

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

**Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf -Mila**  
**Institut des Sciences et de Technologie**  
**Département de Sciences et Technologie**



N°Ref :.....

**Projet de Fin d'Etude préparé en vue de l'obtention du diplôme de**  
**MASTER en GENIE MECANIQUE**  
**Spécialité : ENERGETIQUE**

**Caractéristiques hydrodynamiques d'un fluide**  
**conducteur dans un canal en présence d'un champ**  
**électrique et d'un champ magnétique**  
**perpendiculaires**

**Réalisé par :**  
**-Ghendouf Imane**  
**-Kasmi Salwa**

**Soutenu devant le jury :**

**Mme Hassinet Elyamna**  
**Mr Berrahil Farid**  
**Mme Aiboud Soraya**

**Président**  
**Examineur**  
**Promoteur**

**Année universitaire : 2019/2020**

## **Dédicaces**

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur soutien et leurs prières tout au long mes études.

À mon cher mari pour ses encouragements constants et son soutien moral.

A mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral.

A toute ma famille pour soutien tout au long de mon parcours universitaire.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible. Merci d'être toujours là pour nous.

**Ghendouf Imane**

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur soutien et leurs prières tout au long mes études.

A mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral.

A mes chers frères pour leurs appuis et leurs encouragements

A toute ma famille pour soutien tout au long de mon parcours universitaire.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible. Merci d'être toujours là pour nous.

**Kasmi Salwa**

## **Remerciements**

Avant tout, nous remercions Allah tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.

En second, nous remercions nos parents qui n'ont épargné aucun effort pour nous éduquer et nous fournir tous les moyens nécessaires pour présenter ce mémoire.

Au terme de ce travail nous tenant à remercier tout d'abord notre encadreur Mme Aiboud Soraya, nous remercions également les membres du jury. Enfin, nous remercions aussi nos amis et nos collègues.

## Nomenclature

$B$	Champ magnétique	$T$
$E$	Champ électrique	$V / m$
$f$	Coefficient de frottement	
$F$	Force	$N$
$G$	Gradient de pression adimensionnel	
$Ha$	Nombre de Hartmann	
$J$	Densité du courant électrique	
$L$	Longueur du canal	$m$
$P$	Pression du fluide	$Pa$
$\bar{P}$	Pression adimensionnelle	
$Q$	Débit massique	$Kg / s$
$\bar{Q}$	Débit massique adimensionnel	
$S$	Paramètre adimensionnelle	
$u$	Vitesse	$m / s$
$\bar{u}$	Vitesse adimensionnelle	
$x$	Distance axial	$m$
$\bar{x}$	Distance axial adimensionnelle	
$y$	Distance transversale	$m$
$\bar{y}$	Distance transversale adimensionnelle	
<b><i>Symbole grec</i></b>		
$\mu$	Viscosité dynamique	$Kg \cdot m^{-1} \cdot s$
$\rho$	Masse volumique	$Kg \cdot m^{-3}$
$\sigma$	Conductivité électrique	$S \cdot m^{-1}$
$\tau$	Contrainte de cisaillement	$Pa$

## **Table des matières**

<b>Dédicaces</b>	<b>I</b>
<b>Remerciements</b>	<b>II</b>
<b>Nomenclature</b>	<b>II</b>
<b>Table des matières</b>	<b>IV</b>
<b>Liste des figures</b>	<b>V</b>
<b>Résumé</b>	<b>VI</b>

### **Chapitre I**

#### **INTRODUCTION GENERALE**

I.1 : Introduction	1
I.2 : Définition de La magnétohydrodynamique	1
I.3 : Définition du champ électrique	1
I.4 : Définition du champ magnétique	1

### **Chapitre II**

#### **PROBLEMATIQUE ET ANALYSE**

II.1 Problématique	2
II .2 Analyse	2

### **Chapitre III**

#### **RESULTAT ET INTERPRETATION**

III. 1 : Effet du nombre de Hartmann sur les vitesses	3
III.2 : Effet du faible nombre de Hartmann sur les profils et le gradient de la vitesse.	6
III. 3 : Effet du nombre de Hartmann élevé sur les profils et le Gradient de la vitesse.	7
III. 4 : Effet du paramètre S sur les profils et le gradient de la vitesse pour un nombre de Hartmann élevé.	8
III. 5 : Effet du paramètre G sur les profils et le gradient de la vitesse pour un faible nombre de Hartmann.	11
III. 6 : Effet du paramètre G sur les profils et le gradient de la vitesse pour un nombre de Hartmann élevé.	12
III.7 : Effet du paramètre S sur le coefficient de frottement et le débit massique.	17
III. 8 : Effet du paramètre S sur le coefficient de frottement et le débit massique.	14
<b>Conclusion général</b>	<b>17</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>18</b>

## Liste des figures

Figure II .1	Représentation schématique du problème.	2
Figure III .2	Profil de la vitesse adimensionnelle pour différentes valeurs du nombre de Hartmann.	3
Figure III. 3	Profil de la vitesse adimensionnelle pour différentes valeurs du nombre de Hartmann.	3
Figure III. 4	Profil de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un faible nombre de Hartmann	6
Figure III.5	Gradient de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un faible nombre de Hartmann.	6
Figure III. 6	Profil de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un nombre de Hartmann élevé.	7
Figure III.7	Gradient de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un nombre de Hartmann élevé.	8
Figure III. 8	Effet du paramètre S sur les profils de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un nombre de Hartmann élevé.	8
Figure III. 9	Effet du paramètre S sur le gradient de vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un nombre de Hartmann élevé.	9
Figure III.10	Effet du paramètre S sur les profils de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un nombre de Hartmann élevé.	9
Figure III.11	Effet du paramètre S sur le gradient de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un nombre de Hartmann élevé.	10
Figure III.12	Effet du paramètre G sur les profils de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un faible nombre de Hartmann.	11
Figure III. 13	Effet du paramètre G sur le gradient de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un faible nombre de Hartmann.	11
Figure III.14	Effet du paramètre G sur les profils de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un nombre de Hartmann élevé.	12
Figure III.15	Effet du paramètre G sur les gradients de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un nombre de Hartmann élevé.	12
Figure III.16	Effet du paramètre S sur le coefficient de frottement.	13
Figure III.17	Effet du paramètre S sur le débit massique adimensionnel.	13
Figure III. 18	Effet du paramètre G sur le coefficient de frottement.	14
Figure III.19	Effet du paramètre G sur le débit massique adimensionnel.	14

## ملخص

يمثل هذا العمل دراسة تأثير المجال المغناطيسي والمجال الكهربائي على تدفق مائع موصل تحت تأثير تدرج الضغط في قناة أفقية. العبارات التحليلية للسرعة و تدرج السرعة ومعامل الاحتكاك والتدفق الكتلي تم الحصول عليها من حل معادلة الحركة. تأثير عدد هارتمان والمعامل بدون وحدة وتدرج الضغط على السرعة وتدرج السرعة، معامل الاحتكاك والتدفق الكتلي تم تقديمها ومناقشتها .

**الكلمات المفتاحية :** القناة؛ المجال الكهربائي؛ الحقل المغناطيسي؛ التدفق؛ تدرج الضغط؛ عدد هارتمان

## ABSTRACT

This work presents a study of the effects of magnetic and electric fields on pressure-driven flow in a horizontal channel. Dimensionless analytical expressions of the velocity, the velocity gradient, the friction factor and the mass flow rate are obtained from the momentum equation after suitable simplifications. The effects of the Hartmann number, the dimensionless parameter, the dimensionless pressure gradient on the velocity, the velocity gradient, the friction factor and the mass flow rate are presented and discussed.

