

Hydrodynamique de l'écoulement dans une cuve agitée par un agitateur hélicoïdale

Kamla youcef^a, Bouzit Mohamed^a, Hadjeb Abdessalam^a et Ameer Houari

^aUniversité des sciences et de la technologie d'Oran, Faculté de Génie mécanique, USTO-MB, 1505, El M'nouar, Oran, Alger

^bCentre Universitaire naama

Email : kamla_youcef@yahoo.fr

Résumé

Ce travail est une investigation numérique de la structure des écoulements générés par un agitateur hélicoïdal. C'est donc une simulation numérique de l'écoulement d'un fluide Newtonien et un autre non Newtonien, dans une cuve mécaniquement agitée par un double ruban hélicoïdal.

L'étude de l'hydrodynamique du fluide a été faite à l'aide du code de calcul (CFX 12.0), qui offre une visualisation tridimensionnelle des résultats sous différentes formes et configurations. Les résultats obtenus, donnent une très bonne corrélation avec le travail numérique de [Anne. Archard et al 2006], et mettent en évidence l'influence du comportement rhéologique sur le milieu agité, ainsi que l'influence du régime hydrodynamique sur le processus. La puissance d'agitation prend aussi un aspect important dans ce travail du fait qu'elle représente un paramètre clé pour un système d'agitation.

Abstract

This work entitled is a numerical investigation of flows generated by helical agitators, is a numerical simulation of the flow of Newtonian and non-Newtonian fluids mechanically agitated in a tank with a double helical ribbon. The study of the hydrodynamic of the fluid was made using the computational code (CFX 12.0), which offers a three-dimensional visualization of results in different forms and configurations

The results give a very good correlation with the numerical work of [Anne. Archard et al 2006], and highlight the influence of the rheological behaviors of the stirred medium, and the influence of hydrodynamics on the process. The stirring power was also studied in this work because it represents a key parameter for an agitation system.

Mots clef : CFX, Hélicoïdale, Nombre de puissance, Rhéologie.

1 Introduction

Delaplace et al [2] et [3] ont étudié numériquement l'effet du comportement rhéologique du fluide sur le transfert thermique dans une cuve agitée par un ruban hélicoïdal, Driss et al [4], Ameer et al [5] ont étudié l'effet du nombre des pales sur la consommation énergétique dans une cuve agitée respectivement par une vis hélicoïdal et un ruban hélicoïdal en régime laminaire. J.J.Wang et al. [6] et aubin [7] ont étudié numériquement et expérimentalement la puissance consommée par un agitateur de type hélicoïdal.

2 Résultats et discussions

2.1 Description du système d'agitation

Les dimensions du système d'agitation étudié sont présenté dans la figure 1.

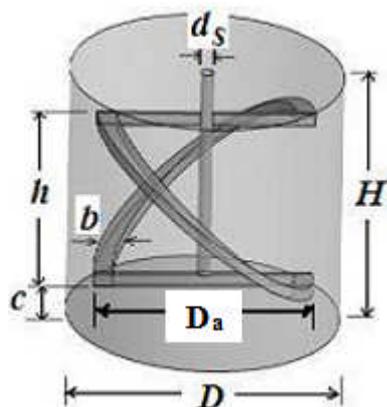


Fig.1 : dimension de la cuve agitée

H/T	c/T	D _a /D
1	0.055	0.89
h/T	b/T	0.746
0.144	0.89	0.602

Tableau 1 : Dimensions du système d'agitation pour le cas étudié

L'outil CFX 12.0 nous a donné la possibilité d'effectuer une étude hydrodynamique très détaillée, et explorer tout le volume agité. La détermination des paramètres locaux nous a permis donc, d'augmenter l'ordre de précision de certaines caractéristiques globales telle que la puissance d'agitation, qui constitue un paramètre clé qui qualifie un mélange.

Initialement, on a vu nécessaire de valider au moins un travail précédent, et pour cela nous avons réalisé une géométrie semblable à celle entreprise par [A.Archard], c'est le cas d'une cuve cylindrique à fond plat et non munie de chicanes, équipée d'un double ruban hélicoïdal, pour un fluide Newtonien et une position angulaire correspondante à 90°, deux composantes de la vitesse ont été relevées : la tangentielle avec ses deux profils axiale et radiale et l'axiale avec son profil radial.

