

Sommaire :
Introduction générale

I.1. Introduction générale : 1

Chapitre I : Les matériaux Composites

I.1. Définition d'un matériau composite : 2

I.2. Matériaux composites dans l'industrie aéronautique : 2

I.3. Endommagements rencontrés dans les matériaux composites : 5

I.4. Pourquoi s'intéresser au contrôle de santé de structures aéronautiques : 6

I.4.1. Structures métalliques : 7

I.4.1.. Origine des défauts sur structures métalliques : 8

I.4.2. Structures Composites : 10

Structures composites simples 10

Structures composites sandwich 10

Chapitre II : Les contrôles non destructif

II.1.Introduction : 13

II.2.Les contrôles non destructifs : 14

II.2.1.Introduction : 14

II.2.2.Historique : 15

II.3 Différentes techniques du CND : 16

II.3.1. Examen visuel : 16

II.3.1.1.Principe : 16

II.3.1.2.Domaine d'application : 16

II.3.1.3.Avantages 17

II.3.1.4.Inconvénients 17

II.3.2. Le ressuage : 18

II.3.2.1. Principe : 18

II.3.2.3.Avantages : 20

II.3.2.4.Inconvénients du contrôle par ressuage : 20

II.3.3. La magnétoscopie : 20

II.3.3.1.Principe 21

II.3.3.2 Domaine d'application 21

II.3.3.3.Avantages du contrôle par magnétoscopie: 22

II.3.3.4.Inconvénients du contrôle par magnétoscopie : 22

II.4.4.Les courants de Foucault:	22
II.4.4.1.Principe:	22
II.4.4.2. Domaine d'application:	23
II.4.4.3.Avantages :	23
II.5.5.Les ultrasons:	23
II.5.5.1. Principe:	24
II.5.5.2. Domaine d'application:	24
II.5.5.3Avantages :	25
II.5.5.4.Inconvénients :	25
II.6.6. Contrôle par radiographie :	25
II.6.6.1. Principe :	26
II.6.6.2. Domaine d'application :	26
II.6.6.3.Avantages :	27
II.6.6.4.Inconvénients :	27
II.7.7.L'émission acoustique :	28
II.7.7.1.Principe :	28
II.7.7.2. Domaine d'application	28
II.7.7.3.Les Avantages :	29
II.8.8 Tomographie.....	30
II.9.9.Méthode de couplage à l'air	30
II.9.9.1.Principe :	31
II.10.10.Shearographie ;	31
II.10.10.1.Principe :	31
II.10.10.2.Shearographie par contraintes thermiques.....	32
II.10.10.3.Shearographie par excitation vibrationnelle :	33
II.11.11.La thermographie :	34
II.12.Les avantages des essais non destructifs :	35
II.12.2.Augmentation de la durée d'utilisation:	36
II.12.3.Augmentation de la sécurité :	36
II.12.4.Augmentation de l'identification des matériaux :	36
II.13.Conclusion:	36
Chapitre III : Les CND pour les aéronefs	
III.1.Introduction :	39
III.2.Méthode du pulse-écho :	41

III.2.1.principe :.....	41
III.2.2.Applications aux cracks.....	41
III.3.Méthode du pitch-catch.....	43
III.3.1.Principe :	43
III.3.2.Applications aux cracks.....	44
III.4.1.Détection de défauts sur structures métalliques :	44
III.4.2.Détection de défauts sur structures composite.....	45

Chapitre IV : Perspective

IV.1.Introduction.....	47
IV.2.Modélisation et conception du capteur de déformation.....	47
IV.2.1.Réponse mécanique du capteur.....	47
IV.2.1.Réponse électrique du capteur	48
IV.2.3.Réponse thermique du capteur.....	49
IV.2.4.Récapitulatif.....	
IV.3.Simulation et résultats.....	54

Conclusion

Conclusion.....	58
-----------------	----

Liste des figures

Figure I.1: Nomenclature dans un stratifié composite	4
Figure I.2 : Matériaux composites dans l'A380.....	5
Figure I.3 : Endommagements rencontrés dans un matériau composite.....	6
I.4. Pourquoi s'intéresser au contrôle de santé de structures aéronautiques :	6
Figure I.4 : Fuselage et structure du Boeing 787 montrant les différents matériaux utilisés.....	7
Figure I.5 : Exemples de dommages survenus lors de phases aux sols, décollages et atterrissages de différents avions	8
Figure I.6 : Photos montrant des défauts sur des structures métalliques d'avions.....	9
Figure I.7 : Les structures composites simples et en sandwich.....	10
Figure I.8: Distribution des matériaux composites dans les avions civils :l'A380.....	11
Figure I.9 : Types de défauts sur structures composites sandwich	11
Figure II.1 : Examen visuel.	17
Figure II.2: Etapes du contrôle par ressuage.....	19

Figure II.3 : Principe de la magnétoscopie.....	21
Figure II.4 : détection des défauts par les courants de Foucault.....	22
Figure II.5: Principe des ultrasons.....	24
Figure II.6 : Control par ultrasons des soudures.....	25
Figure II.7 : Illustration du fonctionnement de la radiographie	26
Figure II.8 : Contrôle par émission acoustique.....	28
Figure II.9 : Exemple de visualisation tridimensionnelle de ruptures d'inclusions pour trois déformations.....	30
Figure II.10: Principe de la tomographie.....	30
Figure II.11 : Principe de la méthode par couplage à l'air.....	31
Figure II.12: Principe de shearograph.....	32
Figure II.13 : Contrôle shearographique d'une structure composite.....	33
Figure II.14 : Principe de la Shearographie par dépression.....	33
Figure II.15:Shearographie par dépression pour des décollements de degrés différents.....	34
Figure II.16 : Cartographie d'un matériau composite CFRP.....	34
Figure II.17 : Cartographie d'un matériau composite stratifié.....	35
Figure II.18 : Schéma de montage de la thermographie pulsée.....	35
Figure III.1: Principe et photo de la méthode du pulse écho.....	41
Figure III.2: Détection et localisation d'un crack	42
Figure III.3: Photo d'une structure simple comportant un crack de 3cm entre l'émetteur et le récepteur montés en pitch-catch.....	43
Figure III.4: Réponses d'une structure test avant et après défaut par approche pitch catch....	44
Figure III.5 : Principe de détection et de localisation d'endommagement par ondes guidées.....	45
Figure III.6 : Evolution du taux d'émission acoustique	46
Figure III.7 : Principe de fonctionnement de fibres optiques à réseaux de Bragg.....	47
Figure IV.1: Déformation de la membrane.	48
Figure IV.2: Disposition des jauges sur la membrane.	49
Figure IV.3: Modèle de Arrora.	50
Figure IV.4: Modèle de Dorckel.	50
Figure IV.5: Extrapolation des coefficients thermique.	51
Figure IV.6: Courbe caractéristique du capteur.	52
Figure IV.7: Effet de la température sur la sensibilité du capteur.....	53
Figure IV.8: Effet du dopage sur la sensibilité du capteur.....	53

Figure IV.9: Structure externe du capteur de déformation sur Simulink.....	55
Figure IV.10: Pression mécanique appliquée (de 0 à 2 Bar).....	56
Figure IV.11: Variation des résistance Normale et parallèles.....	57
Figure IV.12: Variation des résistance Normale et parallèles.....	57

Liste des tableaux

Tableau.III.1:Technologies SHM utilisées en aéronautique.....	39
Tableau.III.2:Scénariid'applications du SHM pour les structures aéronautiques métalliques.....	40
Tableau III.3:Scénarii d'applications du SHM pour les structures aéronautiques composites.....	40