**Keywords:** Channel; Electric field; Flow; Hartmann number; Magnetic field; Pressure-driven.

## Résumé

Ce travail représente l'étude des effets d'un champ magnétique et d'un champ électrique sur l'écoulement d'un fluide conducteur sous l'effet d'un gradient de pression dans un canal horizontal. Les expressions analytiques adimensionnelles des vitesses et des gradients de vitesses, des coefficients de frottement et des débits massiques sont obtenues à partir de la résolution des équations du mouvement après certaines simplifications. Les effets du nombre de Hartmann, le paramètre adimensionnel et le gradient de pression adimensionnelle sur la vitesse, le gradient de vitesse, le coefficient de frottement et le débit massique sont présentés et discutés.

**Mots clés:** Canal, Champ électrique, Champ magnétique, Ecoulement, Gradient de pression, Nombre de Hartmann.

# **CHAPITRE I :**

## **Introduction générale**

## **I.1 Introduction**

La MHD a beaucoup d'applications en métallurgie, le pompage des micro-fluides, la génération d'énergie et l'industrie nucléaire. Le contrôle de l'écoulement des métaux liquides sans pièces tournante est d'une importance capitale. Un domaine pertinent de la MHD qui a été largement étudiée est celui de l'écoulement entre deux plaques connu sous le nom d'écoulement de Hartmann. Vijayalakshmi et al. [3] Et parallèles dans un milieu poreux. Pourjafar et al. [2] considèrent la MHD des fluides de Bingham dans un canal plan. Le cas d'un écoulement pulsatif d'un nanofluide non newtonien dans un milieu poreux avec un champ magnétique fut étudié par Bharath and Srinivas [1]. L'effet de l'inclinaison du champ magnétique sur l'écoulement transitoire entre deux plaques avec suction et injection fut entreprise par Xiaohong and Yunxing [4].

## **I.2 La magnétohydrodynamique (MHD)**

La magnétohydrodynamique est une discipline scientifique qui décrit le comportement d'un fluide conducteur en présence de champs électromagnétiques. Elle s'applique notamment aux plasmas, au noyau interne de la terre et même à l'eau de mer. C'est une généralisation de l'hydrodynamique (appelée plus communément dynamique des fluides, définie par les équations de Navier-Stokes) couplée à l'électromagnétisme (équations de Maxwell).

## **I.3 Le champ électrique**

Le champ électrique est le champ vectoriel créé par des particules électriquement chargées. Plus précisément, en présence d'une particule chargée, les propriétés locales de l'espace sont modifiées, ce que traduit justement la notion de champ. Si une autre charge se trouve dans ce champ, elle subira l'action de la force électrique exercée à distance par la particule : le champ électrique est en quelque sorte le "médiateur" de cette action à distance.

## **I.4 Le champ magnétique**

Le champ magnétique est une grandeur ayant le caractère d'un champ vectoriel, c'est-à-dire caractérisée par la donnée d'une norme, d'une direction et d'un sens, définie en tout point de l'espace et permettant de modéliser et quantifier les effets magnétiques du courant électrique ou des matériaux magnétiques comme les aimants permanents. La présence du champ magnétique se traduit par l'existence d'une force agissant sur les charges électriques en mouvement (dite force de Lorentz) et par divers effets affectant certains matériaux (diamagnétisme, paramagnétisme, ferromagnétisme, etc.). La grandeur qui détermine l'interaction entre un matériau et un champ magnétique est la susceptibilité magnétique.

# **CHAPITRE II :**

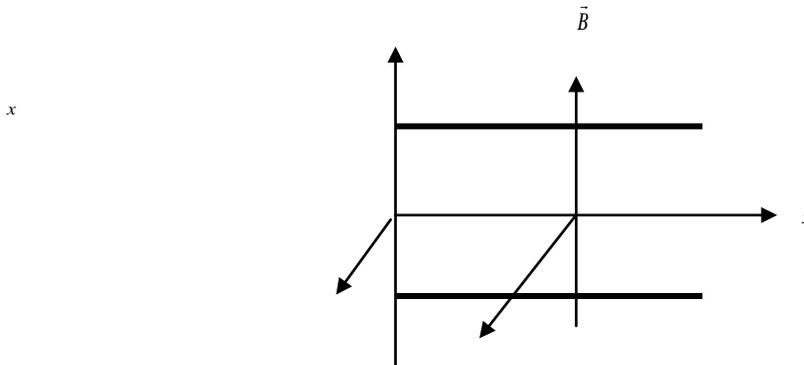
## **Problématique et analyse**

## II.1 Problématique

Le problème comme le montre la figure 1 concerne l'écoulement d'un liquide newtonien, conducteur en écoulement établi dans un canal constitué de deux plaques parallèles horizontales en présence de champs magnétique électrique uniformes et perpendiculaires entre eux. Le nombre de Reynold magnétique est considéré très petit de sorte que les champs magnétique et électrique induits par le mouvement du fluide sont négligés. En négligeant les termes d'inertie dans l'équation du mouvement, nous obtenons

$$-\vec{\nabla}P + \mu\nabla\vec{V} + \vec{F} = \vec{0} \quad (\text{II.1})$$

Où  $-\vec{\nabla}P, \vec{F}$  et  $\mu \cdot \nabla\vec{V}$  sont respectivement le gradient de pression, la force électromagnétique et les forces visqueuses.



**Figure 1 :** Représentation schématique du problème.

La force électromagnétique ou force de Lorentz est :

$$\vec{F} = \vec{J} \times \vec{B} \quad (\text{II. 2})$$

## II.2 Analyse

Où  $\vec{J}$  est le vecteur de densité du courant électrique défini par la relation :

$$\vec{J} = \sigma(\vec{E} + \vec{U} \times \vec{B}) \quad (\text{II. 3})$$

Dans le cas présent, comme l'écoulement est établi, le vecteur vitesse n'aura qu'une seule composante dans la direction d'écoulement et ne dépendra que de la distance transversale, par conséquent ( $\vec{v} = (U(y), 0, 0)$ ) et l'équation (II.1) devient :

V vecteur  $\vec{V}(U(y), 0, 0)$

$$\mu \frac{d^2U(y)}{dy^2} - \frac{\partial P}{\partial X} + F_x = 0 \quad (\text{II. 4})$$

Où la force électromagnétique  $F_x$  est donnée par :

$$F_x = -\sigma B^2 U - \sigma B E \quad (\text{II. 5})$$

Ainsi, l'équation 4 s'écrit :

$$\mu \frac{d^2 U(y)}{dy^2} - \sigma B^2 U(y) = \frac{dP}{dx} + \sigma B E \quad (\text{II. 6})$$

Les conditions aux limites associées à cette équation sont :

$$\frac{dU(0)}{dy} = 0 \quad (\text{II. 7})$$

$$U(L) = 0 \quad (\text{II. 8})$$

En utilisant les variables adimensionnelles :

$$\bar{U} = \frac{\rho L U}{\mu}, \bar{x} = \frac{x}{L}, \bar{y} = \frac{y}{L}, \bar{P} = \frac{\rho L^2}{\mu^2} P \quad (\text{II. 9})$$

L'équation du mouvement s'écrit sous forme adimensionnelle comme

$$\frac{d^2 \bar{U}(\bar{y})}{d\bar{y}^2} - Ha^2 \bar{U}(\bar{y}) = \frac{\partial \bar{P}}{\partial \bar{x}} + Ha^2 \cdot S \quad (\text{II. 10})$$

Où  $Ha$  et  $S$  sont respectivement, le nombre de Hartmann et un paramètre adimensionnel, définis par les relations

$$Ha = BL \sqrt{\frac{\sigma}{\mu}}, S = \frac{\rho L E}{\mu B} \quad (\text{II. 11})$$

