

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



École nationale polytechnique
Département d'hydraulique

Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme
d'ingénieur d'état en Hydraulique

Amélioration des performances de refroidissement d'un combustible d'un réacteur nucléaire à gaz

Réalisé par :
Zouiter Fawzi

Présenté et soutenu publiquement le Samedi 20 juillet 2024 ,
Devant le jury composé de :

Président de Jury	Pr BENMAMAR Saâdia	Prof	ENP
Encadreurs	Dr SIDI ALI Kamel	Chercheur Expert	CRND
	Dr Ikhlef Khaoula	MCB	ENP
Examineur	Mr. Benziada Salim	MAA	ENP

École Nationale Polytechnique, 10, Avenue Hassen Badi, 16200 Alger

ENP 2024

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



École nationale polytechnique
Département d'hydraulique

Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme
d'ingénieur d'état en Hydraulique

Amélioration des performances de refroidissement d'un combustible d'un réacteur nucléaire à gaz

Réalisé par :
Zouiter Fawzi

Présenté et soutenu publiquement le Samedi 20 juillet 2024 ,
Devant le jury composé de :

Président de Jury	Pr BENMAMAR Saâdia	Prof	ENP
Encadreurs	Dr SIDI ALI Kamel	Chercheur Expert	CRND
	Dr Ikhlef Khaoula	MCB	ENP
Examineur	Mr. Benziada Salim	MAA	ENP

École Nationale Polytechnique, 10, Avenue Hassen Badi, 16200 Alger

ENP 2024

الملخص

يهدف هذا البحث إلى تحسين أداء التبريد للوقود في مفاعل نووي غازي بقدرة ستمائة ميغاواط، ممثلاً للجيل الرابع من المفاعلات النووية. من خلال نهج متكامل للنمذجة والمحاكاة الرقمية، وخاصة باستخدام برنامج انسيس، تقوم الدراسة بتحليل الظواهر الحرارية الهيدروليكية لتحسين كفاءة المفاعل. تهدف النتائج إلى تحديد آفاق لتحسين التبريد، مما يسهم في استدامة التكنولوجيا النووية الحديثة.

الكلمات المفتاحية

:

المفاعلات النووية، التبريد، النمذجة، المحاكاة الرقمية.

Abstract

This thesis focuses on improving the cooling performance of the fuel in the PMR600 gas nuclear reactor with a capacity of 600 MW, which is representative of the fourth generation of nuclear reactors. The study analyzes the thermal-hydraulic phenomena to optimize the reactor's efficiency through an integrated approach to modeling and numerical simulation, particularly with ANSYS Fluent. The results aim to identify optimization avenues for cooling, thus contributing to sustainability and modern nuclear technologies.

Keywords : nuclear reactors, cooling, modeling, numerical simulation, ANSYS Fluent, VHTR.

Résumé

Ce mémoire porte sur l'amélioration des performances de refroidissement du combustible dans le réacteur nucléaire à gaz PMR600 de 600 MW, représentatif de la quatrième génération de réacteurs nucléaires. À travers une approche intégrée de modélisation et de simulation numérique, notamment avec ANSYS Fluent, l'étude analyse les phénomènes thermohydrauliques pour optimiser l'efficacité du réacteur. Les résultats visent à identifier des pistes d'optimisation pour le refroidissement, contribuant ainsi à la durabilité et aux technologies nucléaires modernes.

Mots-clés : réacteurs nucléaires, refroidissement, modélisation, simulation numérique, ANSYS Fluent, VHTR.

Table des matières

Table des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations 12

Introduction Générale 13

1 Généralités sur les Réacteurs nucléaires **14**

1.1 Introduction 15

1.2 La notion de génération de réacteurs nucléaires : 15

1.2.1 Les quatre générations de réacteurs nucléaires : 15

1.3 Les différents types de réacteurs de 4^{ème} Générations 16

1.3.1 Lead-cooled fast reactor (LFR) 17

1.3.2 Molten salt reactor (MSR) 18

1.3.3 Sodium-cooled fast reactor (SFR) 19

1.3.4 Supercritical water-cooled reactor (SCWR) 19

1.3.5 VHTR 20

1.4 Introduction aux réacteurs à très haute température (VHTR). 20

1.4.1 Les composants de base d'un réacteur nucléaire VHTR 20

1.4.2 Principes de fonctionnement des VHTR 22

1.4.3 Sécurité du VHTR 23

1.5 Conclusion 24

2 Mise en équation thermo-hydraulique **25**

2.1 Introduction 26

2.2 Équations de conservation 26

2.2.1 Équation de conservation de la masse 26

2.2.2 Équation de conservation de la quantité de mouvement 26

2.2.3 Équation de conservation de l'énergie 27

2.3 Modélisation de la turbulence 27

2.4 Le choix du modèle de turbulence 28

2.4.1 Modèle K - omega (Shear-Stress Transport) 29

2.4.2 Équations de transport 29

2.5 Modèle mathématique à résoudre 30

2.6 Conclusion 31

3 Simulation numérique (CFD) **32**

3.1 Introduction 33

3.2 Présentation du logiciel Ansys Fluent 33

3.2.1	Fonctionnalités principales	33
3.2.2	Applications	33
3.2.3	Avantages de l'utilisation d'ANSYS Fluent	33
3.2.4	Méthodologie de modélisation avec Ansys Fluent	34
3.2.5	Méthode des volumes finis	34
3.3	Présentation du modèle PMR600	35
3.3.1	Description du modèle utilisé	35
3.3.2	Caractéristique physiques et géométriques du réacteur PMR 600 . .	35
3.3.3	Caractéristiques physiques et géométriques d'un assemblage pris- matique	36
3.4	Géométrie	37
3.4.1	Géométrie	37
3.4.2	Présentation de la géométrie utilisée dans la simulation	37
3.4.3	Conception de la géométrie	38
3.5	Maillage	39
3.5.1	Objectifs du Maillage	39
3.5.2	Types de maillage	39
3.5.3	Conception du Maillage	40
3.5.4	Optimisation du Maillage	40
3.5.5	Étude de la vitesse du fluide de refroidissement en fonction du nombre d'éléments du maillage	41
3.6	Conditions aux limites	42
3.6.1	À l'entrée du fluide	42
3.6.2	À la sortie du fluide	42
3.6.3	Condition de non glissement	42
3.7	Conditions thermiques et flux de chaleur	43
3.8	Résultats de la simulation	43
3.8.1	Analyse des Résultats de Simulation	43
3.8.2	Distribution de la Température	43
	Conclusion Général	55
	Bibliography	57
	Annexes	58
3.9	Annexe A : Étapes de la création du maillage	59
3.10	Annexe B : Les étapes de la simulation avec fluent	62

Confidentiel