

# **CHAPITRE IV**

## **Résultats et discussions**

## **Chapitre IV : Résultats et discussions**

IV.1. Introduction

IV.2. Résultats numériques et discussions

IV.2.1. Flexion des plaques stratifiées sous une charge sinusoïdale

IV.2.1.1. Déplacement transversal

IV.2.1.2. Contrainte axiale de flexion et la contrainte de cisaillement transversal

IV.2.2. Flexion des plaques stratifiées sous une charge uniforme répartie

IV.2.2.1. Déplacement transversal

IV.2.2.2. Contrainte axiale de flexion et la contrainte de cisaillement transversal

IV.2.3. Flexion des plaques stratifiées sous une charge variable linéairement

IV.2.3.1. Déplacement transversal

IV.2.3.2. Contrainte axiale de flexion et la contrainte de cisaillement transversal

IV.4. Conclusion

## Chapitre IV : Résultats et discussions

### IV.1.Introduction

Les plaques stratifiées sont des structures largement utilisées dans la technologie de l'espace, navale, aéronautique ainsi dans divers domaines civil et industriel. Leur première mission est de résister à l'environnement. Si l'environnement dépend du temps, c'est le comportement dynamique. Une plaque est soumise à un environnement dynamique constitué de forces de diverses natures (volumiques, surfaciques, ponctuelles) s'appliquant sur elle et provoquant un mouvement que l'on peut décrire par des déplacements, des vitesses ou des accélérations en tous ses points. Ces forces appliquées provoquent une flexion dans la plaque avec un déplacement du feuillet moyen dans la direction opposées à  $(z)$ , ce déplacement vertical est habituellement appelé flèche.

La détermination des contraintes de cisaillement transversal développées dans l'épaisseur des plaques en matériau composite stratifié soumises à la flexion, est habituellement effectuée sous quelques hypothèses bien connus, basées sur la forme du champs de déplacement à travers leurs épaisseurs .Ces théories étant conçus comme une approximation d'une réalité de trois dimensions, on comprend qu'il puisse en exister plusieurs, différents entre elles par la précision des approximations sur lesquelles elles sont fondées.

Dans le paragraphe précédent, nous avons obtenus des solutions exactes du comportement statique dans le cas d'une plaque composite stratifié rectangulaire en appuis simples sur ses quatre cotés. Dans le cas où d'autres conditions d'appuis seraient proposées, il est possible de résoudre le problème en utilisant d'autres formes de solutions pour déterminer les flèches et les contraintes de cisaillement transversal. Ce chapitre groupe quelques exemples numériques du comportement statique des plaques stratifiées symétriques et antisymétriques à la fois avec une séquence d'empilement croisés, afin d'étudier l'influence de ce dernier sur la distribution des déformations et des contraintes de cisaillement à travers l'épaisseur à l'aide de l'application de la présente nouvelle théorie d'ordre élevé à six variables qui tient en considération l'effet de la déformation suivant la direction  $(z)$ . Durant cette étude, on discute l'effet du rapport d'élanement qui est défini par la longueur sur

l'épaisseur, de la séquence d'empilement, du nombre de couches constitutives qui contribuent à l'amélioration de la résistance et de la rigidité de la plaque stratifiée. En général, on a essayé de varier différents facteurs et observer l'influence de ces derniers sur le comportement statique de la plaque stratifiée, d'où on va voir les résultats obtenus dans ce qui suit.

## IV.2. Résultats numériques et discussion

Dans cette étude, nous essayons de valider le modèle proposé à travers quelques travaux connus de la littérature. Il s'agit essentiellement d'évaluer ses performances en flexion en précision le déplacement transversal ( $\bar{w}$ ), les contraintes axiales  $\bar{\sigma}_x$ ,  $\bar{\sigma}_y$  et les contraintes de cisaillement  $\bar{\tau}_{xy}$ ,  $\bar{\tau}_{xz}$  et  $\bar{\tau}_{yz}$  pour différents rapport d'élancement. Afin de valider ce modèle, un exemple de flexion élastique est étudié pour les plaques stratifiées symétriques et antisymétriques simplement appuyées. Une comparaison a été faite avec les résultats pour le comportement statique en flexion de ce type de matériau composite.