Les conditions aux limites adimensionnelles sont :

$$\frac{d\bar{U}(0)}{d\bar{y}} = 0 \quad (\text{II. 12})$$

$$\bar{U}(1) = 0 \quad (\text{II. 13})$$

Le profil de la vitesse est obtenu par l'intégration de l'équation tout en tenant compte des conditions aux limites. Ce profil est :

$$\bar{U}(\bar{y}) = \left( \frac{1}{Ha^2} \frac{d\bar{P}}{d\bar{x}} + S \right) \left( \frac{\cosh(Ha\bar{y})}{\cosh Ha} - 1 \right) \quad (\text{II. 14})$$

Le coefficient de frottement  $f$  est défini par :

$$f = \frac{\tau_w}{\frac{\mu^2}{\rho L^2}} \quad (\text{II. 15})$$

Où  $\tau_w = \left( \frac{\partial U(y)}{\partial y} \right)_{y=l}$  est la contrainte de cisaillement pariétale. En y substituant les

variables adimensionnelles et le gradient de la vitesse à partir de l'équation (II.14), nous obtenons l'expression du coefficient de frottement :

$$f = Ha \left( \frac{1}{Ha^2} \frac{d\bar{P}}{dx} + S \right) \tanh(Ha) \quad (\text{II. 16})$$

Le débit massique est :

$$Q = \rho \int_{-L}^L U(y) dy = 2\rho \int_0^L U(y) dy \quad (\text{II. 17})$$

Quis'écrit sous la forme adimensionnelle suivante :

$$\bar{Q} = 2 \left( \frac{1}{Ha^2} \frac{d\bar{P}}{dx} + S \right) \left( \frac{\tanh(Ha)}{Ha} - 1 \right) \quad (\text{II. 18})$$

Où  $\bar{Q}$  est le débit massique adimensionnelle défini par :

$$\bar{Q} = \frac{Q}{\mu} \quad (\text{II. 19})$$

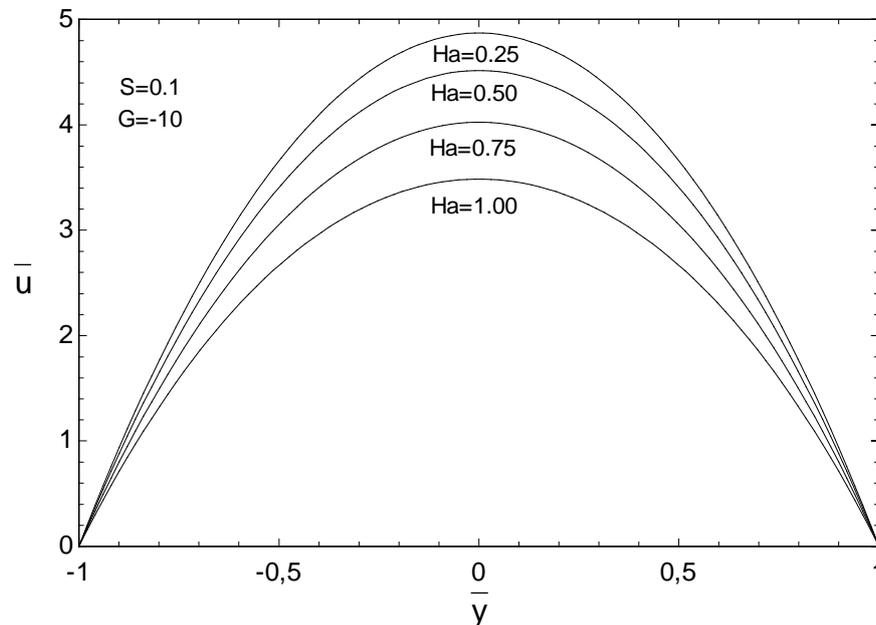
# **CHAPITRE III :**

## **Résultats et**

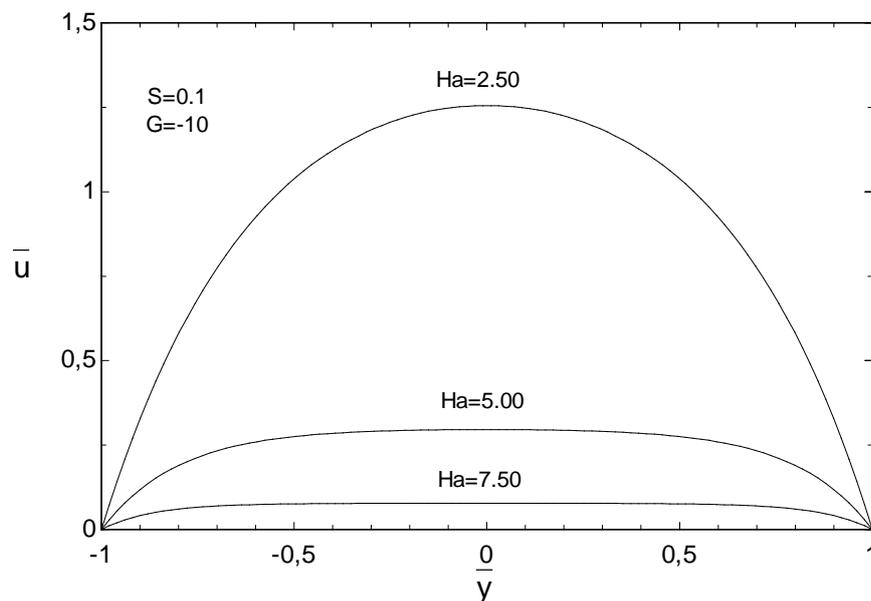
## **interprétations**

### III.1 Effet du nombre de Hartmann sur les vitesses

Les effets du nombre de Hartmann  $Ha$  sur la vitesse  $\bar{u}$  le long du canal sont représentés sur les figures 2 et 3.



**Figure 2 :** Profil de la vitesse adimensionnelle pour différentes valeurs du nombre de Hartmann.



**Figure 3 :** Profil de la vitesse adimensionnelle pour différentes valeurs du nombre de Hartmann.

Quand le nombre de Hartmann augmente, la force de Lorentz augmente, ce qui réduit la vitesse à travers le canal. La force de Lorentz est proportionnel à la vitesse, par conséquent l'écoulement reçoit une force de freinage au niveau de la ligne centrale du canal, et cela conduit à des profils de vitesse aplatis. Pour les faibles valeurs du nombre de Hartmann, le profil de

vitesse est presque parabolique avec un gradient de vitesse linéaire  $\frac{d\bar{u}}{dy}$  comme le montre la figure 5.

III.2 Effets du faible nombre de Hartmann sur les profils et le gradient de la vitesse

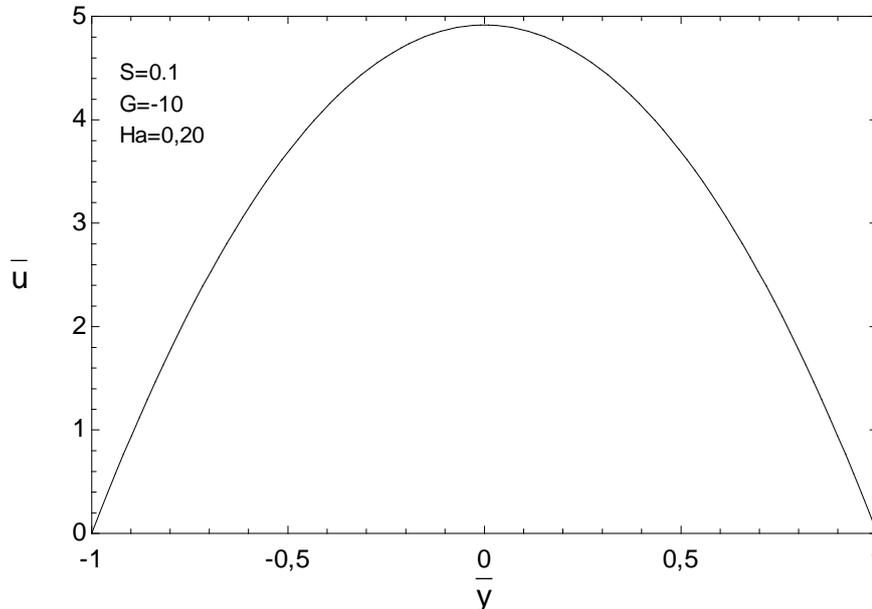


Figure 4 : Profil de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un faible nombre de Hartmann.

