



Université du 20 Août 1955 Skikda
Faculté de Technologie
Département de Génie Mécanique



Série : D012121011D

THESE

Présentée pour obtenir le diplôme de
DOCTORAT EN SCIENCES
Spécialité: Maintenance industrielle

Par:

MERABET AYECHÉ Chahra

THEME

**Ecoulement de couche limite d'un fluide Biomagnétique autour
d'un obstacle: Etude dynamique et thermique.**

Soutenue le :

Devant le Jury composé de :

<i>Président :</i>	<i>BOUZAOUIT Azzedine</i>	<i>Professeur</i>	<i>Université de Skikda</i>
<i>Rapporteur :</i>	<i>SARI Mohamed Rafik</i>	<i>Professeur</i>	<i>Université d'Annaba</i>
<i>Examineur :</i>	<i>HADDAD Abdelkrim</i>	<i>Professeur</i>	<i>Université de Guelma</i>
<i>Examineur :</i>	<i>GUERBAI Salah</i>	<i>M.C.A</i>	<i>Université de Biskra</i>
<i>Examineur :</i>	<i>DIB Ammar</i>	<i>M.C.A</i>	<i>Université d'Annaba</i>
<i>Examineur :</i>	<i>KLAIAlA Rida</i>	<i>M.C.A</i>	<i>Université de Skikda</i>

Année universitaire : 2020 /2021

Écoulement de couche limite d'un fluide biomagnétique autour d'un obstacle: Etude dynamique et thermique.

Résumé

Le besoin de développer des mécanismes pour étudier le comportement des bio-fluides dans plusieurs domaines comme la physique, la biochimie, la biologie, la médecine, et l'industrie biomédicale a attiré l'attention de plusieurs chercheurs et les a conduit à se focaliser sur l'étude du transfert de chaleur et les caractéristiques des bio-fluides sous l'influence du champ magnétique dans les écoulements de couche limite.

Vu l'influence importante du champ magnétique sur les champs dynamique et thermique de l'écoulement des bio-fluides en régime variable, il est donc nécessaire d'utiliser des nouvelles solutions analytiques et numériques pour adapter les corrélations existantes relatives au problème considéré.

Dans ce travail de recherche, nous considérons l'écoulement bidimensionnel instationnaire de couche limite laminaire hydromagnétique d'un bio-fluide au travers d'un coin. Par ailleurs, le modèle d'un fluide micro-polaire avec des conditions aux limites de surface convective et tenir en compte de l'action d'un champ magnétique appliqué transversalement. Dans cette contribution, on s'est principalement intéressé à l'étude paramétrique de l'effet de la variation de divers paramètres physiques tels que : le paramètre d'instabilité K , le paramètre d'angle du coin β , le nombre de Reynolds Re , le paramètre du champ magnétique M et le paramètre du champ magnétique induit h^* sur l'évolution des champs dynamique et thermique, ainsi que la micro-rotation des différents fluides hydromagnétiques dans un écoulement de couche limite laminaire.

Cette thèse s'articule principalement autour de quatre chapitres organisée comme suit :

Dans **Le premier chapitre**, nous présentons les notions de base de la magnétohydrodynamique (MHD) et de la dynamique des fluides biomagnétiques (DFB). Ensuite, nous donnons une revue bibliographique sur les principaux travaux relatifs aux études expérimentales, numériques et analytiques des écoulements de couche limite pour des fluides newtoniens et non newtoniens (principalement les bio-fluides comme le sang humain) avec et sans présence d'un champ magnétique.

La formulation mathématique des différentes équations gouvernantes caractérisant la problématique étudiée avec les hypothèses simplificatrices appropriées ont fait l'objet du **deuxième chapitre**.

Le troisième chapitre est consacré à la présentation des outils mathématiques utilisés pour résoudre le système des équations différentielles ordinaires non linéaires. En effet, les méthodes numériques de Runge-Kutta_Fehlberg et de Tir, ainsi que la méthode semi-analytique de décomposition d'Adomian (ADM) sont largement présentées.

Au **quatrième chapitre**, les effets de la variation du nombre de Prandtl sur le transfert de chaleur pour plusieurs paramètres sont étudiés. Par ailleurs, les effets de diverses paramètres physiques tels que le paramètre d'instabilité K , le paramètre d'angle du coin β , le nombre de Reynolds Re , le paramètre du champ magnétique M et le paramètre du champ magnétique induit h^* sur l'évolution des champs dynamiques et thermiques, ainsi que la rotation des cellules du sang humain sont visualisés et discutés. Ce chapitre se termine par une comparaison entre résultats numérique et analytique dont l'objectif est de visualiser l'efficacité de la technique analytique adoptée.

Enfin, ce travail de recherche est couronné par une conclusion générale et quelques perspectives qui vont prolonger cette étude.

التدفق على مستوى الطبقة الحدية لمائع حيوي-مغناطيسي حول عائق على شكل ركن: دراسة حركية و حرارية

ملخص

الحاجة إلى تطوير آليات من أجل دراسة تصرف الموائع البيولوجية (الحيوية) في عدة مجالات علمية كالفيزياء، الكيمياء الحيوية، البيولوجيا، الطب، و الصناعة البيوطبية جذب انتباه العديد من الباحثين و قادهم إلى التركيز على دراسة خصائص الموائع الحيوية و آلية الانتقال الحراري فيها و كل هذا تحت تأثير الحقل المغناطيسي بالنسبة لسريان الطبقة الحدية.

نظرا إلى أهمية تأثير الحقل المغناطيسي على الحقلين الحركي و الحراري للسريان المتعلق بالزمن لمائع حيوي، وجدنا أنه لا بد من استعمال حلول تحليلية و رقمية جديدة لتكييف العلاقات القائمة و المتعلقة بالمشكل المطروح في هذه الدراسة.

