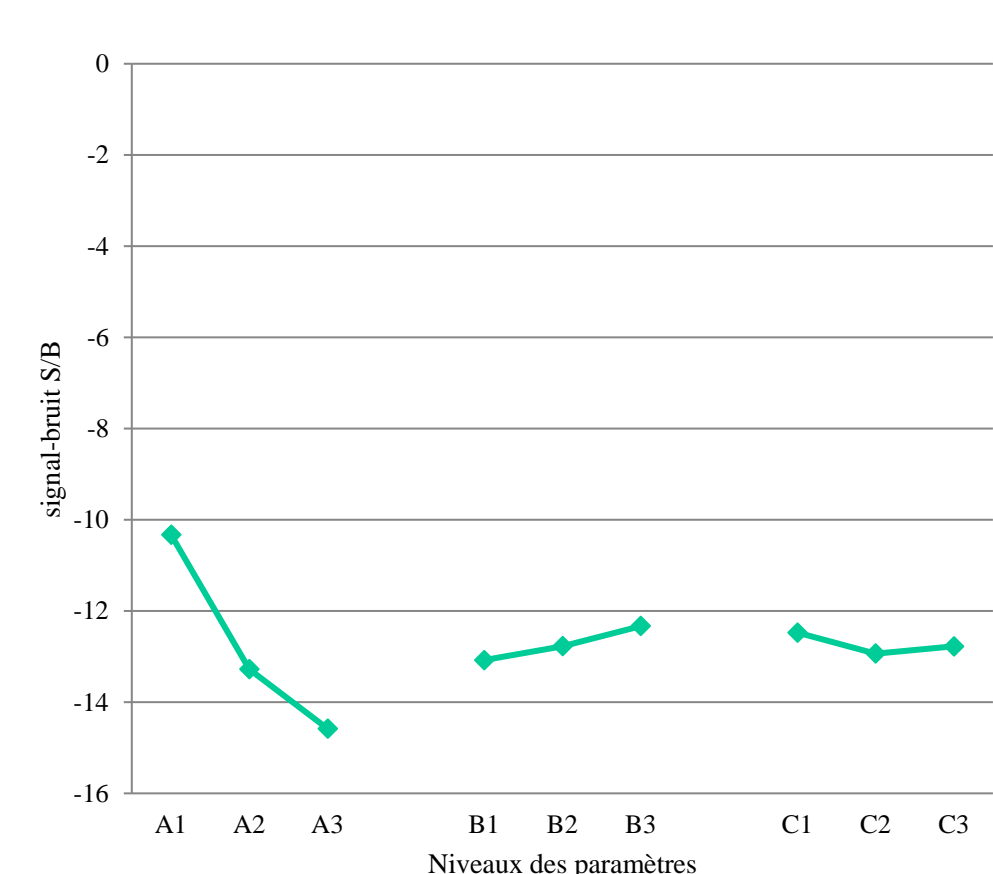
pour le mode serpentin

$$\eta \text{ moyenne} = +0,0217 \cdot q_c + 0,000302 \cdot \omega + 0,000697 \cdot T_{ce} + 0,287$$