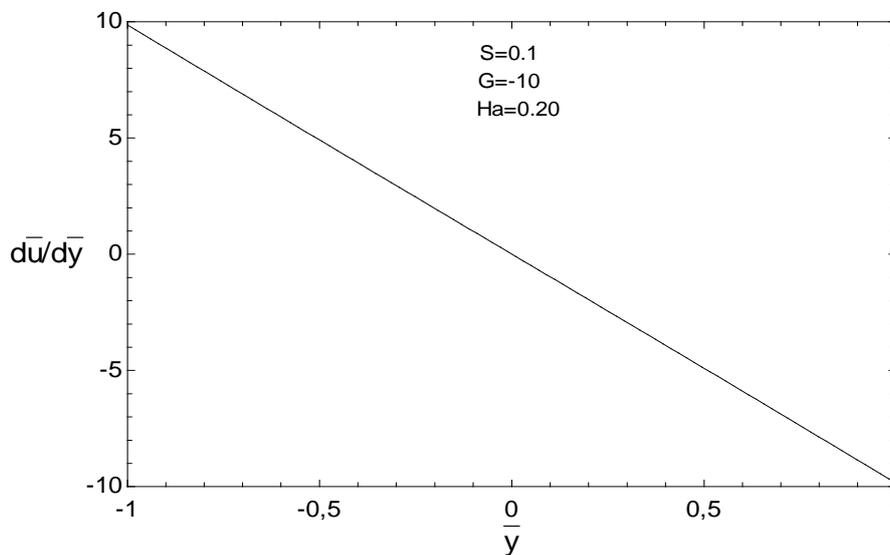
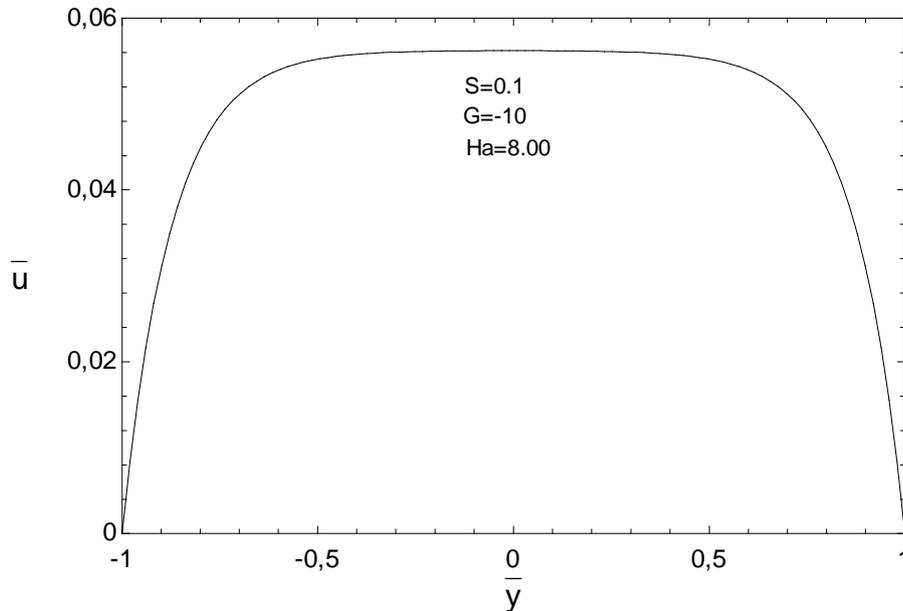


Figure 5 : Gradient de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un faible nombre de Hartmann.

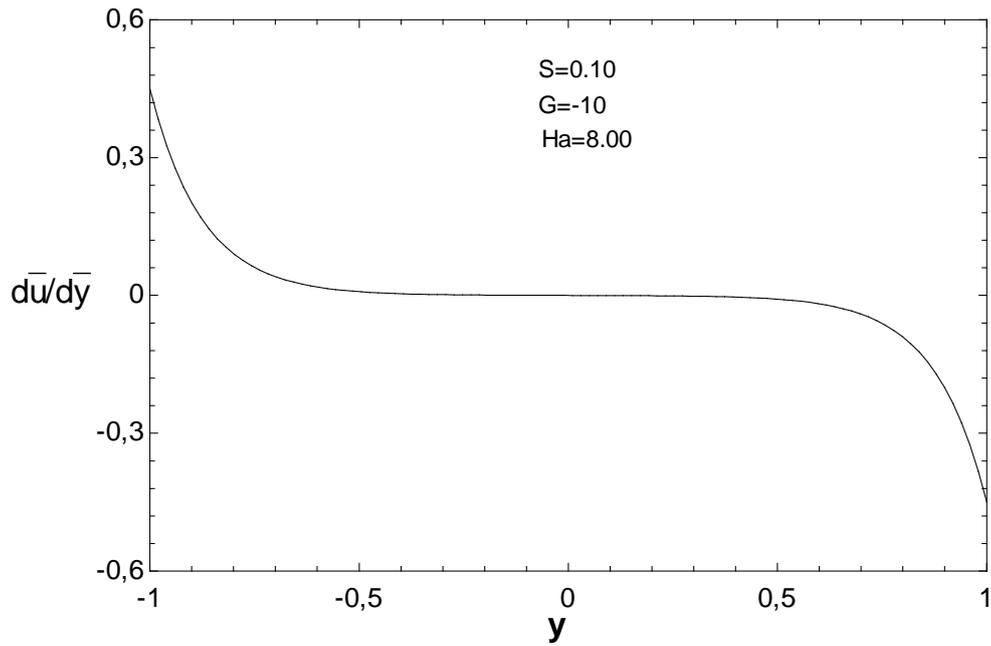
Pour des valeurs élevés du nombre de Hartmann, le profil de vitesse est presque plat à travers le canal, excepté au niveau des parois du canal afin de satisfaire la condition de non-glissement, cela est très illustré sur les figures 6 et 7, l'influence du paramètre  $S$  sur la vitesse  $\bar{u}$  et le gradient de vitesse  $\frac{d\bar{u}}{dy}$  sur le canal est illustré dans les figures 8, 9, 10 et 11. Comme le

montrent les figures, le paramètre adimensionnel  $S$  n'a pratiquement aucun effet sur le profil de la vitesse et sur son gradient pour les petites valeurs du nombre de Hartmann. Par contre, pour les fortes valeurs du nombre de Hartmann, l'influence du paramètre  $S$  sur la vitesse et son gradient est très prononcée, comme le montrent les figures 10 et 11.