Les résultats obtenus sont données sous forme adimensionnelle. Il s'agit respectivement du déplacement transversal, la contrainte de flexion axiale et la contrainte de cisaillement transversal :

$$\bar{w} = 100 \frac{E_3 h^3}{q_0 a^4} w \left( \frac{a}{2}, \frac{b}{2}, \frac{z}{h} \right), \quad (\bar{\sigma}_x, \bar{\sigma}_y) = \frac{h^2}{q_0 a^2} (\sigma_x, \sigma_y) \left( \frac{a}{2}, \frac{b}{2}, \frac{z}{h} \right),$$

$$\bar{\tau}_{xy} = \frac{h^2}{q_0 a^2} \tau_{xy} \left( \frac{a}{2}, \frac{b}{2}, \frac{z}{h} \right), \quad \bar{\tau}_{xz} = \frac{h}{q_0 a} \tau_{xz} \left( 0, \frac{b}{2}, \frac{z}{h} \right), \quad \bar{\tau}_{yz} = \frac{h}{q_0 a} \tau_{yz} \left( \frac{a}{2}, 0, \frac{z}{h} \right)$$

L'analyse élastique de la flexion est conduite pour une plaque en matériau stratifié. Les propriétés matérielles (le module d'élasticité, le module de cisaillement et le coefficient de poisson) utilisées dans la présente analyse sont les suivants:

$$E_1 = 25 E_2, \quad E_3 = E_2,$$

$$G_{12} = G_{13} = 0.5 E_2, \quad G_{23} = 0.2 E_2,$$

$$\nu_{12} = \nu_{13} = \nu_{23} = 0.25$$

Les résultats obtenus pour les déplacements transversaux et les différentes contraintes sont présentés dans les tableaux (IV.1) à (IV.3) et graphiquement sur les figures (IV.1) à

(IV.8). Le pourcentage d'erreur dans les résultats obtenus par ce modèle particulier par rapport aux résultats correspondants obtenus par la solution exacte de la théorie d'élasticité est calculé comme suit:

$$Erreur = \left( \frac{\text{Valeur du modèle particulier} - \text{Valeur exacte par théorie d'élasticité}}{\text{Valeur exacte par théorie d'élasticité}} \right) \times 100\%$$

Les résultats obtenus par la présente théorie pour déterminer les déplacements transversaux et les différentes contraintes en fonction des rapports d'élancement, sont comparées avec celles de la théorie classique des plaques (CPT) [30], la théorie de déformation de cisaillement du premier ordre (FSDT) de Mindlin [1], la théorie de déformation de cisaillement d'ordre élevé (HSDT) de Reddy [8] et enfin la solution exacte de la théorie d'élasticité présentée par Pagano [26].

## IV.2.1. Flexion des plaques stratifiées sous une charge sinusoïdale

### IV.2.1.1. Déplacement transversal

Le tableau (IV.1) montre la comparaison du déplacement transversal des plaques carrées en matériau composite stratifié à plis croisés simplement appuyées, pour un type antisymétrique à deux couches  $[0^\circ/90^\circ]$  et pour un type symétrique à trois couches  $[0^\circ/90^\circ/0^\circ]$ , les deux types de stratifiés sont soumis à une charge sinusoïdale. Les couches sont de même épaisseur et constituées par les mêmes propriétés matérielles citées auparavant. On observe que le déplacement transversal maximal obtenu par la présente théorie est plus ou moins identique à celle de la théorie HSDT de Reddy pour les plaques stratifiées à plis croisés  $[0^\circ/90^\circ]$  et  $[0^\circ/90^\circ/0^\circ]$  pour l'ensemble des rapports d'élancement ( $a/h$ ). Le déplacement transversal analysé par la théorie de Reddy est en bon accord avec la solution exacte d'élasticité, alors que la théorie de déformation de cisaillement du premier ordre (FSDT) et la théorie classique (CPT) sous-estiment le déplacement transversal maximal pour tous les rapports d'élancement par rapport à celle de la solution exacte.

**Tableau IV.1** : Comparaison de déplacement transversal adimensionnel ( $\bar{w}$ ), contraintes normales ( $\bar{\sigma}_x, \bar{\sigma}_y$ ), contrainte de cisaillement dans le plan  $\tau_{xy}$  et les contraintes de cisaillement transversal adimensionnelles ( $\tau_{xz}, \tau_{yz}$ ) pour une plaque stratifiée carrée simplement appuyée soumise à une charge sinusoïdale.

