

CDD 004.015 1076 MEZ

LMD / Ingénieurs

IF 1441

*Introduction à*

# L'Informatique Quantique

(4) 069891



069891



Cours et Applications

Pr. Mohamed MEZGHICHE

Enseignant à l'Université M'Hamed BOUGARA de Boumerdès (UMBB)

© Copyright Eurl Pages Bleues Internationales



## CONTENTS

---

voir plus de détails  
ument. Le lecteur  
rcuits quantiques

Le 07. 09.2023

named Mezghiche

## Contents

<b>Préface</b>	<b>3</b>
<b>1 Introduction à l'informatique quantique</b>	<b>5</b>
<b>Introduction à l'informatique quantique</b>	<b>5</b>
1 Brève histoire de l'informatique Théorique . . . . .	5
2 Les premiers ordinateurs quantiques . . . . .	7
3 Domaine d'application de l'Informatique Quantique . . . . .	9
<b>2 Rappels Mathématiques</b>	<b>13</b>
<b>Rappels Mathématiques</b>	<b>13</b>
1 Arithmétique des nombres complexes . . . . .	13
2 Espaces Vectoriels . . . . .	18
3 Espace vectoriel de Hilbert . . . . .	20
4 Opérateurs linéaires sur l'espace de Hilbert . . . . .	24
5 Fonctions d'opérateurs . . . . .	29
5.1 Transformé de Fourier discrète . . . . .	30
6 Produit Tensoriel . . . . .	32
6.1 Opérateurs et produit tensoriel . . . . .	33
7 Opérateur de densité d'un état . . . . .	34
<b>3 États Quantiques</b>	<b>37</b>
<b>Les états quantiques</b>	<b>37</b>

1	Système quantique simple . . . . .	37
2	Système quantique Composé . . . . .	40
3	Mesure Quantique . . . . .	42
4	Evolution d'un système quantique isolé . . . . .	46
4.1	Opérateurs quantiques agissant sur un Qubits . . . . .	47
4.2	Opérateurs Quantiques agissant sur deux ou plusieurs Qubits . . . . .	52
4.3	Mesure d'un registre à 2 qubits: "Born Rule" . . . . .	54
5	Théorème de Non clonage . . . . .	62
6	Propriétés des circuits Quantiques . . . . .	63
7	Correction d'erreurs en Informatique quantique . . . . .	66
7.1	Code correcteur de Shor . . . . .	69
8	Cryptographie Quantique . . . . .	71
8.1	Distribution de clés quantiques . . . . .	71
<b>4</b>	<b>Algorithmes Quantiques</b>	<b>73</b>
	<b>Algorithmes Quantiques</b>	<b>73</b>
1	L'algorithme "superdense coding" . . . . .	74
1.1	Algorithme de téléportation . . . . .	78
1.2	Algorithme de Deutsch-Jozsa . . . . .	80
1.3	Algorithme de Bernstein-Vazirani . . . . .	82
1.4	Algorithme de Simon . . . . .	84
1.5	Algorithme de recherche de Grover . . . . .	86
1.6	Exemple . . . . .	90
2	Implémentation de la transformée de Fourier . . . . .	94
3	Algorithme d'estimation de phase . . . . .	97
4	Algorithme de Shor . . . . .	100
4.1	Algorithme de Shor pour trouver la période . . . . .	102
<b>5</b>	<b>Qiskit</b>	<b>107</b>
	<b>Qiskit</b>	<b>107</b>
1	Le langage Qiskit d'IBM . . . . .	107

CONTENTS

..... 37  
..... 40  
..... 42  
..... 46  
..... 47  
eurs Qubits 52  
..... 54  
..... 62  
..... 63  
..... 66  
..... 69  
..... 71  
..... 71  
**73**  
  
**73**  
..... 74  
..... 78  
..... 80  
..... 82  
..... 84  
..... 86  
..... 90  
..... 94  
..... 97  
..... 100  
..... 102  
  
**107**  
  
**107**  
..... 107

2 Introduction à Qiskit . . . . . 110  
3 Les principaux opérateurs quantiques . . . . . 113  
4 Visualisation des circuits Quantiques . . . . . 121  
    4.1 Implémentation de l'algorithme de téléportation . . . . . 125  
5 Visualisation pratique des états quantique . . . . . 132  
6 Génération de circuits aléatoires . . . . . 133  
7 Implémentation d'un Oracle pour les expressions logiques . . . . . 135  
8 Implémentation de l'algorithme de Bernstein-Vazirani . . . . . 138

**Bibliographie**