في هذا العمل نعتبر التدفق الهيدرومانيكي أصفائحي الثنائي البعد و المتعلق بالزمن لمائع حيوي يسري حول عائق على شكل ركن. من جهة أخرى، نعتبر نموذج مائع micropolaire مع وجود شروط حدية تتمثل في السطح الناقل للحرارة بالحمل و الأخذ بعين الاعتبار عمل مجال مغناطيسي مطبق شاقوليا على مسار المائع. في هذا الإسهام نهتم بشكل رئيسي بدراسة تأثير التغيير في قيمة عدة معاملات فيزيائية و المتمثلة في: معامل عدم الاستقرار، معامل شدة المجال المغناطيسي، معامل زاوية العائق، عدد Reynolds و معامل المجال المغناطيسي المستحث على تطور الحقلين الديناميكي و الحراري، و كذا تأثيرها على الدوران الزاوي، و كل هذا بالنسبة لعدة موائع هيدرومانيكية في دراسة السريان أصفائحي للطبقة الحدية.

هذه الأطروحة تتألف أساسا من أربع فصول، نظمت بالشكل التالي:

في **الفصل الأول**، قمنا باستعراض مفاهيم أساسية تتعلق بتعريف ديناميك الموائع المغناطيسية وبخاصة الموائع البيومغناطيسية. بعدها قمنا بتقديم أهم الأعمال المتعلقة بالدراسات التجريبية، الرقمية و التحليلية للسريانات الهيدروديناميكية للطبقة الحدية و هذا من أجل الموائع النيوتونية و غير النيوتونية (بخاصة الموائع البيولوجية كدم الإنسان) في غياب أو وجود حقل مغناطيسي.

الصياغة الرياضية لمختلف المعادلات الموافقة للمشكل المدروس وكذا الفرضيات المبسطة الملائمة للدراسة كانت موضوع **الفصل الثاني**.

الفصل الثالث تم تخصيصه لعرض الوسائل الرياضية المستعملة لحل المعادلات الهورية اللاعبدية الناتجة في الواقع، الطرق الومقي Kutta Fehlberg- Runge وكذا طريقة Tir و الطريقة التحليلية المتمثلة في طريقة Adomian تم إستعراضهم على نطاق واسع.

في **الفصل الرابع** إهتمنا بدراسة تأثير عدد ItdnarP على الانتقال الحراري من أجل عدة معاملات من جهة. و من جهة أخرى، قمنا بمعالجة تأثير عدة معاملات تتمثل في: معامل عدم الاستقرار، معامل شدة المجال المغناطيسي، معامل

زاوية العائق، عدد Reynolds ومعامل المجال المغناطيسي المستحث على التغير في الحقلين الديناميكي و الحراري وكذا سرعة الدوران الزاوي لخلايا دم الإنسان. ختم هذا الفصل بمقارنة بين النتائج المتحصل عليها بالطريقة التحليلية و الطريقة الرقمية حيث أن هدف الدراسة هو إظهار فعالية الطريقة التحليلية المعتمدة.

في الأخير، هذا العمل يتوج بخاتمة عامة و بعض الأفاق المستقبلية لتمديده.

Boundary layer flow of bio-magnetic fluid over a wedge: Dynamic and thermal study.

Abstract

The need to develop mechanisms in order to study bio-fluids behavior in several fields like physics, biochemistry, biology, medicine, and biomedical industry has attracted the researchers community and led them to focuses on studying characteristics and heat transfer of biofluids under the effect of magnetic field through boundary layer flow.

Taking into account the drastic effect of the magnetic field on the dynamic and thermal fields of time-dependent bio-fluids flow, it is thus necessary to use new analytical and numerical solutions to adapt the existing correlations relating to the studied problem.

In this research work, we consider the two-dimensional time-dependent laminar hydro-magnetic boundary-layer flow of a bio-fluid over a wedge. Furthermore, a micropolar fluid model with convective boundary conditions and the action of a transversely magnetic field was taking into account. In this contribution, we are mainly interested to the parametric study showing the effect of various physically parameters such as the unsteadiness parameter K , wedge angle parameter β , Reynolds number Re , magnetic field parameter M and induced magnetic field h^* on the evolution of dimensionless velocity, temperature, and micro-rotation of the considered flow of hydromagnetics fluids throughout the boundary layer.

This study is thus organized as follows:

In **the first chapter**, we present basic definitions on magnetohydrodynamics (MHD) and biomagnetic fluid dynamics (BFD). Thereafter, we give a literature review on the principal research-works related to the experimental, numerical and analytical studies of hydrodynamic boundary layer of steady and unsteady flows with or without presence of the magnetic field for Newtonien and non-Newtonian fluids (mainly bio-fluids like “blood”).

The mathematical formulations of different governing equations characterizing the studied problems with the appropriate simplifying assumptions were the subject of **the second chapter**.

The third chapter is devoted to the presentation of the mathematical tools which are mainly used to solve the set of nonlinear ordinary differential equations. In fact, the numerical Runge-Kutta-Fehlberg and Shooting methods, and the semi-analytical Adomian decomposition method (ADM) are given in details.

In fourth chapter, effects of varying Prandtl number on heat transfer for various physical parameters of interest are studied. Furthermore, influences of unsteadiness parameter K , wedge angle parameter β , Reynolds number Re , magnetic field parameter M , and the induced magnetic field parameter h^* , on the behavior of dynamic and thermal fields, the rotation of human blood cells and friction coefficient are also illustrated. Thereafter, comparison between numerical data and analytical ADM results are done in order to show the effectiveness of the adopted analytical method.

Finally, this work ends by a general conclusion and some prospects which will be considered as future research-works.