Les résultats obtenus montrent une bonne concordance entre le travail effectué et celui de la littérature (Fig. 2, et 3).

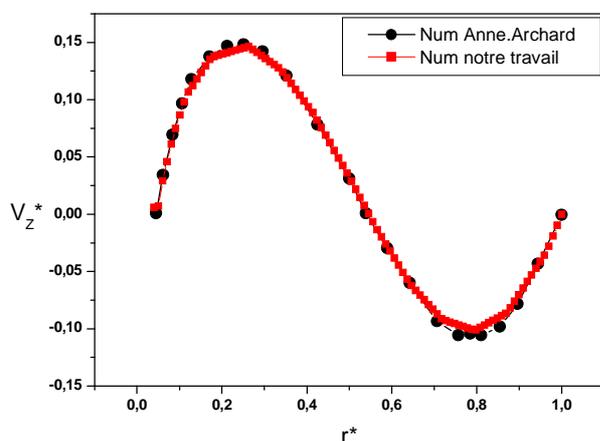


Fig. 2 : Profils radiaux de la vitesse axiale pour un fluide Newtonien, $Re=10$, ($z^*=1$, $x^*=0$).

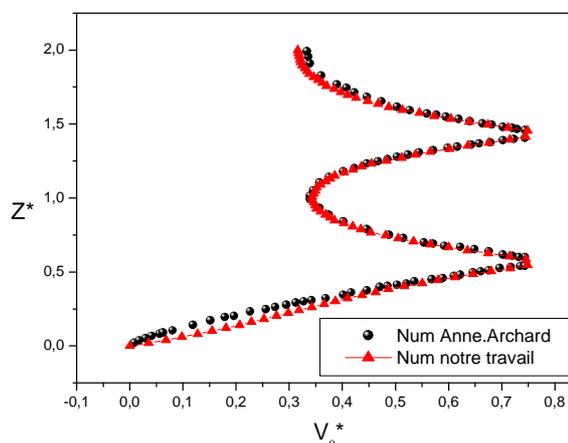


Fig. 3: Profils axiaux de la vitesse tangentielle pour un fluide Newtonien $Re=10$, ($x^*=0$, $y^*=0.746$).

