

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
I.ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
I.1. Introduction.....	2
I.2. Caractéristiques générales.....	2
I.3. Classification des matériaux composites.....	4
I.3.1. Classification suivant la forme des constituants.....	4
I.3.2. Classification suivant la nature des constituants.....	5
I.3.3. Classification suivant la structure des matériaux composites.....	6
I.3.4. Classification suivant le type de matériau composite.....	8
I.4. Les éléments constituants d'un matériau composite.....	9
I.4.1.Introduction.....	9
I.4.2.la matrice.....	9
I.4.2.1. Introduction.....	9
I.4.2.2. Les résines thermodurcissables (TD).....	9
I.4.2.2.1.les résines polyester insaturé.....	10
I.4.2.2.2.les résines de condensations.....	11
I.4.2.2.3.les résines époxydes.....	13
I.4.2.3. Les résines thermoplastiques (TP).....	14
I.4.3.les charges et additifs.....	14
I.4.3.1.Introduction.....	14
I.4.3.2.Les charges.....	14
I.4.4.Les renforts (fibres et tissus).....	15
I.4.4.1. Les fibres de verres.....	18
I.4.4.2. Les fibres de carbone.....	19
I.4.4.3. Les fibres d'aramides.....	19
I.4.5.Interface fibre-résine.....	19
I.5.Procédés de mise en œuvre.....	20
I.5.1. Technologies manuelles de transformation.....	20
I.5.1.1. Le moulage au contact.....	21
I.5.1.2.La projection simultanée.....	21
I.5.1.3.Le drapage autoclave.....	22
I.5.1.4.Moulage au sac sous vide.....	23
I.5.2.Procédés de transformation par moulage.....	23

I.5.2.1. Le procédé RTM.....	23
I.5.2.2. Moulage par compression de mat preimprégné « SMC ».....	24
I.5.2.3. Le procédé d'estampage TRE.....	24
I.5.2.4. L'injection des thermoplastiques renforcés TPR.....	25
I.5.2.5. Le procédé d'injection par réaction.....	25
I.5.3. Procédé de transformation en continu.....	25
I.5.3.1. La pultrusion.....	25
I.5.3.2. L'imprégnation en continu.....	26
I.5.4. Procédés de fabrication des formes de révolution.....	27
I.5.4.1. La transformation par centrifugation.....	27
I.5.4.2. L'enroulement filamentaire.....	27
I.6. Conclusion.....	28
II. PRINCIPAUX ESSAIS APPLIQUES SUR LES COMPOSITES	
II.1. Introduction.....	29
II.2. Analyse physique de la structure du composite.....	29
II.2.1. Taux de fibres et de matrice.....	29
II.2.2. Taux de porosité.....	30
II.3. Analyse de l'interface fibre/matrice.....	31
II.3.1. Analyse microscopique.....	31
II.3.2. Analyses physico-chimiques.....	32
II.4. Essais sur éprouvettes planes et barreaux.....	33
II.4.1. Fabrication des éprouvettes.....	33
II.4.2. Détermination du comportement mécanique instantané.....	33
II.4.2.1. Essais de traction.....	33
II.4.2.2. Essais de flexion.....	37
II.4.2.3. Essais de cisaillement plan et interlaminaire.....	40
II.4.2.4. Essais de compression.....	42
II.4.2.4.1. Chargement par cisaillement.....	45
II.4.2.5. Comportement au choc.....	48
II.4.2.5.1. Introduction.....	48
II.4.2.5.2. Les différents types d'essais de choc.....	49
II.5. Conclusion.....	56
III. COMPORTEMENT MECANIQUE DES MATERIAUX COMPOSITES	
III.1. Introduction.....	57
III.2. Comportement élastique linéaire (Loi de Hooke).....	57