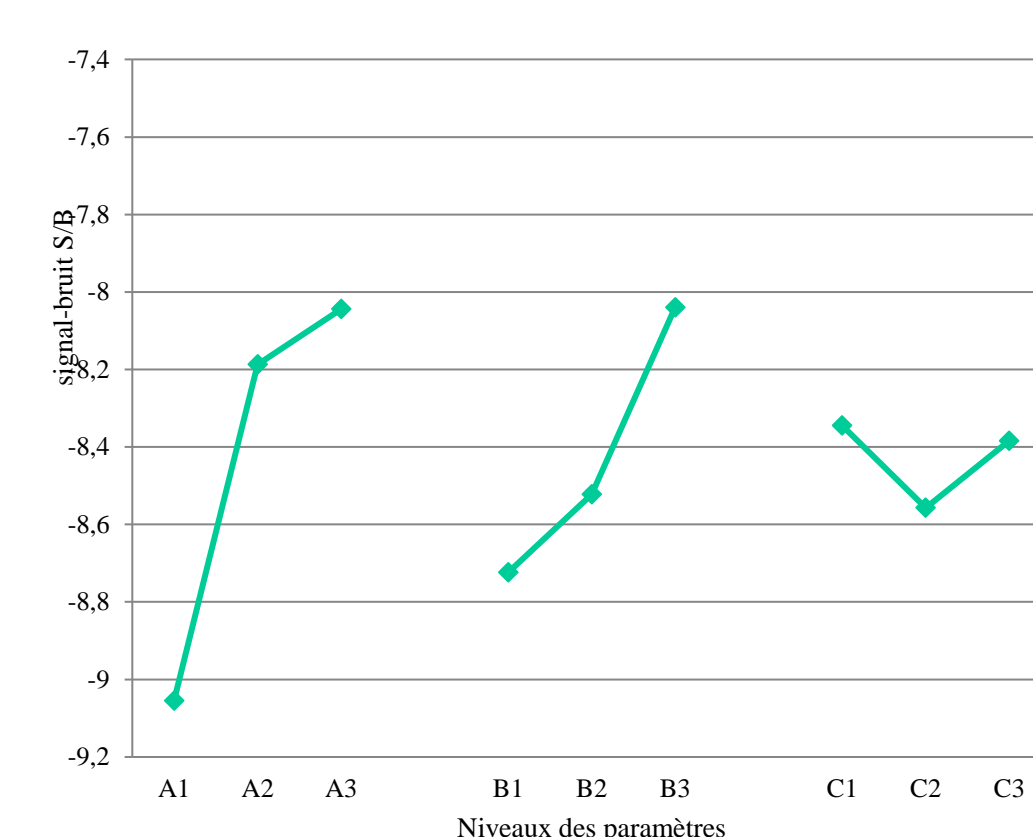
pour le mode calandre :

RÉSULTATS

Méthode de Taguchi



Rapport (S/B) « mode serpentin »

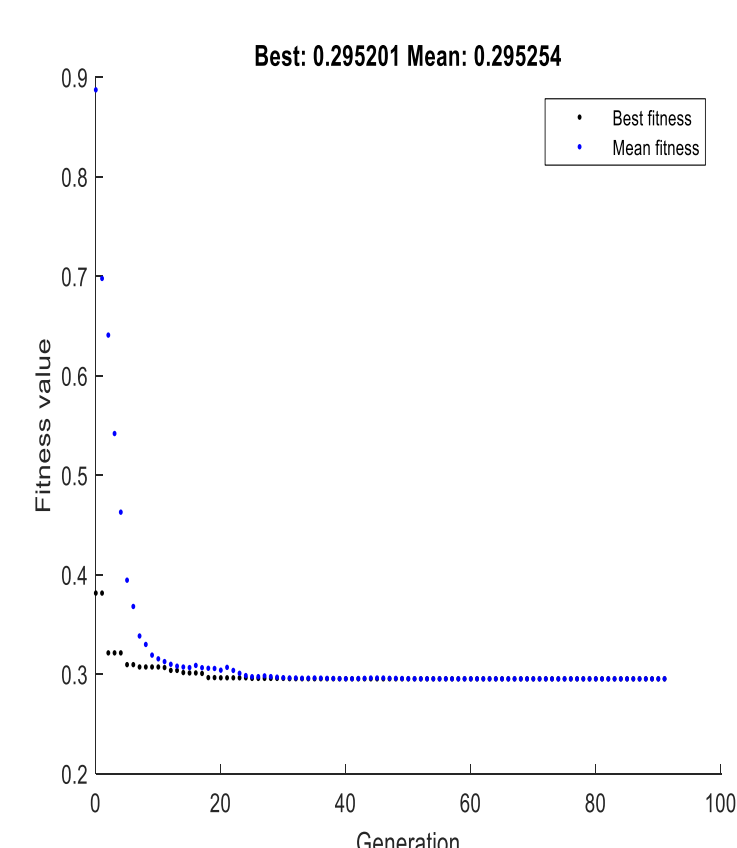


Rapport (S/B) « mode enveloppe ».