2.2 Effet du nombre de Reynolds

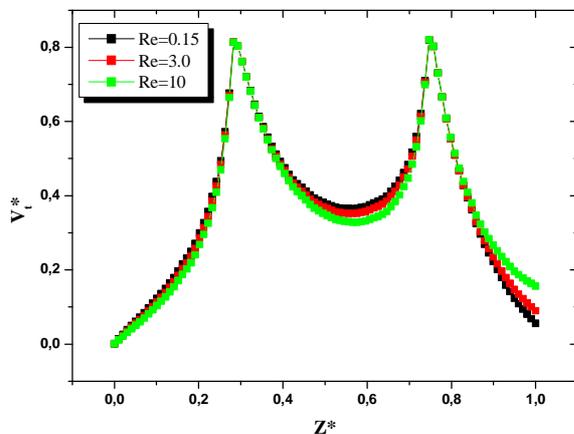


Fig. 4 : vitesse tangentielle pour $n=0.2$,
 $Da/D=0.89$, $X^*=0.316$

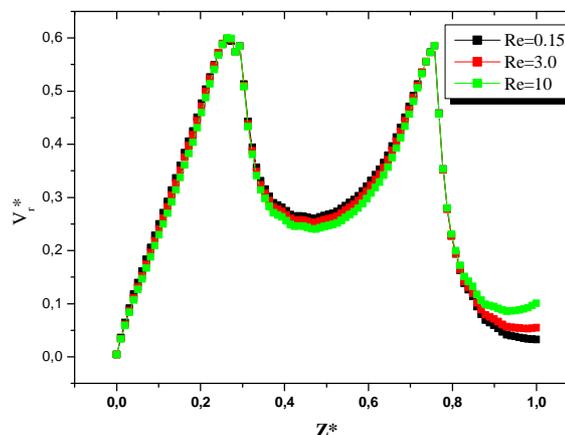


Fig.5 : vitesse radiale pour $n=0.2$, $Da/D=0.89$,
 $X^*=0.316$

2.3 Nombre de puissance

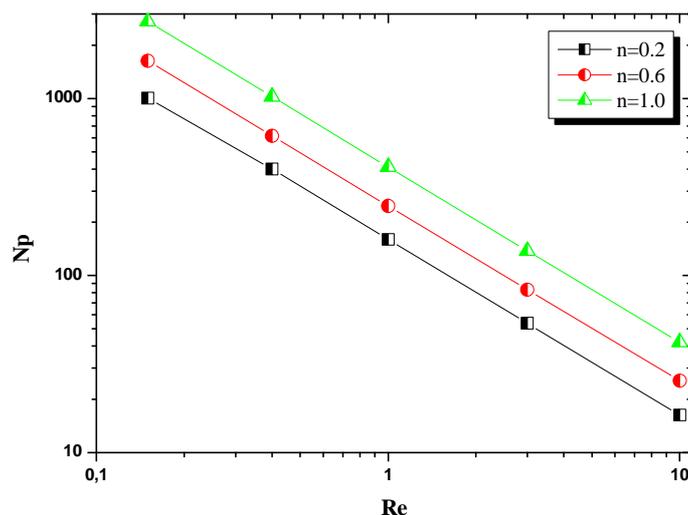
La nature du fluide à agiter ou plutôt le comportement rhéologique du fluide, est l'un des facteurs primordiaux qui définit la structure de l'écoulement dans un milieu agité.

Tableau 2: Nombre de puissance pour un fluide Newtonien et pseudoplastiques

	$n=0.2$	$n=0.6$	$n=1.0$
Re=1	160.022	247.226	410.432
Re=10	25.4874	16.2991	42.0616

Le tableau (2), contient les valeurs du nombre de puissance obtenues pour des fluides dont le comportement est rhéofluidifiant ($0 < n < 1$), et un fluide Newtoniens ayant ($n=1$), et cela pour des valeurs de Re qui varient entre 0.1 et 10.

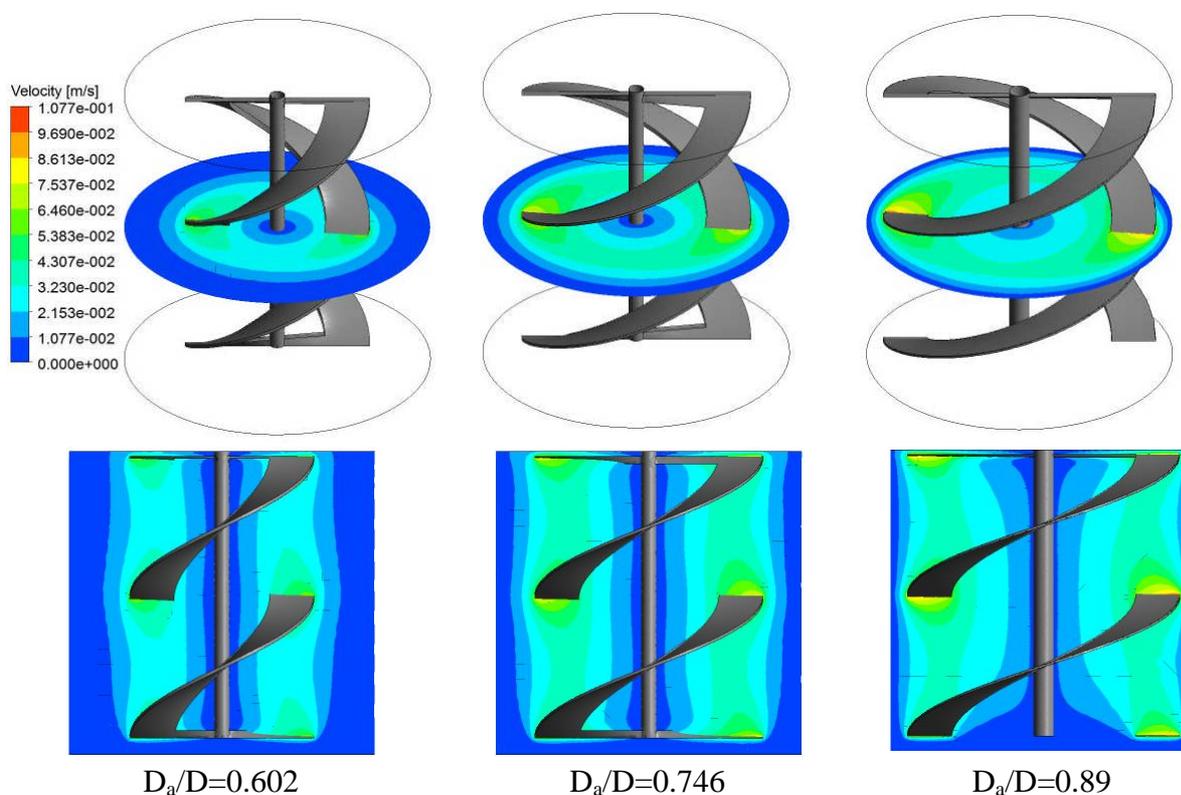
La figure (6) représente la variation du nombre de puissance dans une gamme de Reynolds comprise entre (1-10) et pour des différents indices structurels. La consommation énergétique est plus importante pour un fluide avec un indice structurel $n=1$.