Couches	$a/h$	Théories	$\bar{w}$ $z = 0$	$\bar{\sigma}_x$ $z = -h/2$	$\bar{\sigma}_y$ $z = -h/2$	$\bar{\tau}_{xy}$ $z = -h/2$	$\bar{\tau}_{xz}$ $z = 0$	$\bar{\tau}_{yz}$ $z = 0$
0°/90°	4	Present	1.9424	0.9063	0.0964	0.0562	0.3189	0.3189
		HSDT [8]	1.9985	0.9060	0.0891	0.0577	0.3128	0.3128
		FSDT [1]	1.9682	0.7157	0.0843	0.0525	0.2274	0.2274
		CPT [30]	1.0636	0.7157	0.0843	0.0525	---	---
		Elasticité[26]	2.0670	0.8410	0.1090	0.0591	0.3210	0.3130
	10	Present	1.2089	0.7471	0.0876	0.0530	0.3261	0.3261
		HSDT [8]	1.2161	0.7468	0.0851	0.0533	0.3190	0.3190
		FSDT [1]	1.2083	0.7157	0.0843	0.0525	0.2274	0.2274
		CPT [30]	1.0636	0.7157	0.0843	0.0525	---	---
		Elasticité[26]	1.2250	0.7302	0.0886	0.0535	0.3310	0.3310
0°/90°/0°	4	Present	1.9018	0.7536	0.0880	0.0496	0.2092	0.1914
		HSDT [8]	1.9218	0.7345	0.0782	0.0497	0.2024	0.1832
		FSDT [1]	1.5681	0.4370	0.0614	0.0369	0.1201	0.1301
		CPT [30]	0.4312	0.5387	0.0267	0.0213	---	---
		Elasticité[26]	2.0046	0.7984	0.0949	0.0505	0.2550	0.2170
	10	Present	0.7155	0.5720	0.0411	0.0278	0.2577	0.1070
		HSDT [8]	0.7125	0.5684	0.0387	0.0277	0.2447	0.1033
		FSDT [1]	0.6306	0.5134	0.0353	0.0252	0.1363	0.0762
		CPT [30]	0.4312	0.5387	0.0267	0.0213	---	---
		Elasticité[26]	0.7528	0.5898	0.0418	0.0289	0.3570	0.1200

#### IV.2.1.2. Contrainte axiale de flexion et la contrainte de cisaillement transversal

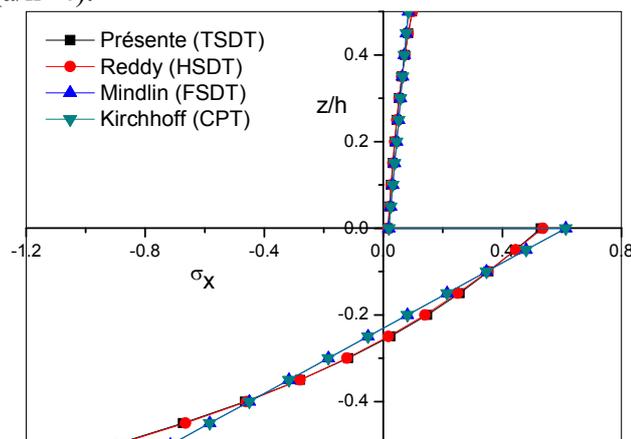
La contrainte normale ou axiale de flexion  $\bar{\sigma}_x$  obtenue par la présente théorie est en excellent accord avec celle de la solution exacte pour les deux types de stratifiés symétriques et antisymétriques à empilements croisés, alors que les deux autres théories FSDT et CPT sous-estiment les contraintes pour tous les rapports d'élançement par rapport aux valeurs des autres théories raffinées. Pour les deux stratifiés à plis croisés [0°/90°] et [0°/90°/0°], la contrainte normale  $\bar{\sigma}_y$  et la contrainte de cisaillement  $\tau_{xy}$  obtenues par la présente théorie

sont en bon accord avec celles de la solution exacte d'élasticité. Le facteur de correction de cisaillement à travers notre étude est pris en considération pour la théorie FSDT.