### III.3 Effet du nombre de Hartmann élevé sur les profils et le gradient de la vitesse



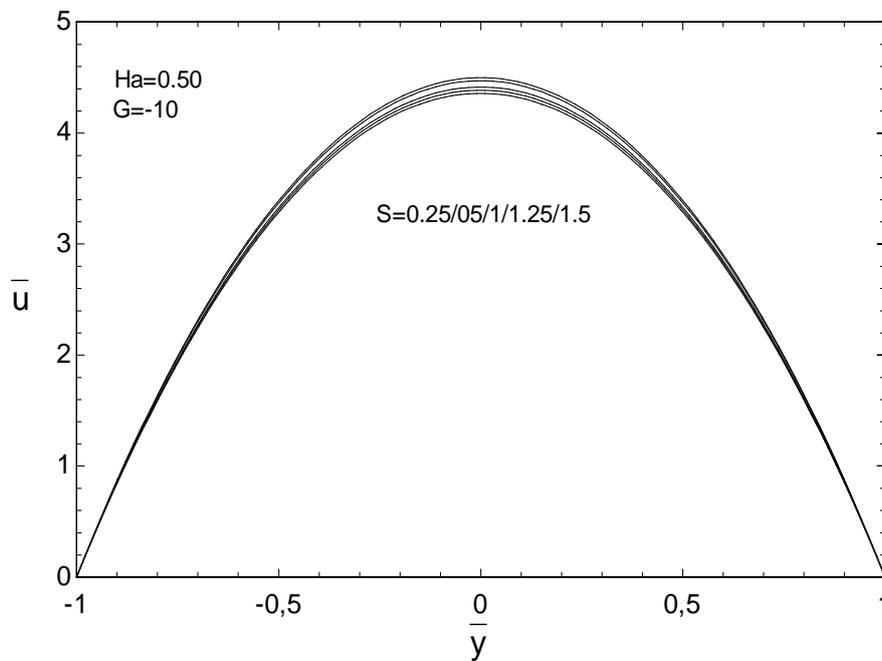
**Figure 6 :** Profil de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un nombre de Hartmann élevé.



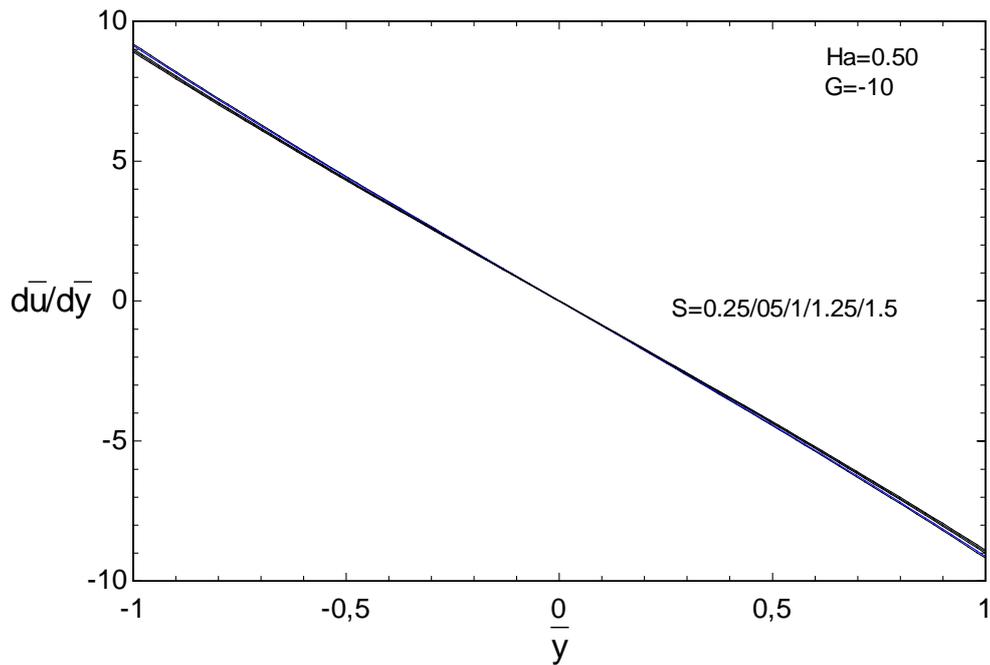
**Figure 7 :** Gradient de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un nombre de Hartmann élevé.

Pour grande nombre de Hartmann les paramètres adimensionnels donnent une vitesse et un gradient de vitesse inférieurs.

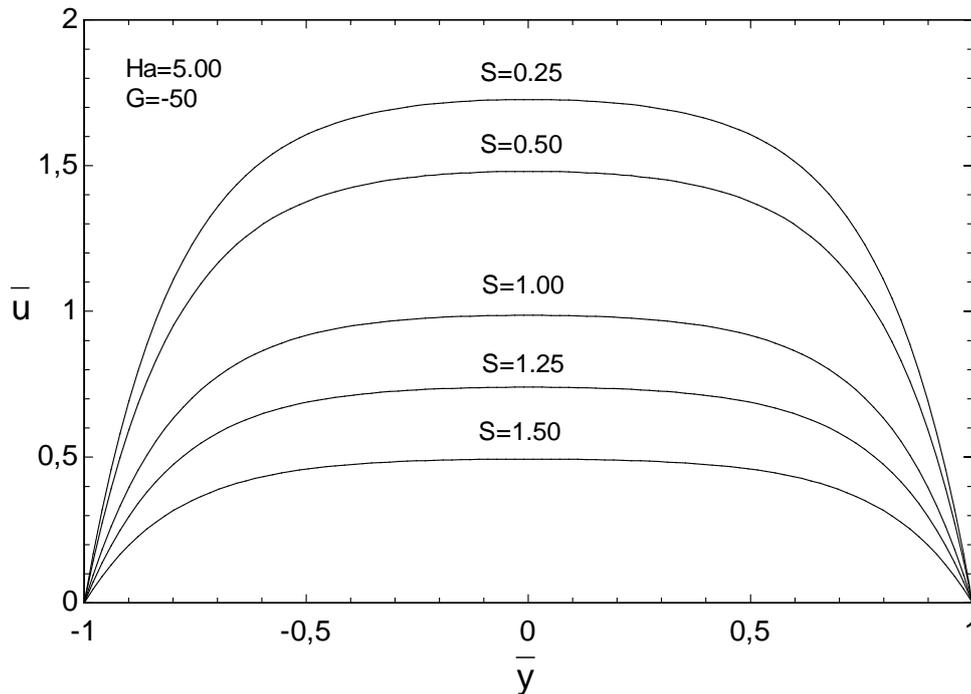
**III.4 Effet du paramètre S sur les profils et le gradient de la vitesse pour un nombre de Hartmann élevé.**



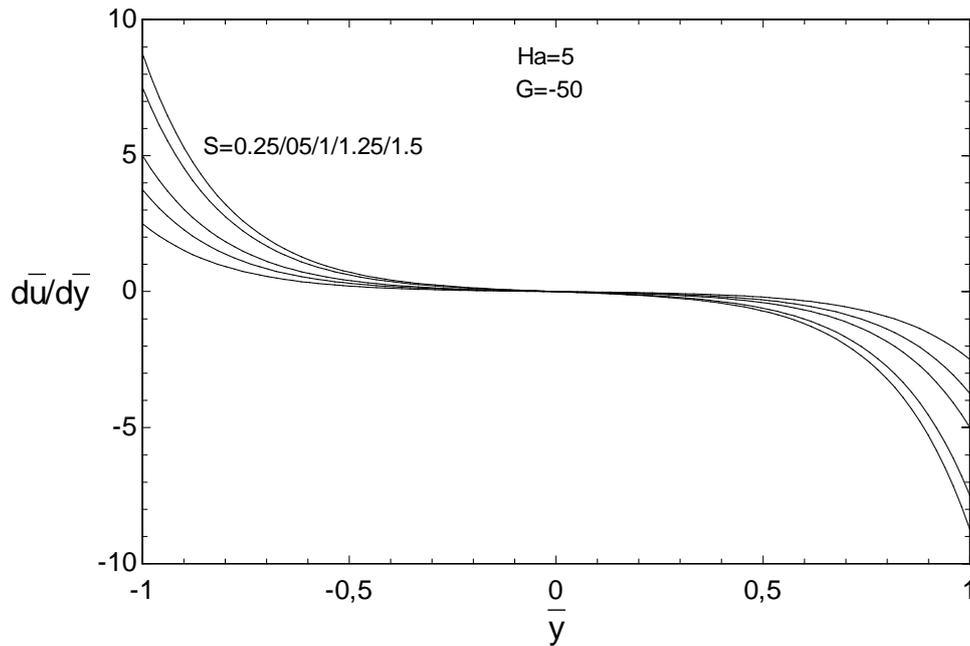
**Figure 8 :** Effet du paramètre S sur les profils de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un nombre de Hartmann élevé.



