

## TABLE DES MATIERES

Remerciements	
Notation .....	01
Liste des figures .....	04
Liste des tableaux .....	06
Introduction général .....	07
<b>Chapitre 1: Théorie des plaques:</b>	
<b>1-1) Recherche bibliographie des plaques .....</b>	<b>09</b>
1-2) Introduction .....	09
1-3) Eléments de type Kirchhoff .....	09
1-4) Eléments de type Reissner/Mindlin .....	10
<b>2-1) Définition d'une plaque .....</b>	<b>11</b>
<b>2-2) Définitions et notations générales .....</b>	<b>12</b>
<b>2-3) Domaine d'utilisation .....</b>	<b>13</b>
<b>2-5) Loi de comportement .....</b>	<b>14</b>
<b>2-5) Définition la continuité <math>C^0</math> et <math>C^1</math> .....</b>	<b>14</b>
<b>2-6) Classification des plaques .....</b>	<b>14</b>
<b>2-7) Théorie des plaques épaisses :</b>	<b>15</b>
1-7-1/ Relations cinématiques .....	15
1-7-2/ Caractéristiques géométriques et mécaniques .....	16
1-7-3/ Théorie du premier ordre: Mindlin .....	17
1-7-4/ Définitions des déplacements et des déformations .....	17
1-7-5/ Principe des travaux virtuels (formulation faible) .....	18
1-7-6/ Equation d'équilibre associée .....	18
1-7-7/ Loi de comportement élastique en petite déformation .....	18
1-7-8/ Relation efforts résultants – déformation: .....	19
1-7-9/ Modèle variationnel en déplacement .....	19
<b>1-8) Théorie des plaques minces :</b>	<b>19</b>
1-8-1/ Flexion des plaques minces .....	20
1-8-2/ Hypothèse .....	22
1-8-3/ Déformations réelles et virtuelles de flexion .....	22
1-8-4/ Principe des travaux virtuels .....	23
1-8-5/ Equation d'équilibre associée .....	23
1-8-6/ Modèle en déplacement .....	23
1-8-7/ Modèle mixte en $w, \{M\}$ .....	23
1-8-8/ cinématique .....	24
<b>1-9/Contraintes. Efforts résultants .....</b>	<b>25</b>
1-9-1/ Efforts tranchants .....	25
<b>Chapitre 2: Méthode des éléments finis et modélisation des plaques .</b>	
<b>2-1) Méthode des éléments finis .....</b>	<b>26</b>
2-1-1) Définition .....	26
2-1-2) Avantage de la méthode des éléments finis .....	26

2 1-3) procédures de base de la méthode des éléments finis .....	26
2-1-3-1) Choix du type d'élément et discrétisation.....	26
2-1-3-2) Type d'élément .....	26
2-1-3-3) Taille de l'élément.....	27
<b>2-1-5) les différentes formulations de la méthode des éléments finis .....</b>	<b>27</b>
2-1-5-1) Introduction .....	27
2-1-5-2) Formulation en déplacement .....	28
2-1-5-3) Formulation équilibre .....	28
2-1-5-4) Formulation hybride .....	28
2-1-5-5) Formulation mixte .....	28
2-1-5-6) Formulation en déformation.....	28
<b>2-1-4) Formulation des éléments finis .....</b>	<b>29</b>
2-1-4-3) Procédure d'analyse par éléments finis.....	29
<b>2-2) Modélisation des plaques par la méthode des éléments finis.....</b>	<b>30</b>
<b>2-2-1) Modélisation par éléments finis.....</b>	<b>30</b>
<b>2-2-2) Modélisation et discrétisation.....</b>	<b>30</b>
2-2-2-1) Introduction .....	30
2-2-2-2) Importance de la modélisation du comportement de la structure.....	31
<b>2-2-3) Discrétisation d'une structure .....</b>	<b>31</b>
<b>2-2-4) Discrétisation géométrique .....</b>	<b>32</b>
<b>2-2-5) Critères de convergence.....</b>	<b>33</b>
2-2-5-1) Introduction.....	33
2-2-5-2) Convergence « h ».....	33
2-2-5-3) Convergence « P ».....	33
<b><u>Chapitre 3: Formulation des éléments finis.</u></b>	
<b>3-1) Formulation de la matrice de rigidité d'un élément.....</b>	<b>34</b>
3-1-1) Identifier le problème.....	34
3-1-2) Choisir des fonctions de déplacements convenables .....	34
3-1-3) Relier les déplacements généraux de l'élément a ses déplacements nodaux.....	34
3-1-4) Relations entre déplacements et déformations.....	35
3-1-5) Relation entre déformations et contraintes.....	36
3-1-6) Relier les charges nodales aux déplacements nodaux.....	36
<b>3-2) Formulations matricielles- niveaux élémentaire global .....</b>	<b>37</b>
3-2-1) La formulation élémentaire.....	37
3-2-2) La formulation globale.....	37
<b>3-3) Eléments de référence .....</b>	<b>38</b>
3-3-1) Propriétés de $\tau^e$ .....	38
3-3-2) Construction des fonctions $N(\xi)$ .....	39
3-3-3) Triangle de pascal .....	39
<b>3-4) Formulation des éléments finis pour l'étude de la flexion des plaques .....</b>	<b>39</b>
3-4-1) Introduction .....	39
3-4-2) Calcul de la matrice de rigidité d'un élément rectangulaire .....	40