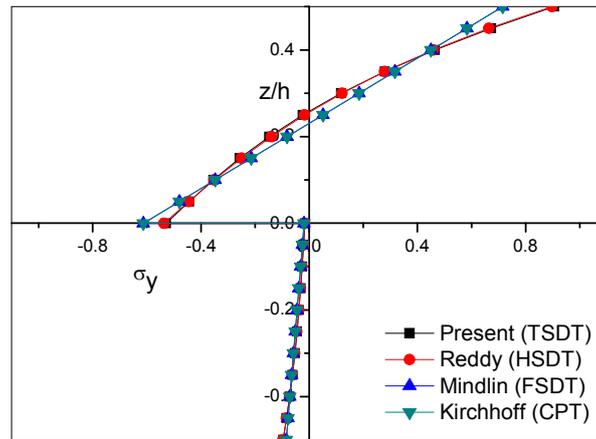
Le tableau (IV.1) présente également la comparaison des contraintes de cisaillement transversal  $\tau_{xz}$  et  $\tau_{yz}$  pour les deux plaques stratifiées, à deux couches antisymétriques et à trois couches symétriques soumises à une charge de flexion sinusoïdale. En faisant la comparaison par rapport à la solution exacte, la présente théorie donne des contraintes de cisaillement transversal plus précises que celles données par d'autres théories raffinées. Toutefois en utilisant les relations constitutives de la présente théorie, les résultats obtenus des contraintes de cisaillement transversal sont en excellent accord pour les matériaux composites stratifiés à empilements croisés à deux couches antisymétriques.

La théorie actuelle sous-estime la contrainte de cisaillement transversal des plaques stratifiées à plis croisés de 0,65% et 1,48% pour  $(a/h = 4)$  et  $(a/h = 10)$ , respectivement. La théorie de Reddy sous-estime les contraintes de cisaillement transversal obtenues à l'aide des relations constitutives, en comparons avec celles de la solution exacte d'élasticité. On utilisant la présente théorie pour les plaques stratifiées à plis croisés symétriques, on observe un excellent résultat des contraintes de cisaillement transversal. Tandis que la théorie de déformation de cisaillement du premier ordre (FSDT) sous-estime la contrainte de cisaillement transversal (figures IV.4 et IV.8) pour les plaques stratifiées à empilements croisés symétriques et antisymétriques pour tous les rapports d'élancement.

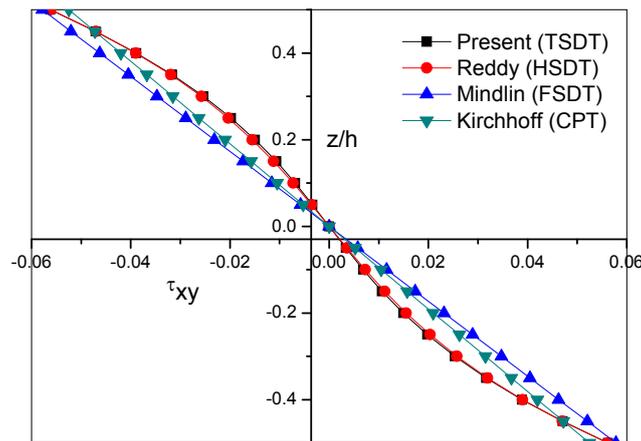
La distribution des contraintes selon l'épaisseur pour les plaques stratifiées à plis croisés type  $[0^\circ/90^\circ]$  sous chargement sinusoïdal sont représentés sur les figures (IV.1) à (IV.4) pour un rapport d'élancement  $(a/h=4)$ .



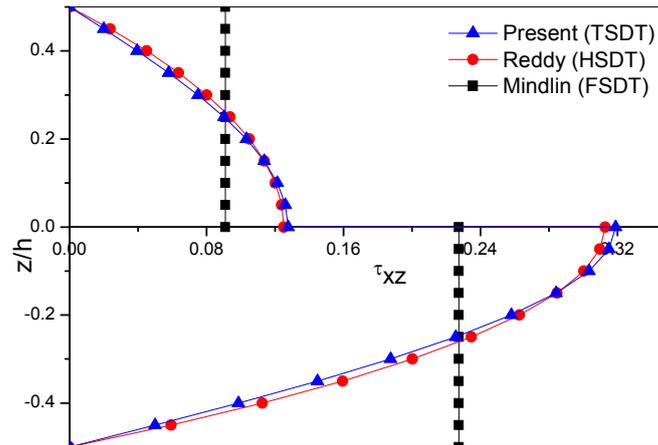
**Figure IV.1 :** Distribution des contraintes normales adimensionnelles ( $\bar{\sigma}_x$ ) à travers l'épaisseur pour une plaque stratifiée carrée type  $[0^\circ/90^\circ]$  simplement appuyée soumise à une charge sinusoïdale avec  $(a/h=4)$ .