**Figure 9 :** Effet du paramètre S sur le gradient de vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un nombre de Hartmann élevé.



**Figure 10 :** Effet du paramètre S sur les profils de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un nombre de Hartmann élevé.



**Figure 11 :** Effet du paramètre  $S$  sur le gradient de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un nombre de Hartmann élevé.

L'effet du gradient de pression adimensionnel  $G$  sur la vitesse  $\bar{U}$  et son gradient à travers le canal est illustré les figures 12, 13, 14 et 15.

Que ce soit pour les faibles ou les grandes valeurs du nombre de Hartmann, l'augmentation du gradient de pression adimensionnelle conduit à des vitesses et des gradients de vitesses croissants. Ceci est dû au fait que le gradient de pression est une force qui contribue dans l'écoulement contrairement à la force de Lorentz.

III.5 : Effet du paramètre G sur les profils et le gradient de la vitesse pour un faible nombre de Hartmann.

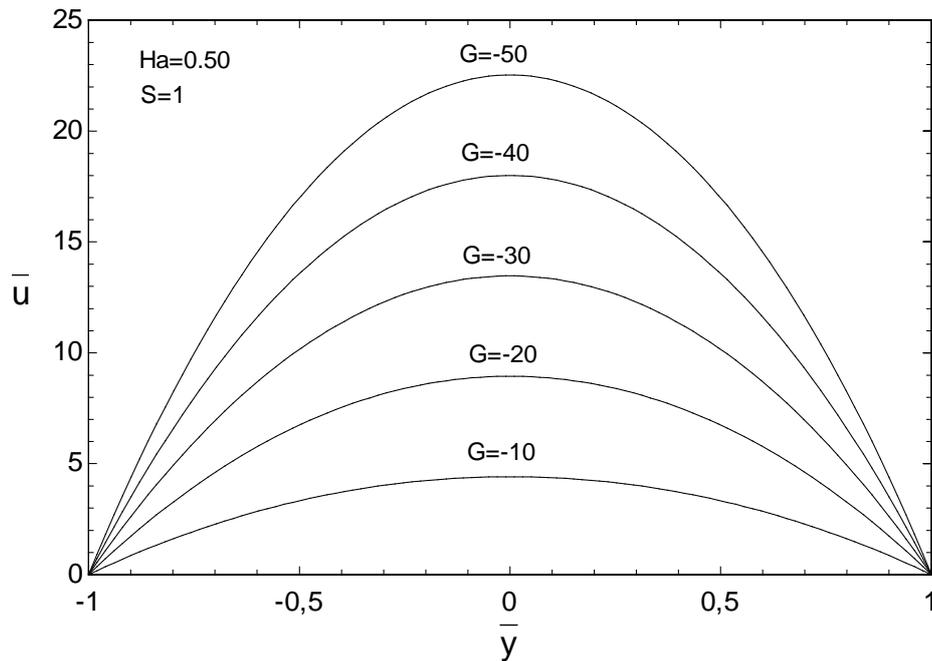


Figure 12 : Effet du paramètre G sur les profils de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un faible nombre de Hartmann.

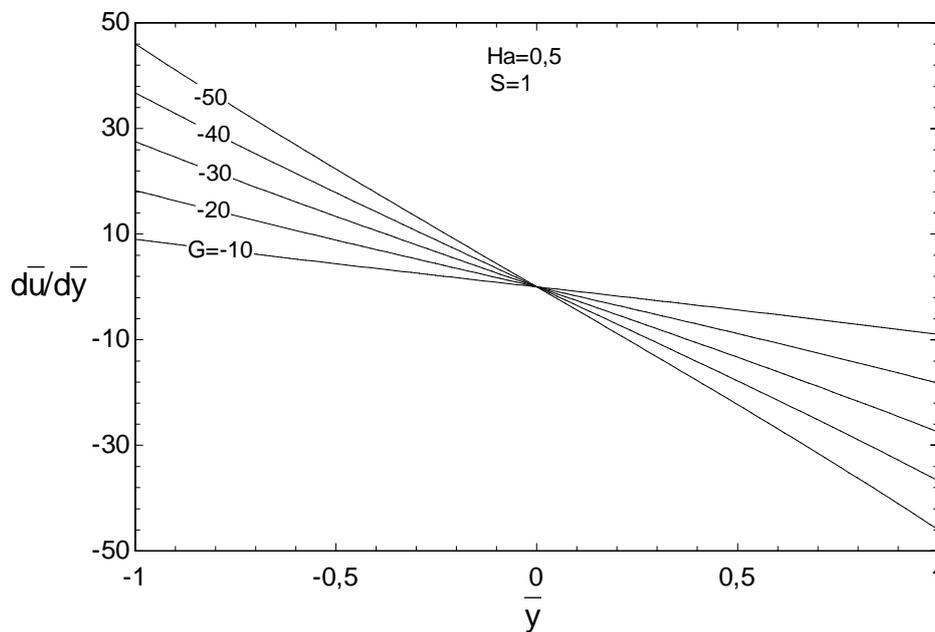


Figure 13 : Effet du paramètre G sur le gradient de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un faible nombre de Hartmann.

III.6 : Effet du paramètre G sur les profils et le gradient de la vitesse pour un nombre de Hartmann élevé

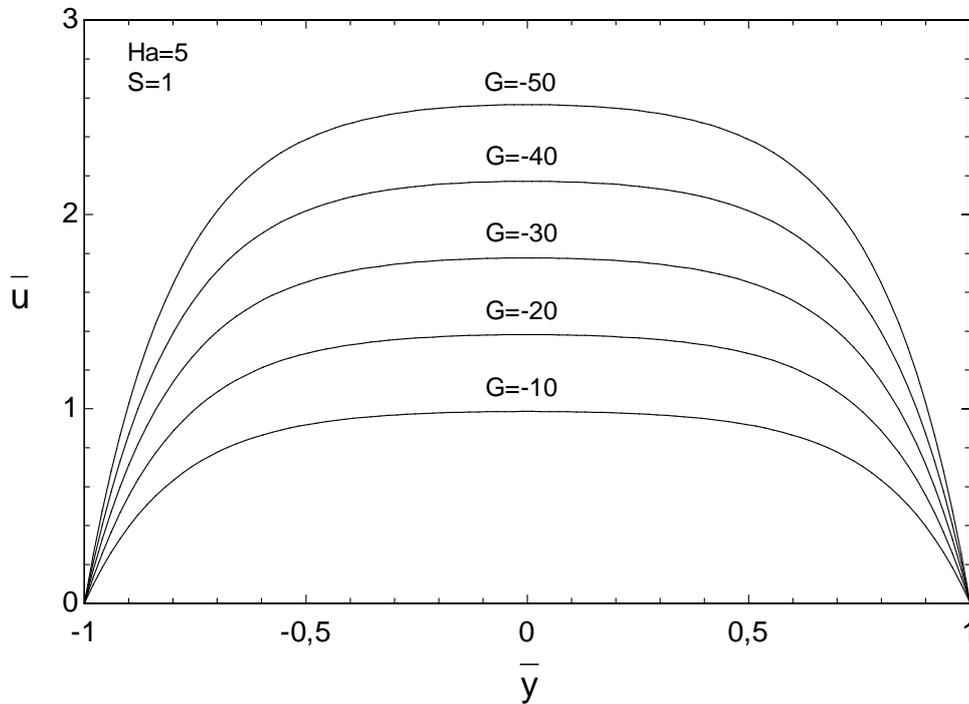


Figure 14 : Effet du paramètre G sur les profils de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un nombre de Hartmann élevé.