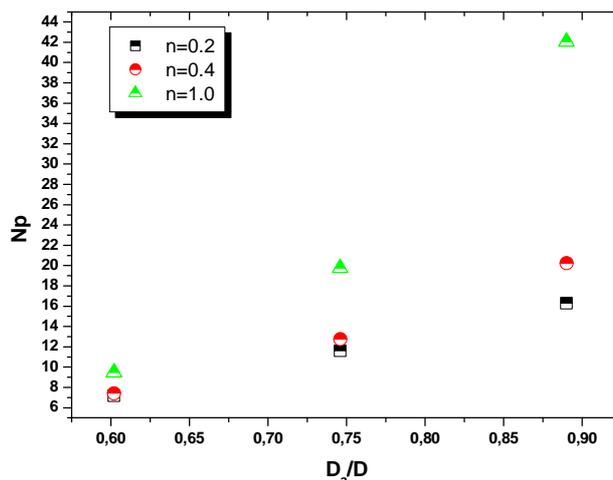
Fig.6 : Nombre de puissance pour $D_a/D=0.89$

2.4 Effet du diamètre de l'hélicoïdale

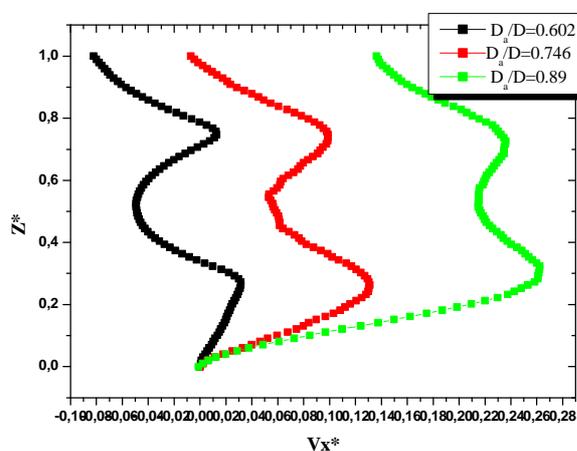
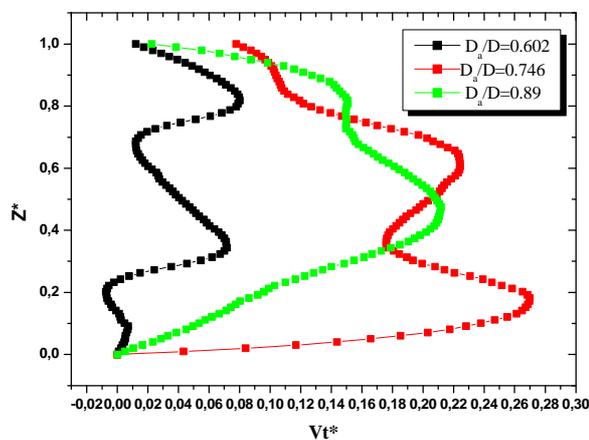
Le design de l'agitateur est un paramètre très important pour améliorer la qualité du produit, réduire le temps de l'opération et minimiser l'énergie nécessaire pour achever une opération de mélange.