**Figure IV.2 :** Distribution des contraintes normales adimensionnelles ( $\bar{\sigma}_y$ ) à travers l'épaisseur pour une plaque stratifiée carrée type  $[0^\circ/90^\circ]$  simplement appuyée soumise à une charge sinusoïdale avec  $(a/h=4)$ .

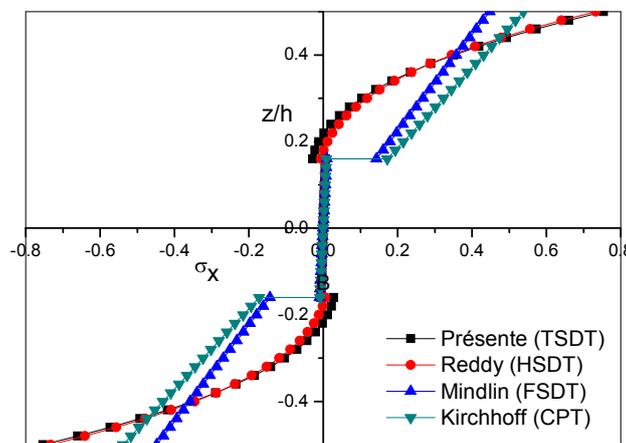


**Figure IV.3 :** Distribution des contraintes de cisaillement adimensionnelles dans le plan ( $\tau_{xy}$ ) pour une plaque stratifiée carrée type  $[0^\circ/90^\circ]$  simplement appuyée soumise à une charge sinusoïdale avec  $(a/h=4)$ .

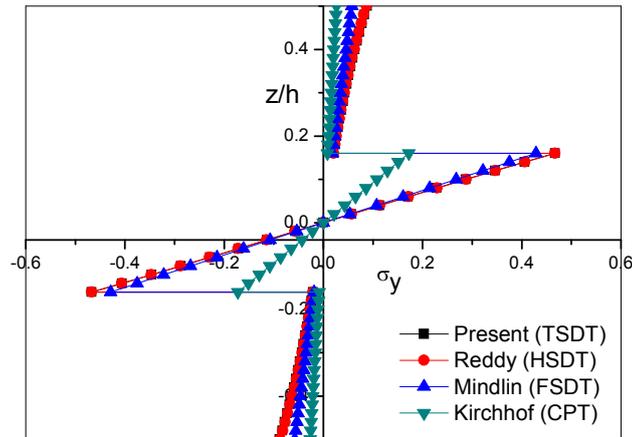


**Figure IV.4 :** Distribution des contraintes de cisaillement transversal adimensionnelles ( $\tau_{xz}$ ) à travers l'épaisseur pour une plaque stratifiée carrée type  $[0^\circ/90^\circ]$  simplement appuyée soumise à une charge sinusoïdale avec  $(a/h=4)$ .

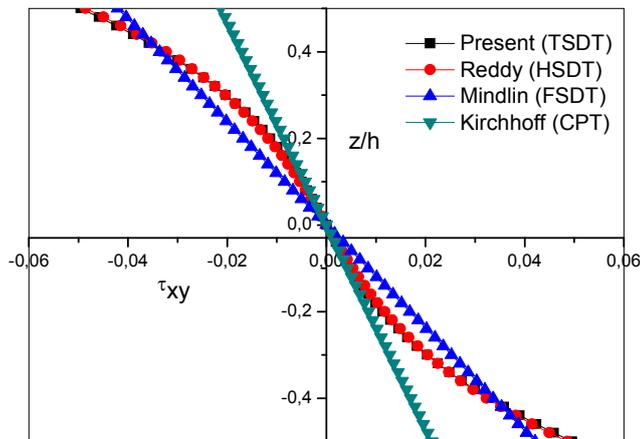
La distribution des contraintes selon l'épaisseur pour les plaques stratifiées à plis croisés type  $[0^\circ/90^\circ/0^\circ]$  sous chargement sinusoïdal sont aussi représentés sur les figures (IV.5) à (IV.8) pour un rapport d'élanement  $(a/h=4)$ .



