

LISTE DES FIGURES

Chapitre I :

| | |
|--|----|
| Figure 1.1 : Différents exemples de nids d'abeille | 5 |
| Figure 1.2: Les différentes formes de l'âme | 6 |
| Figure 1.3 : Éléments constitutifs d'un panneau sandwich en nida | 6 |
| Figure 1.4 : Etapes d'élaboration du nid d'abeille par la méthode pré-ondulation | 7 |
| Figure 1.5 : Principe de fabrication des structures en nida par la méthode d'expansion et repère associé | 8 |
| Figure 1.6 : Différentes configurations cellulaires de l'âme du Nid d'abeilles | 8 |
| Figure 1.7 : Cellule en nid d'abeille hexagonal régulière | 9 |
| Figure 1.8 : Efforts sur un sandwich | 9 |
| Figure 1.9 : Rupture des peaux en traction/compression | 10 |
| Figure 1.10 : Rupture de l'âme en cisaillement | 10 |
| Figure 1.11 : Flambement généralisé des peaux | 11 |
| Figure 1.12: Flambement généralisé de l'âme | 11 |
| Figure 1.13 : le flambement localisé des peaux « Wrinkling » | 11 |
| Figure 1.14: flambement localisé de la peau « Dimpling » | 12 |
| Figure 1.15 : Indentation localisée | 12 |
| Figure 1.16: Avion Mosquito produit par De Havilland au cours de la seconde guerre mondiale | 13 |

Chapitre II :

| | |
|---|----|
| Figure 2.1 : Dispositif pendulaire | 16 |
| Figure 2.2 : Classification des essais d'identification en dynamique rapide | 17 |
| Figure 2.3 : Influence de la densité de l'âme sur la transition entre les modes de rupture d'un sandwich | 18 |
| Figure 2.4 : Effet de l'épaisseur de la peau sur le mode de rupture sous impact | 19 |
| Figure 2.5 : Comparaison entre des lois de contact entre des indenteurs cylindriques et sphériques | 20 |
| Figure 2.6 : Influence du type de support (a) éprouvette simplement supportée sur une fondation rigide (b) une éprouvette encastrée de ses extrémités | 21 |
| Figure 2.7 : Évolution des zones endommagées en fonction de l'énergie de l'impact | 21 |
| Figure 2.8 : Indentation résiduelle dans les panneaux sandwichs impactés | 22 |
| Figure 2.9 : Déformation du nid d'abeille aluminium avec une peau | 22 |
| Figure 2.10 : Modes de plissement | 23 |
| Figure 2.11 : Plissement du nid d'abeille en alliage aluminium | 23 |
| Figure 2.12 : Endommagements du nid d'abeille en compression uniforme | 23 |
| Figure 2.13 : Courbes force/écrasement du nid d'abeille Aluminium | 24 |
| Figure 2.14 : Géométrie locale des arêtes verticales et du plissement | 25 |
| Figure 2.15 : Déformée au niveau de l'arête d'un motif du nid d'abeille | 25 |

Chapitre III :

| | |
|---|----|
| Figure 3.1: Sandwich à âme en mousse. | 27 |
| Figure 3.2: La machine de traction-compression Zwick/Roell. | 30 |
| Figure 3.3 : L'essai de compression d'un pain de NIDA en Aluminium. | 31 |
| Figure 3.4 : Configuration longitudinale L et transversale W des cellules de l'âme. | 31 |
| Figure 3.5 : Montage d'essai d'impact. | 32 |
| Figure 3.6 : Les différents impacteurs réalisés. | 32 |
| Figure 3.7 : Dessin et dimensions géométrique des impacteurs. | 33 |
| Figure 3.8 : Montage et éprouvette d'essai. | 34 |
| Figure 3.9 : Courbe force/déplacement d'une arête et discrétisation polynomiale associée..... | 34 |
| Figure 3.11 : Résultats d'essais avec indenteur sphérique 18.06 mm pour différentes densités de l'âme. | 35 |
| Figure 3.12 : Résultats d'essais avec indenteur sphérique 21.75 mm pour différentes densités de l'âme. | 36 |
| Figure 3.13 : Résultats d'essais avec indenteur sphérique 57.25 mm pour différentes densités de l'âme. | 37 |
| Figure 3.14 : Résultats d'essais avec indenteur conique pour différentes densités de l'âme..... | 38 |
| Figure.3.15 : Déformation finale du nid d'abeille Alu-Alu seul en indentation (55 kg/m^3)..... | 38 |
| Figure.3.16 : Empreinte de l'impacteur sphérique de rayon 18.06mm sur âme en aluminium (densité de 29 kg/m^3). | 39 |

| | |
|--|----|
| Figure.3.17 : Comparaison des essais d'impact de nid d'abeille Aluminium (densité 130 kg/m ³). | 40 |
| Figure.3.18 : Comparaison des essais d'impact de nid d'abeille Aluminium (densité 55 kg/m ³). | 40 |
| Figure 3.19 : Comparaison des essais d'impact de nid d'abeille Aluminium pour différentes densité et différentes impacteur | 41 |
| Figure 3.20 : Aspect final des éprouvettes sandwichs avec peau fine d'épaisseur 1mm..... | 42 |
| Figure 3.21 : Courbe force/déplacement pour un indenteur plat. | 43 |
| Figure 3.22 : Courbe force/déplacement pour différents indenteurs. | 44 |
| Figure 3.23 : Résultats d'essais avec indenteur sphérique 20 mm pour différentes vitesse.... | 45 |
| Figure 3.24 : Résultats d'essais avec indenteur conique pour différentes vitesse | 45 |
| Figure 3.25 : Comparaison entre les essais d'indentation pour différents indenteurs..... | 46 |
| Figure 3.26 : la forme des l'empreinte de l'impacteur..... | 47 |

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I :

| | |
|---|---|
| Tableau 1.1: Les caractéristiques d'une cellule nida | 9 |
|---|---|

Chapitre III :

| | |
|---|----|
| Tableau 3.1: Paramètres géométriques des âmes des sandwichs utilisés | 28 |
| Tableau 3.2 : Propriétés mécaniques des âmes | 29 |
| Tableau 3.3 : Propriétés mécaniques des peaux | 29 |
| Tableau 3.4 : Propriétés physiques d'aluminium | 29 |