III.3.Divers degrés de symétrie matérielle des matériaux composites.....	57
III.3.1.Matériaux orthotropes.....	58
III.3.2.Matériaux quasi isotropes transverses (Système tétragonal).....	58
III.3.3.Matériaux isotropes transverses (Système hexagonal).....	59
III.3.4.Matériaux quasi isotropes (Système cubique).....	60
III.3.5.Matériaux isotropes.....	60
III.4.Comportement mécanique d'un matériau unidirectionnel.....	63
III.4.1. Loi de Hooke pour un composite unidirectionnel.....	63
III.4.1.1.Le module d'Young longitudinal (E_{Lcomp}).....	64
III.4.1.2.Le module de Young transversal (E_{Tcomp}).....	64
III.4.1.3.Le coefficient (ν_{LT}).....	65
III.4.1.4.Le module de cisaillement longitudinal.....	65
III.5.Élasticité plane dans un matériau orthotrope.....	65
III.6.Rupture des Matériaux Composites.....	67
III.6.1.Introduction.....	67
III.6.2.Mode de rupture d'un matériau composite unidirectionnel.....	67
III.6.3.Rupture des stratifiés.....	68
III.6.4.Critères de rupture des matériaux composites.....	69
III.6.4.1.Introduction.....	69
III.6.4.2.Critère de la contrainte maximale.....	69
III.6.4.3.Critère de la déformation maximale.....	70
III.6.4.4.Critère de VON MISES.....	70
III.6.4.5.Critère de Hill.....	70
III.6.4.6.Critère de TSAI-HILL.....	71
III.6.4.7.Critère de TSAI-WU.....	72
III.7.Conclusion.....	73
IV. ELABORATION ET CARACTERISATION DES MATERIAUX A ETUDIER	
IV.1.1.Introduction.....	74
IV.1.2.Réalisation du moule.....	74
IV.1.3.Matériel et produits utilisés.....	74
IV.1.3.1.Matériel.....	74
IV.1.3.2.Matières premières utilisées.....	75
IV.1.3.2.1.Résine polyester insaturée.....	75
IV.1.3.2.1.1.Fiche technique de la résine polyester.....	75

IV.1.3.2.2.La fibre de verre.....	76
IV.1.4.Elaboration des plaques.....	77
IV.2.Caractérisation physico-mécanique des différentes variantes.....	78
IV.2.1. Caractérisation physique des éprouvettes.....	78
IV.2.1.1.Détermination de la teneur du renfort et de la matrice.....	78
IV.2.1.1.1.Essai de calcination.....	79
IV.2.1.1.2.Analyse des résultats.....	70
IV.2.1.2.Densité.....	80
IV.2.1.2.1.principe de l'essai.....	80
IV.2.1.2.2.Analyse des résultats.....	81
IV.2.2. Caractérisation mécanique des éprouvettes.....	82
IV.2.2.1.Description du dispositif expérimental.....	82
IV.2.2.2. Essai de traction.....	82
IV.2.2.2.1.Préparation des éprouvettes.....	82
IV.2.2.2.2.Dimensions des éprouvettes de traction.....	83
IV.2.2.2.3.Principe de l'essai de traction.....	84
IV.2.2.2.4.Les Résultats expérimentaux pour les différentes variantes.....	84
IV.2.2.2.5.Analyse des résultats.....	90
IV.2.2.3.Essai de flexion trois points.....	90
IV.2.2.3.1.Préparation des éprouvettes.....	90
IV.2.2.3.2.Dimensions des éprouvettes pour l'essai de flexion.....	90
IV.2.2.3.3.Principe de l'essai de flexion 3 points.....	91
IV.2.2.3.4.Les Résultats expérimentaux pour les différentes variantes.....	92
IV.2.2.3.5.Analyse des résultats.....	98
IV.2.2.4.Essai de compression.....	99
IV.2.2.4.1.Préparation des éprouvettes.....	99
IV.2.2.4.2.Principe de l'essai de compression.....	99
IV.2.2.4.3.Les Résultats expérimentaux pour les différentes variantes.....	99
IV.2.2.4.3. Analyse des résultats.....	105
IV.2.2.5. Etude du comportement au choc (Essai de choc Charpy).....	105
IV.2.2.5.1.Préparation des éprouvettes.....	105
IV.2.2.5.2.Principe de l'essai de choc Charpy.....	106
IV.2.2.5.3.Les Résultats expérimentaux pour les différentes variantes.....	106
IV.2.2.5.4. Analyse des résultats.....	107
Conclusion générale.....	108