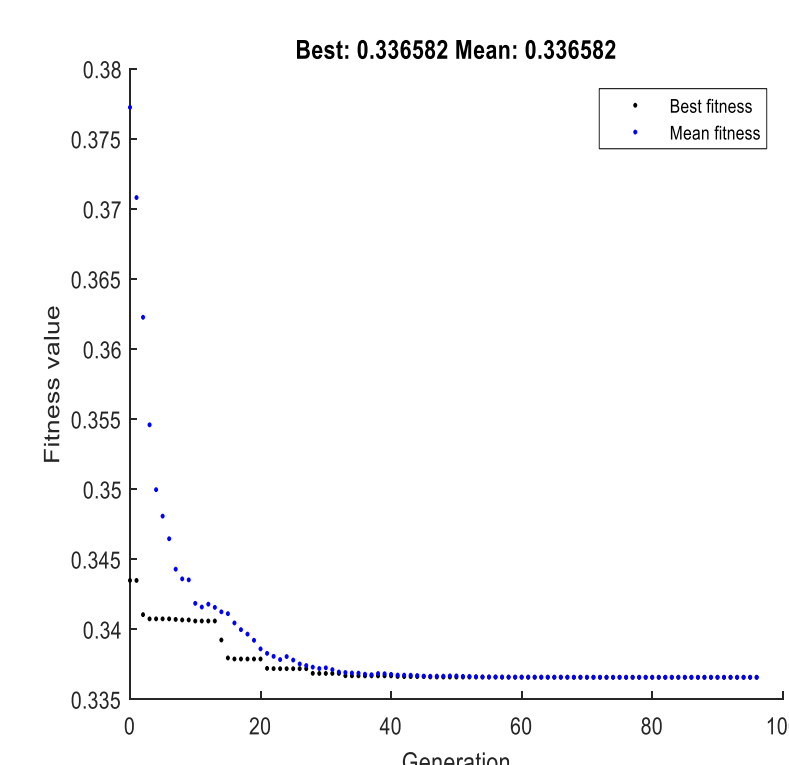
Comme le rapport signal-bruit S/B maximum signifie une meilleure caractéristique de qualité du processus, la combinaison optimale des niveaux de facteurs de contrôle est donc déterminée comme : A1B3C1 pour le mode Serpentin et A3B3C1 pour le mode enveloppe.

Méthode des Algorithmes Génétiques AG

Avec Toolbox dans Matlab, nous avons choisi le nombre de générations par défaut 50, le nombre d'individus 3. Les graphes sont illustrés ci-dessous en termes de valeurs de forme moyenne et meilleure valeur (fitness value et mean value), au-delà de 25 générations les deux courbes se superposent indiquant le résultat optimum.

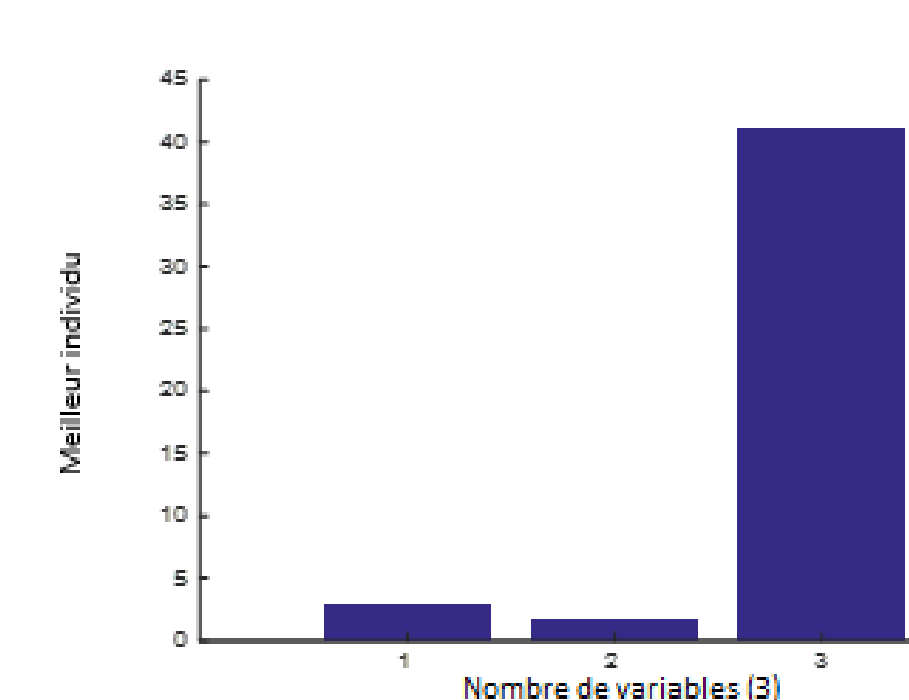


« mode serpentin »