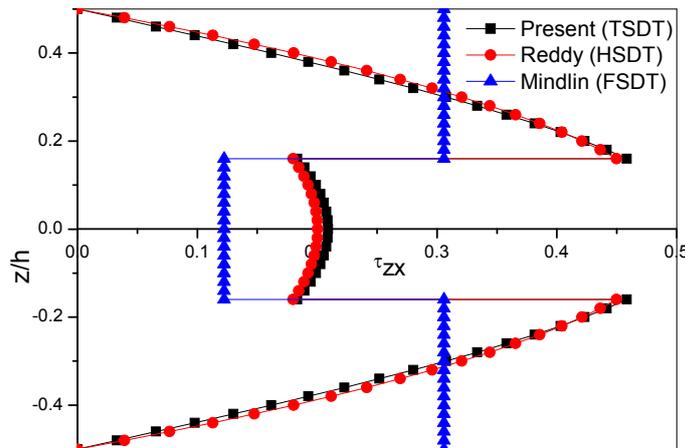
**Figure IV.5 :** Distribution des contraintes normales adimensionnelles ( $\bar{\sigma}_x$ ) à travers l'épaisseur pour une plaque stratifiée carrée type  $[0^\circ/90^\circ/0^\circ]$  simplement appuyée soumise à une charge sinusoïdale avec  $(a/h=4)$ .



**Figure IV.6 :** Distribution des contraintes normales adimensionnelles ( $\bar{\sigma}_y$ ) à travers l'épaisseur pour une plaque stratifiée carrée type  $[0^\circ/90^\circ/0^\circ]$  simplement appuyée soumise à une charge sinusoïdale avec  $(a/h=4)$ .



**Figure IV.7 :** Distribution des contraintes de cisaillement adimensionnelles dans le plan ( $\tau_{xy}$ ) pour une plaque stratifiée carrée type  $[0^\circ/90^\circ/0^\circ]$  simplement appuyée soumise à une charge sinusoïdale avec  $(a/h=4)$ .



**Figure IV.8 :** Distribution des contraintes de cisaillement transversal adimensionnelles ( $\tau_{zx}$ ) à travers l'épaisseur pour une plaque stratifiée carrée type  $[0^\circ/90^\circ/0^\circ]$  simplement appuyée soumise à une charge sinusoïdale avec  $(a/h=4)$ .

## IV.2.2. Flexion des plaques stratifiées sous une charge uniforme répartie

### IV.2.2.1. Déplacement transversal

Le tableau (IV.2) montre la comparaison des déplacements transversaux et des contraintes pour les plaques composites stratifiées à plis croisés simplement appuyées, soumises à une charge uniformément répartie. Les couches sont de même épaisseur et constituées de même propriétés matérielles.

La présente théorie sous-estime le déplacement transversal des plaques stratifiées à plis croisés type  $[0^\circ/90^\circ]$  de 5,05% pour  $(a/h=4)$  et de 1,29% pour  $(a/h=10)$ , tandis que la théorie (HSDT) de Reddy sous-estime ce déplacement avec erreur de 2,77% pour  $(a/h=4)$  et de 0,76% pour  $(a/h=10)$  par rapport à la solution exacte de la théorie d'élasticité. Les déplacements transversaux obtenus par la théorie actuelle sont en bon accord avec celle de la solution exacte pour les plaques stratifiées à plis croisés type  $[0^\circ/90^\circ/0^\circ]$ .

**Tableau IV.2 :** Comparaison de déplacement transversal adimensionnel ( $\bar{w}$ ), contraintes normales ( $\bar{\sigma}_x, \bar{\sigma}_y$ ), contrainte de cisaillement dans le plan  $\tau_{xy}$  et les contraintes de cisaillement transversal adimensionnelles ( $\bar{\tau}_{xz}, \bar{\tau}_{yz}$ ) pour une plaque stratifiée carrée simplement appuyée soumise à une charge uniforme répartie.