Dans cette section, l'effet du diamètre de l'hélicoïdal est vérifié par la réalisation de 3 configurations géométriques. A partir des résultats montrés sur les Fig. 7 il est remarquable que la surface balayée est plus grande pour un rapport $D_a/D=0.89$, ce qui engendre une caverne plus large (Fig. 7), mais en contre partie la puissance consommée est plus élevée (Fig. 8)

Fig.7 : Contours de vitesse pour $Re=10$, $n=0.4$

Fig. 8 : nombre de puissance pour $Re=10$

Les vitesses axiales et tangentielles pour un profil radial $X^*=0.133$ sont montrées dans la figure 9 et 10, ces résultats indiquent que la surface libre est plus active avec l'augmentation du rapport D_a/D .

Fig. 9: vitesse axiale pour $n=0.4$, $Re=10$,
 $X^*=0.133$ Fig. 10: vitesse tangentielle pour $n=0.4$, $Re=10$,
 $X^*=0.133$

Conclusion

L'investigation numérique des champs de vitesse dans une cuve mécaniquement agitée par un double ruban hélicoïdal, contenant un fluide à rhéologie complexe a été faite dans ce travail.

Les facteurs qui peuvent influencer sur l'hydrodynamique ont été étudié d'une manière rigoureuse, ils nous ont permis de retirer quelques résultats intéressants, liés aux agitateurs hélicoïdaux.

Le comportement rhéologique, traduit ici par son indice n , a un rôle prépondérant dans les procédés d'agitation mécanique. Pour des valeurs de n comprise entre 0 et 1 ($0 < n \leq 1$).

Le régime hydrodynamique, défini par le nombre de Reynolds est un facteur qui influe également sur l'opération de mélange. Sur une gamme de Reynolds comprise entre 1-10 (régime laminaire), la variation radiale de la composante axiale de la vitesse est importante pour les valeurs importantes de Re , le débit du fluide est dirigé suivant l'intensité du régime hydrodynamique, le pompage axial est d'autant plus important que Re est croissant.

La puissance d'agitation est aussi l'un des paramètres clé pour décrire la performance d'un système d'agitation mécanique, elle est traduite dimensionnellement par le nombre N_p , plus que la vitesse du mobile augmente, la dissipation visqueuse sera plus accentuée et la puissance est donc devient faible. Par contre la croissance de l'indice n impose une puissance plus élevée à cause de l'influence des forces visqueuses qui rend le fluide plus résistant à l'écoulement.

Finalement, l'augmentation de ce paramètre géométrique (diamètre de la pale) fait intensifier l'écoulement du fluide et élargir la taille de la caverne, mais ça demande une puissance plus grande.

References bibliographiques

- [1] Anne Archad D., Marouche M et Boisson H.C. Hydrodynamics and Metzner-Otto correlation in stirred vessels for yield stress fluids, *Chemical Engineering Journal* (2006) 125: 15-24
- [2] Delaplace G., Torrez C., Leuliet J.C., Belaubre N. Experimental and CFD simulation of heat transfer to highly viscous fluids in an agitated vessel equipped with a non standard helical ribbon impeller, *Chemical Engineering research and design* (2001) 79: 927-937
- [3] Niedzielska A., Kuncewicz Cz. Heat transfer and power consumption for ribbon impellers. Mixing efficiency. *Chemical Engineering science* (2005) 2439-2448
- [4] Ameer H., Bouzit M and Ghenaim A. Hydrodynamics in a vessel stirred by simple and double helical ribbon impellers. *European journal of Engineering* (2013) 3:87-98
- [5] Driss Z., Karray S., Kchaou H and Salah A.M. CFD simulation of the laminar flow in stirred tanks generated by double helical ribbons and double helical screw ribbons impellers. *European journal of Engineering* (2011) 413-422
- [6] J-J. Wang., L-F. Feng., X-P. Gu., K.Wang et C-H. Hu. Power consumption of inner-outer Power consumption of inner-outer helical ribbon impellers in viscous Newtonian and non-Newtonian fluids. *Chemical Engineering Science*.(2000) 55-12: 2339-2342
- [7] J.Aubin., I.Naude., J.Bertrand et C.Xuereb. Blending of Newtonian and shear-thinning fluids in a tank stirred with a helical screw agitator. *Trans IChemE*(2000):78 Part A .