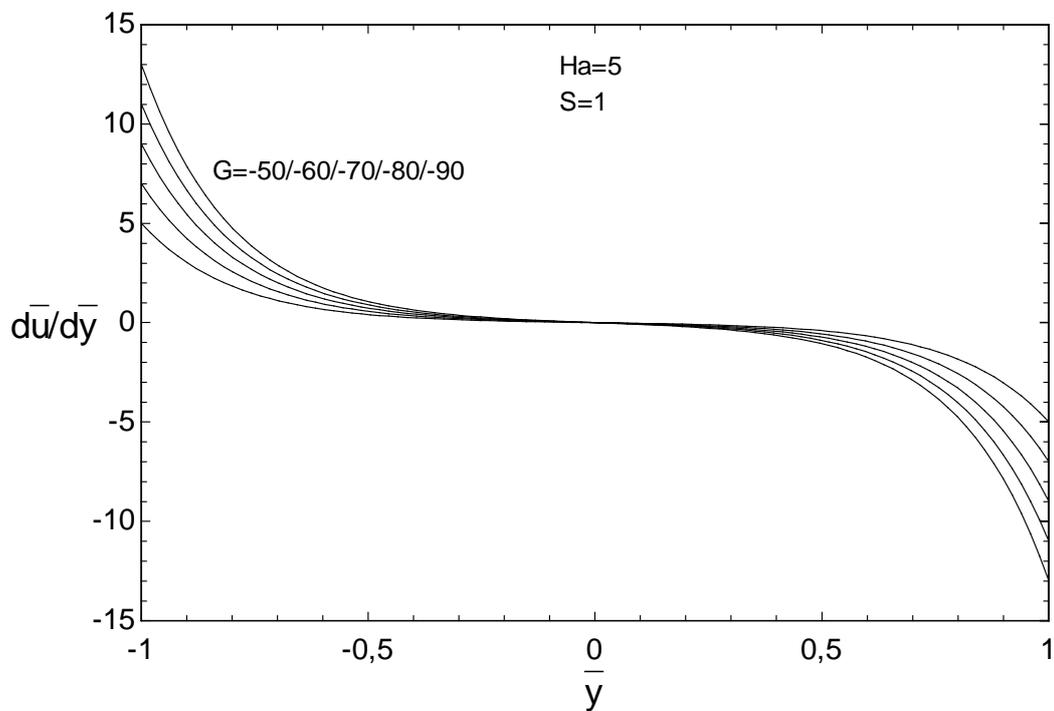
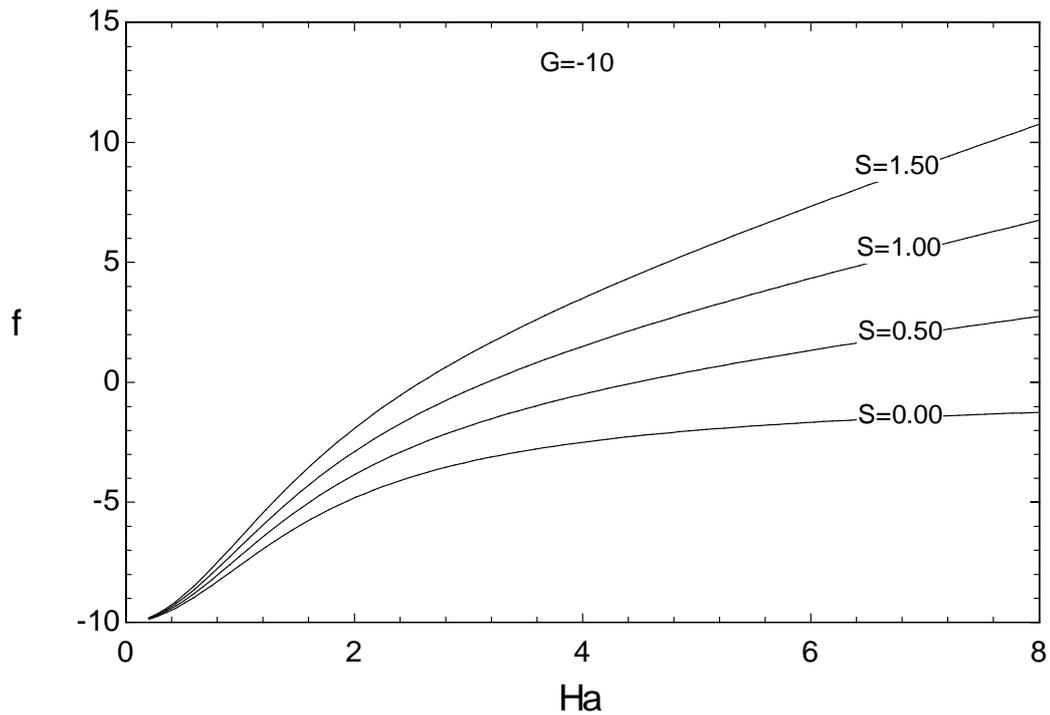
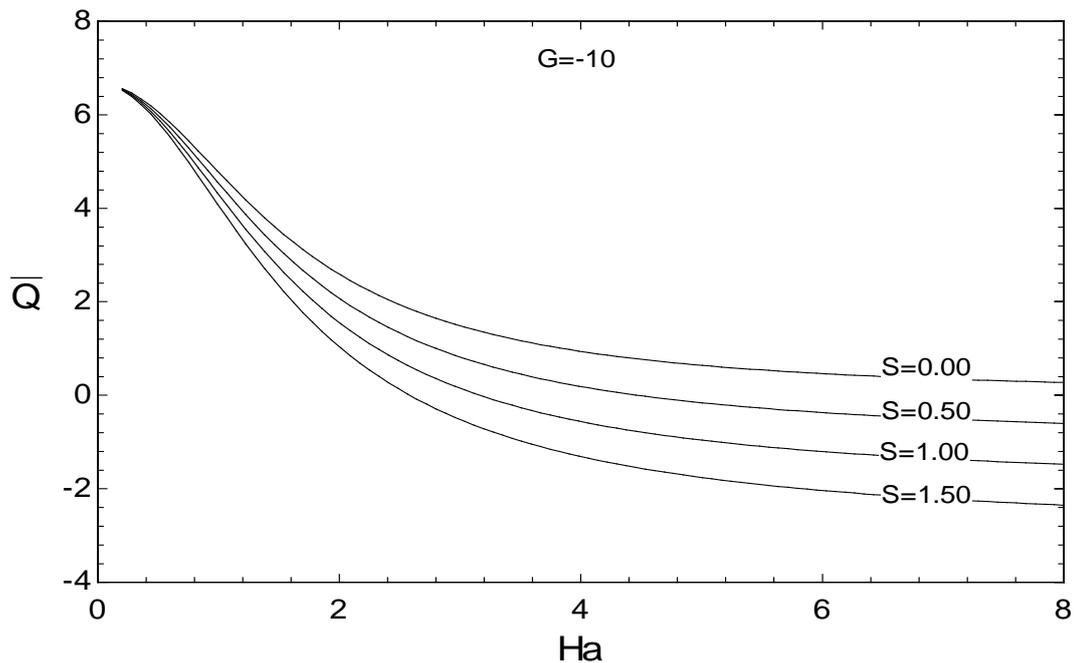


Figure 15 : Effet du paramètre G sur les gradients de la vitesse adimensionnelle à travers le canal pour un nombre de Hartmann élevé.

III.7 Effet du paramètre  $S$  sur le coefficient de frottement et le débit massiqueFigure 16 : Effet du paramètre  $S$  sur le coefficient de frottement.Figure 17 : Effet du paramètre  $S$  sur le débit massique adimensionnel.