3-4-3) Formulation de l'élément DKT .....	48
3-4-3-1) Modèle de Kirchhoff .....	48
3-4-3-2) Champ des déplacements et champ des déformations .....	49
3-4-3-3) Loi de comportement .....	50
3-4-3-4) Travail virtuel des efforts internes dus à la flexion .....	51
3-4-3-5) Construction de la matrice de rigidité élémentaire pour les éléments DKT ...	52
3-4-3-5-1) Terme de flexion .....	52
<b>3-5) Distorsion des éléments</b> .....	60
3-5-1) Régularité des maillages.....	61
3-5-2) Influence de la distorsion géométriques.....	62
 <b><u>Chapitre 4: Présentation des logiciels et programmation en fortran77.</u></b>	
<b>4-1) Analyse des plaques par modélisation numérique</b> .....	63
4-1-1) Introduction .....	63
<b>4-2) Logiciel Sap2000</b> .....	63
4-2-1) Description.....	63
4-2-2) Modélisation par SAP2000.....	63
4-2-3) L'étape utilisée dans le logiciel sap2000 .....	64
<b>4-3) Logiciel ANSYS</b> .....	68
4-3-1) Modélisation par ANSYS.....	68
4-3-2) Les étapes utilisées dans logiciel Ansys.....	68
<b>4-4) Programme FORTRAN</b> .....	74
4-4-1) Histoire .....	74
4-4-2) Conventions de base.....	74
4-4-3) Type de données.....	75
4-4-4) Organigramme .....	75
 <b><u>Chapitre 5: Validation et application.</u></b>	
<b>5-1) Tests de validation et performances des éléments</b> .....	77
<b>5-2) Tests avec un seul élément</b> .....	77
5-2-1) Modes rigides et parasites.....	77
<b>5-3) Exemple:01.</b> .....	77
5-3-1) Console sous charge concentré $h = 0.1$ .....	77
5-3-1-1) : Représentation graphique de la modélisation par logiciel SAP2000 .....	79
5-3-1-2) : Représentation graphique de la modélisation par logiciel ANSYS .....	81
5-3-2) Console sous charge concentré $h = 10$ .....	82
5-3-2-1) : Représentation graphique de la modélisation par logiciel SAP2000 .....	82
5-3-2-2) : Représentation graphique de la modélisation par logiciel ANSYS .....	84
<b>5-4) Exemple:02. Plaque carrée a tous les borde encastrés</b> .....	84
5-4-1) Maillage de la plaque.....	85
5-4-2) Représentation graphique de la modélisation par logiciel SAP2000 .....	85
5-4-3) Représentation graphique de la modélisation par logiciel ANSYS .....	86
5-4-4) Plaque carrée a tous les borde encastre.....	87

<b>5-5) Exemple: 03. Plaque carrée a deux bords encastrés et deux bords libres.....</b>	<b>88</b>
5-5-1) : Représentation graphique de la modélisation par logiciel SAP2000.....	88
5-5-2) Représentation graphique de la modélisation par logiciel ANSYS .....	89
5-5-3) Plaque rectangulaire à deux cotes encastre.....	90
<b>5-6) Exemple 04: Plaque carrée a trois coté simplement appuyés.....</b>	<b>90</b>
5-6-1) Représentation graphique de la modélisation par logiciel SAP2000 .....	91
5-6-2) Représentation graphique de la modélisation par logiciel ANSYS .....	92
5-6-3) Plaques carrée à trois coté simplement appuyés.....	93
<b>5-7) Exemple 05 : Plaque Circulaire .....</b>	<b>93</b>
5-7-1) Représentation graphique de la modélisation par logiciel SAP2000 .....	94
5-7-2) Représentation graphique de la modélisation par logiciel ANSYS .....	95
5-7-3) Plaque Circulaire .....	96
<b>Conclusion .....</b>	<b>96</b>
<b>Conclusion Générale .....</b>	<b>97</b>
<b>Bibliographie</b>	
<b>Annexe</b>	
<b>Annexe 1 : Résultat du programme Fortran .....</b>	<b>98</b>
<b>Annexe 2 : Résultats obtenue par ANSYS et SAP 2000.....</b>	<b>108</b>