

## Table des matières

ملخص .....	i
<b>Abstract .....</b>	ii
<b>Résumé .....</b>	iii
<b>Liste des notations .....</b>	iv
<b>Liste des abréviations .....</b>	vi
<b>Liste des figures .....</b>	vii
<b>Liste des tableaux .....</b>	ix

<b>Introduction générale</b>	1
------------------------------	---

<b>Chapitre I Généralités sur les matériaux composites</b>	6
--	---

I.1 Introduction .....	6
I.2 Classification des matériaux composites .....	7
I.2.1 Composites à renforts de particules .....	8
I.2.2 Composites à renforts de fibres .....	8
I.2.3 Composites à renforts de paillettes.....	8
I.2.4 Composites stratifiés.....	8
I.3 Les constituants de base d'un matériau composite .....	9
I.3.1 La matrice .....	10
I.3.1.1 Matrices organiques ou résineuses .....	10
I.3.1.2 Matrices métalliques .....	12
I.3.1.3 Matrices céramiques .....	13
I.3.2 Les renforts .....	13
I.3.2.1 Les fibres de verre .....	13
I.3.2.2 Les fibres de carbone .....	14
I.3.2.3 Les fibres d'aramides (Kevlar) .....	15
I.3.2.4 Les fibres de bore .....	16
I.3.3 Charges et additifs .....	16
I.3.4 L'interface fibre-matrice .....	17
I.4 Les matériaux composites structuraux .....	18
I.4.1 Les monocouches .....	19
I.4.2 Les stratifiés .....	19
I.4.3 Les Sandwichs .....	20

## **Table des matières**

---

I.5	Domaines d'Application des matériaux composites .....	21
I.5.1	Produits aéronautiques .....	21
I.5.2	Produits militaires .....	22
I.5.3	Produits spatiaux (satellites).....	22
I.5.4	Construction navale .....	22
I.5.5	Construction civile .....	23
I.6	Qualités générales des matériaux composites .....	24
I.7	Conclusion .....	24
<b>Chapitre II     Endommagements et réparations des composites</b>		25
II.1	Introduction .....	25
II.2	Définition d'endommagement .....	25
II.3	Endommagement des composites stratifiés .....	26
II.4	Mécanismes d'endommagement et de rupture .....	26
II.4.1	Fissuration de la matrice .....	27
II.4.2	Décohésion fibre-matrice .....	28
II.4.3	Rupture des fibres .....	30
II.4.4	Délaminage .....	30
II.5	Source des dommages rencontrés en aéronautique .....	31
II.6	Les différents types de dommages en aéronautiques .....	32
II.7	Renforcement et réparations des composites aéronautiques .....	33
II.7.1	Réparation .....	34
II.7.1.1	Réparation par collage des patchs externes .....	35
II.7.1.2	Réparation par collage des patchs internes .....	37
II.7.2	Renforcement .....	39
II.7.3	Exemples d'applications .....	40
II.8	Conclusion .....	41
<b>Chapitre III     Théories des plaques composites stratifiées</b>		42
III.1	Introduction .....	42
III.2	Définition d'un stratifié .....	43
III.3	Modélisation géométrique .....	45
III.4	Comportement mécanique des matériaux stratifiés .....	46
III.4.1	Champ des déplacements .....	47
III.4.2	Champ des déformations .....	47
III.4.3	Champs de contraintes .....	49
III.4.4	Comportement en membrane-flexion-torsion .....	50
III.4.4.1	Comportement en Membrane .....	50
III.4.4.2	Comportement en flexion et torsion .....	52

## *Table des matières*

---

III.4.5	Equation constitutive de la théorie classique .....	53
III.5	Constantes de rigidité d'un stratifié orthotrope .....	54
III.5.1	Équations de mouvement des stratifiés orthotropes .....	55
III.5.1.1	Stratifié orthotrope dans ses axes .....	55
III.5.1.2	Stratifié orthotrope hors axes .....	56
III.6	Modèles de structures multicouches .....	57
III.6.1	Modèles de stratifiés de type monocouche équivalente .....	57
III.6.1.1	Théorie classique des plaques stratifiées (CLPT) .....	58
III.6.1.2	Théorie de déformation en cisaillement du premier ordre (FSDT) .....	59
III.6.1.3	Théorie de déformation en cisaillement d'ordre élevé (HSDT) .....	60
III.6.2	Approche par couche .....	63
III.6.3	Approche développement asymptotique .....	64
III.7	Conclusion .....	65
<b>Chapitre IV</b>	<b>Etude analytique de la vibration libre d'une plaque stratifiée renforcée par patch</b>	<b>66</b>
IV.1	Introduction .....	66
IV.2	Théorie d'ordre élevé à quatre variables .....	67
IV.2.1	Configuration géométrique .....	67
IV.2.2	Hypothèses et Champ de déplacement de la nouvelle théorie .....	68
IV.2.3	Champs des déformations .....	69
IV.2.4	Champs des contraintes .....	69
IV.2.5	Energie de déformation .....	71
IV.2.6	Energie cinétique .....	73
IV.2.7	Solutions analytiques pour une plaque stratifiée simplement appuyée ...	74
IV.3	Conclusion .....	76
<b>Chapitre V</b>	<b>Résultats et discussions</b>	<b>77</b>
V.1	Introduction .....	77
V.2	Choix des matériaux composites .....	78
V.3	Effet du rapport d'orthotropie E1/E2 (cas d'un stratifié croisé) .....	79
V.4	Effet de la géométrie de la plaque (cas d'un stratifié équilibré) .....	80
V.5	Effet de la présence de la masse du patch .....	81
V.6	Conclusion .....	85
<b>Conclusion générale et perspectives</b>		<b>87</b>
<b>Références bibliographiques</b>		<b>90</b>