

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE**

**Université du 20 Août 1955 Skikda**



**Faculté de Technologie**

**Département de Génie Mécanique**



N° d'ordre : D012120027D

# **THÈSE**

**Présentée en vue de l'obtention du diplôme de  
DOCTORAT EN SCIENCES**

**Spécialité : Mécanique des matériaux et des surfaces**

**Par :**

**Mme. GHERIEB Sihêm**

---

---

## **Approximations Numérique et Analytique des Équations de la Couche Limite Laminaire dans un Écoulement MHD autour d'un Obstacle Soumis à un Flux de Chaleur et de Masse**

---

---

**Soutenue le: .....**

Devant le Jury composé par :

Président : Pr. A. BOUZAOUIT.....Université de Skikda  
Rapporteur : Pr. M.R. SARI .....Université de Badji Mokhtar Annaba  
Examinateur : Pr. A. BENRETEM.....Université de Badji Mokhtar Annaba  
Examinateur : Pr. S. AZZOUZ .....Université de Badji Mokhtar Annaba  
Examinateur : Pr. A. BOUHRIT.....Université de Guelma  
Examinateur : Dr. R. KELAIAIA..... Université de Skikda

# Abstract

The present investigation aims to study the effect of a transverse magnetic field with the presence of an adverse pressure gradient on the two-dimensional laminar incompressible boundary layer flow over a flat plate. Using appropriated similarity transformations, the partial differential equations governing the studied problems are transformed to the ordinary nonlinear differential equations. Thereafter, these equations are solved numerically using the fourth order RungeKutta method featuring shooting technique. In addition, the considered equations are treated analytically via generalized decomposition method (GDM)<sup>1</sup> which uses a new kind of decomposition strategy for the nonlinear function. The analytical (GDM) method has proved its efficiency and superiority when compared to the standard (ADM) method.

In this investigation, based on the idea of Improved-(ADM) method developed by Lina and Song<sup>2</sup>, authors proposed a new analytical algorithm of computation named Improved Generalized Decomposition method (Improved-GDM). Subsequently, the proposed algorithm is tested via solving the nonlinear problem of the hydro-magnetic boundary layer flow over a flat plate. The adopted Improved Generalized Decomposition Method (I-GDM) introduces a convergence-control-parameter “ $\omega$ ” into the standard (GDM) method which accelerates the convergence of solution and reduces considerably the computation time. In fact, the key of this method is mainly based on the best selection of the convergence-control parameter  $\omega$ . Obtained results show clearly the accuracy of the proposed method and reveal an excellent agreement between analytical and numerical data for velocity, temperature and concentration profiles.

**Keywords:** MHD Boundary Layer Flow, Improved Generalized Adomian Decomposition Method, Numerical Solution.

---

<sup>1</sup>Yong-Chang, D., Chuangyin, D. and Yoshitsugu, Y. (2008), “An extension of the decomposition method for solving nonlinear equations and its convergence”, *Computers & Mathematics with Applications*, Vol. 55, pp. 760-775.

<sup>2</sup>Song, L. and Wang, W. (2013), “A new improved adomian decomposition method and its application to fractional differential equations”, *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 37 No. 3, pp. 1590-1598.

# Résumé

Le présent travail vise à étudier l'effet d'un champ magnétique transversal sur l'écoulement de couche limite laminaire induit sur une plaque plane, en présence d'un gradient de pression défavorable. En utilisant des transformations de similitude appropriées, les équations aux dérivées partielles régissant les problèmes étudiés sont transformées en équations aux dérivées totales. En effet, ces équations sont résolues numériquement en utilisant la méthode de "Runge-Kutta" du quatrième ordre associée à la méthode de Tir. De plus, les équations considérées sont également traitées analytiquement par une méthode de décomposition généralisée (GDM)<sup>1</sup>, qui utilise une nouvelle stratégie de décomposition pour la fonction non linéaire, dont on a prouvé son efficacité et sa supériorité par rapport à la méthode de décomposition d'Adomian standard (ADM).

Dans le cadre de cette étude, nous avons proposé un nouvel algorithme de calcul nommé (Improved -GDM), développé par Lina et Song<sup>2</sup>. L'algorithme proposé pour cette méthode de décomposition améliorée est testé en résolvant, le problème non linéaire de l'écoulement de couche limite hydrodynamique sur la plaque plane. La méthode (I-GDM) introduit un paramètre de contrôle de convergence " $\omega$ " dans la méthode standard (GDM) qui accélère la convergence de la solution et réduit considérablement le temps de calcul. En fait, la clé de cette méthode est principalement basée sur la meilleure sélection du paramètre " $\omega$ ". Les résultats obtenus montrent clairement l'exactitude des méthodes proposées, et relèvent également un excellent accord numérique et analytique pour les profils de vitesse, de température et de concentration.

**Mots clés** : Ecoulement (MHD), Couche limite, Méthode de décomposition généralisée "Improved", Solution numérique.

## ملخص

الغرض من هذا العمل هو دراسة تأثير المجال المغناطيسي المستعرض شاقولياً على الطبقة الحدية للتدفق الصفائحي المستحث على لوح مسطح في ظل تدرج ضغط معاكس. وباستخدام تحويلات التشابه المناسبة، يتم تحويل المعادلات التفاضلية الجزئية التي تحكم الظاهرة التي تمت دراستها إلى مجموع المعادلات التفاضلية في الواقع، يتم حل هذه المعادلات رقمياً باستخدام طريقة "Runge-Kutta" للترتيب الرابع المرتبطة بطريقة TIR. وكذلك من الناحية التحليلية بواسطة استراتيجية تحليلية جديدة للدالة غير الخطية، المعروفة باسم طريقة التحلل العامة (GDM)<sup>1</sup> التي أثبتت فعاليتها وتفوقها على طريقة تحليل (ADM) القياسية. كجزء من هذه الدراسة، اقترحنا خوارزمية حسابية جديدة تسمى (GDM الم عدلة)، تم تطويرها من قبل Lina et Song<sup>2</sup>. يتم اختبار الخوارزمية المقترحة لطريقة التحليل الم عدلة هذه عن طريق حل المشكلة غير الخطية لتدفق الطبقة الحدية الهيدروديناميكية على اللوحة المسطحة. تستخدم الطريقة (I-GDM) معامل التحكم في التقارب " $\omega$ " في الطريقة القياسية (GDM) التي تزيد من سرعة تقارب الحل وتقلل من وقت الحساب بشكل كبير. وتبين النتائج بوضوح دقة الطرق المقترحة، كما تشير إلى تماثل رقمي وتحليلي ممتاز لمنحنيات السرعة ودرجة الحرارة والتركيز.

**الكلمات المفتاح:** التدفق (MHD)، الطبقة الحدية، أسلوب التحليل المعمم، الحل الرقمي.