Couches	$a/h$	Théories	$\bar{w}$ $z = 0$	$\bar{\sigma}_x$ $z = -h/2$	$\bar{\sigma}_y$ $z = -h/2$	$\bar{\tau}_{xy}$ $z = -h/2$	$\bar{\tau}_{xz}$ $z = 0$	$\bar{\tau}_{yz}$ $z = 0$
0°/90°	4	Present	2.9983	1.2603	0.1394	0.1104	0.5966	0.5966
		HSDT [8]	3.0706	1.2691	0.1314	0.1070	0.6034	0.6034
		FSDT [1]	3.0082	0.0636	0.1258	0.0992	0.4775	0.4775
		CPT [30]	1.6955	1.0763	0.1269	0.0934	---	---
		Elasticité[26]	3.1580	1.1840	0.1590	---	0.6470	0.5910
	10	Present	1.9070	1.1057	0.1307	0.0978	0.6669	0.6669
		HSDT [8]	1.9173	0.1049	0.1274	0.0977	0.6591	0.6591
		FSDT [1]	1.9050	0.0533	0.1265	0.0961	0.4849	0.4849
		CPT [30]	1.6955	0.0763	0.1269	0.0934	---	---
		Elasticité[26]	1.9320	1.0860	0.1300	---	0.7020	0.7440
0°/90°/0°	4	Present	2.8934	1.0339	0.1137	0.1097	0.3576	0.4359
		HSDT [8]	2.9091	1.0177	0.1030	0.1092	0.3530	0.4425
		FSDT [1]	2.3538	0.6546	0.0852	0.0736	0.2286	0.3427
		CPT [30]	0.6660	0.8076	0.0307	0.0426	---	---
		Elasticité[26]	3.0438	1.1229	0.1238	---	0.4428	0.4867
	10	Present	1.0954	0.8433	0.0509	0.0599	0.4608	0.3480
		HSDT [8]	1.0900	0.8395	0.0481	0.0593	0.4409	0.3443
		FSDT [1]	0.9642	0.7720	0.0442	0.0515	0.2530	0.2633
		CPT [30]	0.6660	0.8076	0.0307	0.0426	---	---
		Elasticité[26]	1.1539	0.8708	0.0529	---	0.6279	0.4009

#### IV.2.2.2. Contrainte axiale de flexion et la contrainte de cisaillement transversal

Les contraintes axiales dans le plan obtenues par la présente théorie d'ordre élevé sont en excellent accord avec celles de la solution exacte pour les plaques stratifiées à séquence d'empilements croisés [0°/90°] et [0°/90°/0°] soumises à une charge uniformément répartie. Les contraintes de cisaillement dans le plan prédites par la théorie actuelle et la théorie de Reddy sont en bon accord pour les deux types des plaques stratifiées à plis croisés simplement appuyées [0°/90°] et [0°/90°/0°]. La théorie FSDT et la théorie CPT sous-estiment les

contraintes normales pour tous les rapports d'éclatement par rapport aux résultats des autres théories.

Les résultats du tableau (IV.2) indiquent que la présente théorie sous-estime les contraintes de cisaillement transversal calculées à l'aide des relations constitutives développées dans le chapitre précédent. Les contraintes de cisaillement transversal obtenues par la théorie actuelle pour les plaques stratifiées à plis croisés symétriques et antisymétriques sont en excellent accord avec celle de la solution exacte pour ( $a/h = 10$ ).

### **IV.2.3. Flexion des plaques stratifiées sous une charge variable linéairement**

#### **IV.2.3.1. Déplacement transversal**

Les déplacements transversaux et les contraintes des plaques composites stratifiées à empilements croisés  $[0^\circ/90^\circ]$  et  $[0^\circ/90^\circ/0^\circ]$ , simplement appuyées soumises à une charge variable linéairement sont présentés au tableau (IV.3). Le déplacement transversal maximal et les contraintes normales obtenues par cette théorie sont en accord pas totalement proche avec la solution exacte.

#### **IV.2.3.2. Contrainte axiale de flexion et la contrainte de cisaillement transversal**

La présente théorie et la théorie de Reddy surestiment la contrainte normale pour les plaques stratifiées à plis croisés antisymétriques  $[0^\circ/90^\circ]$  sous un chargement variable linéairement et sous-estime la même contrainte pour les plaques stratifiées à plis croisés symétriques  $[0^\circ/90^\circ/0^\circ]$ , pour les deux rapports d'éclatement par rapport à la solution exacte. La théorie classique (CPT) et la théorie (FSDT) sous-estiment le déplacement transversal et la contrainte normale. La théorie actuelle surestime la contrainte normale dans le plan de 1,80% pour une plaque stratifiée à plis croisés  $[0^\circ/90^\circ]$  pour ( $a/h = 10$ ).