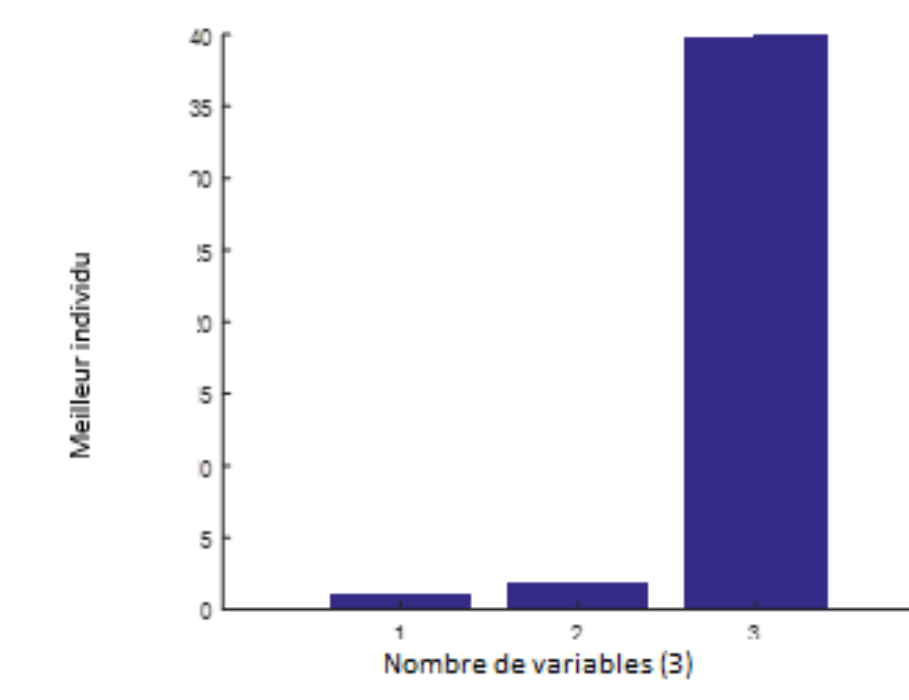


« mode enveloppe ».

l'optimisation en termes de Meilleur individu représentée ci-après, montre que la variable 3 est dominante dans les deux cas, vient en deuxième position la variable 1 et en dernière position la variable 2 pour le mode serpentin. Inversement pour le mode enveloppe, la variable 2 vient en deuxième position et la variable 1 en dernier.



« mode serpentin »



« mode enveloppe ».

Comparaison

	Débit volumique		Vitesse	Température	Efficacité moyenne
	(l/s)	(tr/min)	(°C)		
Expériences	1	100	50		0,3533
Méthode de Taguchi	1	100	50		0,2964
Algorithme Génétique	3	0	40		0,2952

	Débit volumique		Vitesse	Température (°C)	Efficacité moyenne
	(l/s)	(tr/min)			
Expériences	3	100	60		0,4199
La méthode de Taguchi	3	100	60		0,4100
Algorithme Génétique	1	0	40		0,33658

Conclusions

- ✓ l'analyse de Taguchi fournit la même combinaison de niveaux que l'expérience : A1B3C1 pour le mode Serpentin et A3B3C1 pour le mode Enveloppe
- ✓ l'algorithme génétique à environ 25 générations fournit une valeur meilleure égale à 0.2952 pour le mode Serpentin et 0.3365 pour le mode Enveloppe.
- ✓ En comparaison entre les deux méthodes, la méthode Taguchi donne un optimum supérieur à celui donné par l'algorithme AG
- ✓ la méthode de Taguchi a fourni des résultats plus proches de ceux de l'expérimental
- ✓ l'efficacité Optimum est en mode enveloppe pour un débit 3l/min, une vitesse de rotation 100, une température d'entrée chaude 60°C, elle vaut dans ce cas 41%.