

ÉCOLE DOCTORALE DES SCIENCES ET LEURS APPLICATIONS-ED n° 211

THÈSE

présentée pour obtenir le grade de

DOCTEUR

DE L'UNIVERSITÉ DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR

Spécialité : Mathématiques Appliquées

par

Hammou EL-OTMANY

APPROXIMATION PAR LA MÉTHODE NXFEM DES PROBLÈMES D'INTERFACE ET D'INTERPHASE EN MÉCANIQUE DES FLUIDES

soutenue publiquement le 9 novembre 2015

Après avis de :

M.	BLOUZA Adel	Maître de Conférences HDR, Université de Rouen
M.	HILD Patrick	Professeur, Université Paul Sabatier - Toulouse 3

Devant la commission d'examen composée de :

M.	BLOUZA Adel	Maître de Conférences HDR, Université de Rouen	Rapporteur
Mme	CAPATINA Daniela	Maître de Conférences HDR, Université de Pau	Directrice
M.	EYMARD Robert	Professeur, Université Paris-Est Marne-la-Vallée	Président
M.	GRAEBLING Didier	Professeur, Université de Pau	Directeur
M.	HILD Patrick	Professeur, Université Paul Sabatier - Toulouse 3	Rapporteur
M.	LUCE Robert	Maître de Conférences HDR, Université de Pau	Examineur

Remerciements

Table des matières

Notations générales	9
1 Globules rouges et modèles rhéologiques	11
Partie I. Problème d'interface : extension de la méthode NXFEM aux éléments finis non-conformes	13
2 Globules rouges et modèles rhéologiques	15
3 Globules rouges et modèles rhéologiques	17
4 Globules rouges et modèles rhéologiques	19
Partie II. Problème d'interphase : modélisation asymptotique et approximation par NXFEM	21
5 Globules rouges et modèles rhéologiques	23
6 Globules rouges et modèles rhéologiques	25
7 Globules rouges et modèles rhéologiques	27
Partie III. Modélisation d'une membrane par un fluide non-newtonien	29
8 Globules rouges et modèles rhéologiques	31
9 Globules rouges et modèles rhéologiques	33
10 Globules rouges et modèles rhéologiques	35
Annexes	35
A Globules rouges et modèles rhéologiques	37
Bibliographie	37

Notations générales

Chapitre 1

Globules rouges et modèles rhéologiques

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux relations entre le comportement mécanique des globules rouges et l'écoulement sanguin. Cela revient à appréhender l'hémodynamique et la rhéologie du sang à travers le comportement mécanique des globules rouges. Pour cela, nous avons choisi le modèle rhéologique viscoélastique non-newtonien et non-linéaire de Giesekus pour modéliser le comportement de la membrane cellulaire.

PARTIE I

PROBLÈME D'INTERFACE : EXTENSION DE LA MÉTHODE NXFEM AUX ÉLÉMENTS FINIS NON-CONFORMES

Chapitre 2

Globules rouges et modèles rhéologiques

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux relations entre le comportement mécanique des globules rouges et l'écoulement sanguin. Cela revient à appréhender l'hémodynamique et la rhéologie du sang à travers le comportement mécanique des globules rouges. Pour cela, nous avons choisi le modèle rhéologique viscoélastique non-newtonien et non-linéaire de Giesekus pour modéliser le comportement de la membrane cellulaire.

Chapitre 3

Globules rouges et modèles rhéologiques

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux relations entre le comportement mécanique des globules rouges et l'écoulement sanguin. Cela revient à appréhender l'hémodynamique et la rhéologie du sang à travers le comportement mécanique des globules rouges. Pour cela, nous avons choisi le modèle rhéologique viscoélastique non-newtonien et non-linéaire de Giesekus pour modéliser le comportement de la membrane cellulaire.

Chapitre 4

Globules rouges et modèles rhéologiques

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux relations entre le comportement mécanique des globules rouges et l'écoulement sanguin. Cela revient à appréhender l'hémodynamique et la rhéologie du sang à travers le comportement mécanique des globules rouges. Pour cela, nous avons choisi le modèle rhéologique viscoélastique non-newtonien et non-linéaire de Giesekus pour modéliser le comportement de la membrane cellulaire.

PARTIE II

PROBLÈME D'INTERPHASE : MODÉLISATION ASYMPTOTIQUE ET APPROXIMATION PAR NXFEM

Chapitre 5

Globules rouges et modèles rhéologiques

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux relations entre le comportement mécanique des globules rouges et l'écoulement sanguin. Cela revient à appréhender l'hémodynamique et la rhéologie du sang à travers le comportement mécanique des globules rouges. Pour cela, nous avons choisi le modèle rhéologique viscoélastique non-newtonien et non-linéaire de Giesekus pour modéliser le comportement de la membrane cellulaire.

Chapitre 6

Globules rouges et modèles rhéologiques

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux relations entre le comportement mécanique des globules rouges et l'écoulement sanguin. Cela revient à appréhender l'hémodynamique et la rhéologie du sang à travers le comportement mécanique des globules rouges. Pour cela, nous avons choisi le modèle rhéologique viscoélastique non-newtonien et non-linéaire de Giesekus pour modéliser le comportement de la membrane cellulaire.

Chapitre 7

Globules rouges et modèles rhéologiques

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux relations entre le comportement mécanique des globules rouges et l'écoulement sanguin. Cela revient à appréhender l'hémodynamique et la rhéologie du sang à travers le comportement mécanique des globules rouges. Pour cela, nous avons choisi le modèle rhéologique viscoélastique non-newtonien et non-linéaire de Giesekus pour modéliser le comportement de la membrane cellulaire.

PARTIE III

MODÉLISATION D'UNE MEMBRANE PAR UN FLUIDE NON-NEWTONIEN

Chapitre 8

Globules rouges et modèles rhéologiques

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux relations entre le comportement mécanique des globules rouges et l'écoulement sanguin. Cela revient à appréhender l'hémodynamique et la rhéologie du sang à travers le comportement mécanique des globules rouges. Pour cela, nous avons choisi le modèle rhéologique viscoélastique non-newtonien et non-linéaire de Giesekus pour modéliser le comportement de la membrane cellulaire.

Chapitre 9

Globules rouges et modèles rhéologiques

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux relations entre le comportement mécanique des globules rouges et l'écoulement sanguin. Cela revient à appréhender l'hémodynamique et la rhéologie du sang à travers le comportement mécanique des globules rouges. Pour cela, nous avons choisi le modèle rhéologique viscoélastique non-newtonien et non-linéaire de Giesekus pour modéliser le comportement de la membrane cellulaire.

Chapitre 10

Globules rouges et modèles rhéologiques

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux relations entre le comportement mécanique des globules rouges et l'écoulement sanguin. Cela revient à appréhender l'hémodynamique et la rhéologie du sang à travers le comportement mécanique des globules rouges. Pour cela, nous avons choisi le modèle rhéologique viscoélastique non-newtonien et non-linéaire de Giesekus pour modéliser le comportement de la membrane cellulaire.

Annexe A

Globules rouges et modèles rhéologiques

Dans ce chapitre, nous nous intéressons aux relations entre le comportement mécanique des globules rouges et l'écoulement sanguin. Cela revient à appréhender l'hémodynamique et la rhéologie du sang à travers le comportement mécanique des globules rouges. Pour cela, nous avons choisi le modèle rhéologique viscoélastique non-newtonien et non-linéaire de Giesekus pour modéliser le comportement de la membrane cellulaire.