Les variations du coefficient de frottement  $f$  et du débit massique adimensionnel  $Q$  en fonction du nombre de Hartmann pour différentes valeurs du paramètre adimensionnelle  $S$  sont illustrées sur les figures 16 et 17. Pour une valeur donnée du paramètre adimensionnel  $S$ , à mesure que le nombre Hartmann augmente, le coefficient de frottement croît, tandis que le débit

massique adimensionnel diminue. L'effet du paramètre adimensionnel  $S$  sur le coefficient de frottement et le débit massique adimensionnel est plus prononcé pour des nombres de Hartmann élevée.

III.8 Effet du paramètre  $G$  sur le coefficient de frottement et le débit massique

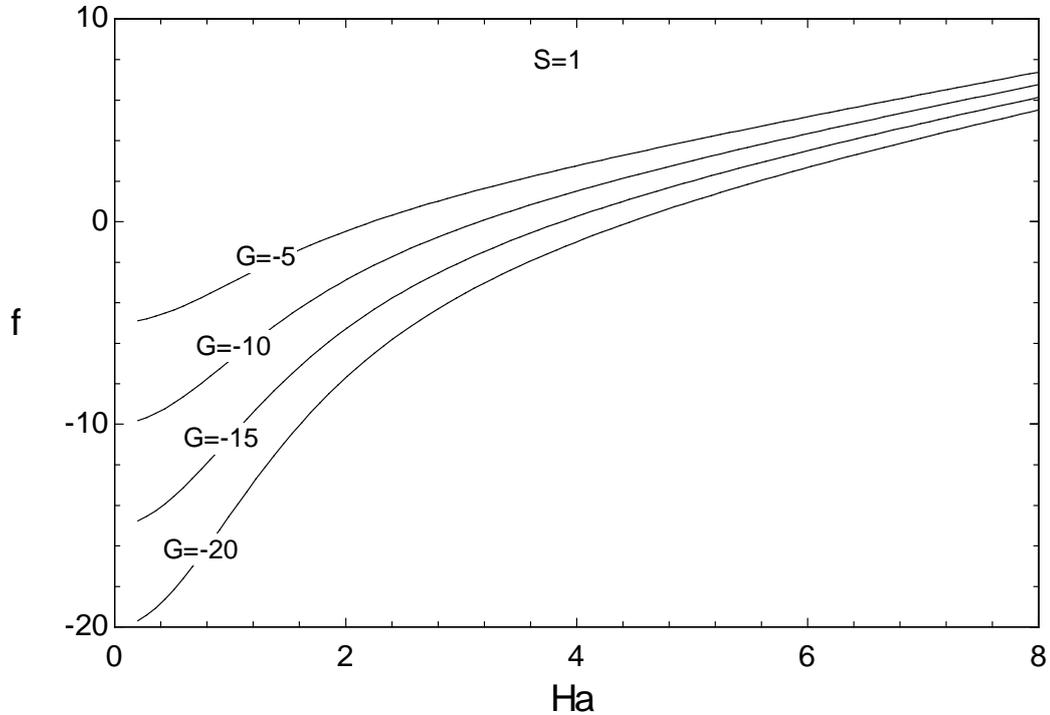


Figure 18 : Effet du paramètre  $G$  sur le coefficient de frottement.

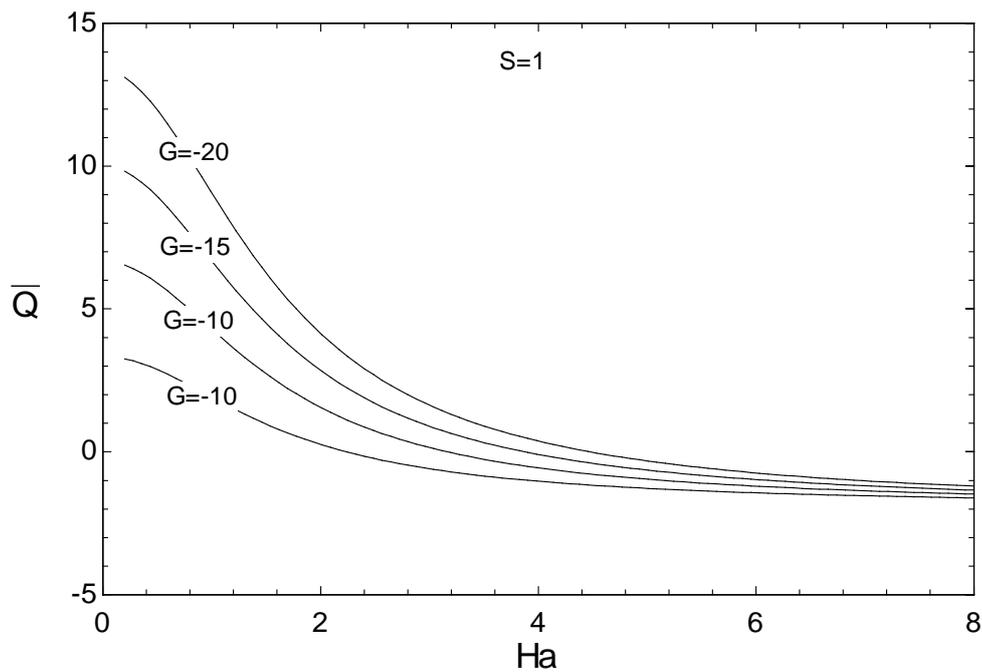


Figure 19 : Effet du paramètre  $G$  sur le débit massique adimensionnel.

Les variations du coefficient de frottement  $f$  et du débit massique adimensionnelle  $Q$  en fonction du nombre de Hartmann pour différents gradients de pression adimensionnelle  $G$  sont illustrées sur la figures 18 et 19. Pour une valeur donnée de gradient de pression adimensionnelle, à mesure que le nombre Hartmann augmente, le coefficient de frottement augmente, tandis que le débit massique adimensionnel diminue. L'effet du gradient de pression adimensionnelle sur le coefficient de frottement et le débit massique adimensionnelle est plus important pour les faibles nombres de Hartmann. Pour une valeur fixe du nombre de Hartmann, à mesure que le gradient de pression adimensionnel augmente, le facteur de frottement diminue et le débit massique adimensionnel augmente.

# **Conclusion générale**

## **Conclusion générale**

En considérant l'écoulement d'un fluide newtonien sous l'effet d'un gradient de pression dans un canal horizontal en présence d'un champ magnétique et d'un champ électrique, l'équation de la quantité de mouvement a été écrite sous forme adimensionnelle et à partir de laquelle la vitesse, le gradient de vitesse, le coefficient de frottement et le débit massique ont été calculés. Les effets du nombre de Hartmann, du paramètre dimensionnel et du gradient de pression sur ces caractéristiques d'écoulement ont été discutés.

# **Références bibliographiques**

**Références bibliographiques**

- [1] Bharath P. and S. Srinivas (2019). Pulsating flow of a non-Newtonian nanofluid in a porous channel with magnetic field. *Materials Today, proceedings*, 9 (2) 320-332.
- [2] Pourjafar, M. Malmir, F. Bazargan, S. and K Sadeghy (2019). Magnetohydrodynamics flow of Bingham fluids in a plane channel: A theoretical study. *Journal of non-Newtonian Fluid Mechanics* 264, 1-18.
- [3] Vijayalakshmi, A. Srinivas S. BadetiSatyanarayana and A. SubramanyyamReddy (2019). Hyrdomagnetic pulsating flow of nanofluid between parallel walls with porous medium. *Materials Today, proceedings*, 9 (2), 306-319.
- [4] Xiaohong, S and Y. Yunxing (2019). Effects of an inclined magnetic field on the unsteady squeezing flow between parallel plates with suction/injection. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 484, 266-271.