Les contraintes de cisaillement dans le plan obtenues par la théorie actuelle et la de théorie de Reddy sont en bon accord par rapport aux autres théories. On observe aussi que la présente théorie et la théorie de Reddy sous-estiment les contraintes de cisaillement transversal obtenues à l'aide des relations constitutives par rapport à celles de la solution exacte.

**Tableau IV.3 :** Comparaison de déplacement transversal adimensionnel ( $\bar{w}$ ), contraintes normales ( $\bar{\sigma}_x, \bar{\sigma}_y$ ), contrainte de cisaillement dans le plan  $\tau_{xy}$  et les contraintes de cisaillement transversal adimensionnelles ( $\tau_{xz}, \tau_{yz}$ ) pour une plaque stratifiée carrée simplement appuyée soumise à charge variable linéairement.

Couches	$a/h$	Théories	$\bar{w}$ $z = 0$	$\bar{\sigma}_x$ $z = -h/2$	$\bar{\sigma}_y$ $z = -h/2$	$\bar{\tau}_{xy}$ $z = -h/2$	$\bar{\tau}_{xz}$ $z = 0$	$\bar{\tau}_{yz}$ $z = 0$
0°/90°	4	Present	1.4992	0.6301	0.0697	0.0552	0.2983	0.2983
		HSDT [8]	1.5353	0.6345	0.0657	0.0535	0.3017	0.3017
		FSDT [1]	1.5041	0.5318	0.0629	0.0496	0.2387	0.2387
		CPT [30]	0.8478	0.5381	0.0635	0.0467	---	---
		Elasticité[26]	1.5790	0.5920	0.0795	---	0.3235	0.3235
	10	Present	0.9535	0.5528	0.0653	0.0489	0.3334	0.3334
		HSDT [8]	0.9587	0.5524	0.0637	0.0488	0.3295	0.3295
		FSDT [1]	0.9525	0.5267	0.0632	0.0480	0.2424	0.2424
		CPT [30]	0.8478	0.5381	0.0635	0.0467	---	---
		Elasticité[26]	0.9660	0.5430	0.0650	---	0.3510	0.3510
0°/90°/0°	4	Present	1.4467	0.5171	0.0569	0.0548	0.1788	0.2180
		HSDT [8]	1.4545	0.5088	0.0515	0.0546	0.1765	0.2213
		FSDT [1]	1.1769	0.3273	0.0426	0.0368	0.1143	0.1709
		CPT [30]	0.3330	0.4038	0.0154	0.0213	---	---
		Elasticité[26]	1.5219	0.5614	0.0619	---	0.2214	0.2433
	10	Present	0.5477	0.4218	0.0255	0.0297	0.2304	0.1734
		HSDT [8]	0.5450	0.4198	0.0241	0.0296	0.2205	0.1722
		FSDT [1]	0.4821	0.3860	0.0221	0.0258	0.1265	0.1317
		CPT [30]	0.3330	0.4038	0.0154	0.0213	---	---
		Elasticité[26]	0.5769	0.4354	0.0264	---	0.3139	0.2005

#### IV.4. Conclusions

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats numériques de l'analyse statique du comportement en flexion des plaques composites stratifiées à empilements croisés symétriques et antisymétriques en utilisant la théorie de déformation de cisaillement d'ordre élevé à six variables qui tient en considération la composante de déformation normale suivant la direction d'épaisseur de la plaque et qui néglige la présence d'un facteur de correction de cisaillement.

Le champ de déplacement dans le plan a été employé en utilisant une fonction trigonométrique en fonction de coordonnée d'épaisseur afin d'inclure l'effet de la déformation de cisaillement transversal. La cinématique de la présente théorie est beaucoup plus riche que celles des autres théories de déformation de cisaillement d'ordre supérieur, en faisant intervenir la déformation normale et les contraintes de cisaillement transversal suivant les coordonnées de l'épaisseur ( $z$ ). Les résultats obtenus sont commentés et comparés avec d'autres disponibles dans la littérature. Enfin on peut conclure que la théorie actuelle est précise et efficace pour analyser le comportement statique des plaques en matériau composite stratifié à séquence d'empilement croisé.