

Simulation numérique des fluides non newtoniens dans une cuve mécaniquement agitée (fluide de Bingham).

B. BELABES ^a, A. YUCEFI ^b

a. centre de développement des énergies renouvelables (CDER), route de l'observatoire no: 62 Bouzareah, 16000 ALGERIE

b. Université des sciences et de la technologie (USTO), 15000 El-mnaouer ORAN ALGERIE

Résumé :

De nombreux procédés industriels (pharmaceutiques, agro-alimentaires ou cosmétiques) mettent en jeu des produits de viscosité élevée, souvent de nature non-Newtonienne. Leur préparation est couramment accompagnée d'étapes de chauffe suivies d'étapes de refroidissement. La chauffe est indispensable afin de faciliter la fabrication (réaction chimique et/ou transformation physico chimique). Le refroidissement, ou encore l'étape de finition consiste à amener les fluides jusqu'à une température proche de la température ambiante pour aborder l'étape de conditionnement.

Ce travail propose une étude numérique par un code de calcul ANSYS-CFX d'un fluide non newtonien (fluide de Bingham) utilisant système cuve cylindrique-agitateur ancre dans le cas de fluides viscoplastiques et en régime laminaire. L'hydrodynamique est explorée dans un plan médian horizontal de la cuve. L'étude a été réalisée en fluide newtonien (solution de glycérol) et en fluide viscoplastique.

Les résultats de vitesses sont présentés et des différences très significatives sont mises en évidence entre fluide newtonien et fluide viscoplastique. On compare ces résultats à ceux obtenus numériquement par Pr A. Youcefi et Dr M. Bouanini sur la même géométrie.

Abstract :

Many industrial processes (pharmaceuticals, food and cosmetics) involve products of high viscosity, often non-Newtonian. Their preparation is commonly accompanied by heating steps followed by cooling steps. Heating is essential to facilitate manufacturing (chemical and / or physicochemical transformation). Cooling, or the finishing step consists in bringing the fluid up to a temperature close to room temperature to address the conditioning step.

This work presents a numerical study of a computer code ANSYS-CFX a non-Newtonian fluid (Bingham fluid) system using cylindrical tank-anchor agitator in the case of viscoplastic fluids and laminar flow. Hydrodynamics is scanned in a horizontal median plane of the vessel. The study was conducted in Newtonian fluid (glycerol solution) and viscoplastic fluid.

The results are presented and speed very significant differences are highlighted between Newtonian fluid and viscoplastic fluid. Comparing these results with those obtained numerically by Professor A. Youcefi and Dr. M. Bouanini on the same geometry.

Mots clefs: écoulement, Bingham, fluides visqueux, simulation numérique, cuve agitée.

Introduction

Les opérations de mélange sont fréquemment utilisées dans les procédés et elles font tout aussi fréquemment intervenir des fluides à comportement non newtonien. On les rencontre dans des domaines aussi variés que l'agro-alimentaire, les peintures, les cosmétiques, ou de façon générale, tout procédé mettant en œuvre des suspensions, des émulsions, des polymères.... S'il existe de nombreuses études de l'hydrodynamique des mélanges en réacteur des fluides newtoniens généralisés, il existe par contre peu de résultats de fluides viscoplastiques.

On citera en particulier les travaux de Hirata. (1996) [10] sur l'existence d'une 'caverne' à l'extérieur de laquelle le fluide n'est pas mis en mouvement par l'agitateur, et de Einz-Mozaffari. (2005) [05] Sur la circulation à l'intérieur d'un système agité contenant de la pulpe de papier. Bertrand. (1996)[5] est réalisé une approche numérique d'un système d'agitation en fluide de Bingham qui leur permet de mettre en évidence la forte influence du caractère viscoplastique sur

l'hydrodynamique et sur la puissance consommée. Curran (2000)[17] est quant à eux, étudié expérimentalement l'hydrodynamique et le temps de circulation dans un réacteur à ruban hélicoïdal. Anne-Archard et al. (2006) [2] ont proposé sur la base d'une étude numérique Marouche (2002) [19] une discussion de l'application du critère de Metzner et Otto à de tels écoulements.

Cas de fluide de Bingham

Les résultats des figures correspondant aux profils de vitesses tangentielle et radiale sur le plan et sur la médiatrice pour un fluide de Bingham de seuil ($\tau=1$ Pa), la plage de Reynolds étudié varie de : 0.7 à 415.

Champs de vitesse

Nous représenté par des figures le champ de vecteur vitesse en fluide newtonien et fluide Binghamien pour différents nombres de Reynolds ($Re=0.7$; 13.8 ; 70 ; 216 ; 415).

Vitesses tangentielles et radiales

Les résultats Correspondant aux profils de vitesses radiales sur le plan de la pale et sa médiatrice. Pour ces profils, les vitesses radiales se révèlent plus faibles que les vitesses tangentielles exceptées dans la zone proche de la pale.

Nous avons représenté par des figures le champ de vecteur vitesse en fluide newtonien et fluide Binghamien pour différents nombres de Reynolds ($Re=0.7$; 13.8 ; 70 ; 216 ; 415).

Lignes de courant

En représente par figures le modèle du Stream line pour de ($\tau_0=1$); pour une petite valeur de l'inertie ($Re=0.7$); La ligne est fermée autour du bras de l'agitateur et construit un cercle concentrique ; par contre pour une grande valeur d'inertie ($Re=415$) ; la ligne forme une trajectoire circulaire ; prend le centre de la cuve comme centre de rotation. Quand les augmentations de nombre de Reynolds ($Re=13.8$), la forme de la trajectoire centrale change et on regarde plutôt une ovale inclinée dans la direction de rotation. Cela explique qu'on peut remarquer le comportement Binghamien précis sur les faibles nombres de Reynolds bien que sur les grands nombres de Reynolds.

Conclusion

La connaissance fine des caractéristiques ainsi que la structure de l'écoulement au sein des cuves agitées permet de comprendre et d'appréhender les phénomènes de transfert qui s'y développent. Elle permet également d'améliorer les performances des mobiles d'agitation mis en œuvre par la mise au point des conditions géométriques et opératoire optimales assurant simultanément l'amélioration de la qualité de mélange et de l'économie.

Dans ce contexte le travail se focalise sur la modélisation du comportement hydrodynamique au sein d'un système d'agitation classique de mobile de type ancre. Les fluides mis en œuvre sont des fluides newtoniens et viscoplastiques. L'aspect numérique a été traité par un code ICEM CFX utilisant la méthode de volumes finis. Nous avons testé les performances du code de calcul. La confrontation expérimentale et numérique s'est révélée tout à fait correct pour un bipale droit cas newtonien. Et une ancre cas Binghamien.

Le code CFX ne propose pas de loi de comportement d'un fluide Binghamien. C'est pourquoi, nous avons recours à entrer l'expression qui caractérise la viscosité apparente et tous les paramètres concernant le fluide de Bingham afin d'implanter le modèle de Bingham.

La simulation en fluide viscoplastique illustre que l'existence d'un seuil d'écoulement modifie radicalement l'hydrodynamique d'un système d'agitation, et notamment la quasi-immobilisation du fluide dans une large région lorsque les effets de seuil sont dominants les perspectives intéressantes pour développer ce travail concernant les deux configurations :

- ❖ La prise en compte de modèles plus complexes pour modéliser les fluides viscoplastiques et notamment le modèle de Herchel Buckley.
- ❖ Le traitement d'écoulement tri-irectionnel.
- ❖ le caractère turbulent de l'écoulement.
- ❖ L'approche expérimentale pour enrichi l'étude de fluide viscoplastique.