

## **Introduction générale**

Les progrès réalisés dans la technologie des matériaux composites a conduit à l'utilisation de plaques composites en tant que composants structuraux dans diverses applications d'ingénierie en raison des propriétés mécaniques supérieures de ces matériaux. Cependant, les effets de déformation de cisaillement deviennent plus prononcés dans ces structures en raison de faible module de cisaillement transversal par rapport au module d'extension dans le plan, lorsqu'elle est soumise à des charges transversales. Ceci nécessite l'analyse de la structure précise des plaques composites.

La théorie classique des plaques (CPT) est basée sur l'hypothèse selon laquelle les sections droites qui sont perpendiculaires à la fibre neutre avant déformation restent droites et perpendiculaires à la fibre neutre après déformation. Étant donné que la déformation de cisaillement transversal est négligée, l'approche de cette théorie fournit des résultats raisonnables uniquement pour les plaques minces et ne peut pas être appliquée à une plaque épaisse, dans lequel les effets de déformation de cisaillement sont plus importants. Les erreurs obtenues pour l'étude des problèmes de flexion et des contraintes sont très importantes pour les plaques fabriquées en matériau composite avancé en utilisant la théorie classique des plaques.

Mindlin [1] a développé un déplacement sur la base de la théorie de premier ordre des déformations de cisaillement (FSDT) qui est basé sur l'hypothèse que les lignes droites qui sont normales à la fibre neutre avant déformation restent droites, mais pas nécessairement normale à la fibre neutre déformée. Reissner [2, 3] a été le premier à fournir la théorie des plaques à base de contraintes cohérentes qui tient en compte les effets de déformation de cisaillement. Dans cette théorie, la répartition transversale des contraintes de cisaillement est supposée constante à travers l'épaisseur de la plaque, de même elle ne satisfait pas les conditions aux limites nulles sur les surfaces supérieure et inférieure de la plaque, à cet effet ont besoin d'utiliser le facteur de correction de cisaillement pour satisfaire les relations constitutives pour les contraintes de cisaillement transversal et les déformations de cisaillement.

Les limites de la théorie classique des plaques et la théorie du premier ordre des déformations de cisaillement stimulent le développement des théories de déformation de cisaillement d'ordre élevé afin d'éviter l'utilisation de facteurs de correction de cisaillement et pour obtenir la variation réaliste des contraintes et des déformations de cisaillement transversal à travers l'épaisseur des plaques. Krishna Murty [4, 5] a utilisé cette théorie pour l'analyse des poutres et des plaques. Lo et al. [6] a présenté une fonction de déplacement généralisé dans lequel les déplacements dans le plan ont été représentés jusqu'à polynômes cubiques en coordonnées d'épaisseur et hors du plan de déplacement jusqu'au deuxième ordre polynomial. Cette théorie contient onze inconnues. Savithri and Varadan [7] ont utilisé la fonction de déplacement de Krishna Murty pour l'analyse des plaques.

Reddy [8, 9] a simplifié la théorie de « Lo » en supposant un déplacement transversal constant et la distribution des contraintes de cisaillement transversal satisfaites les conditions aux limites nulles sur les surfaces supérieure et inférieure de la plaque sans l'ajout du facteur de correction de cisaillement, qui n'a pas été satisfaite dans la théorie de « Lo ». Doong et al. [10] ont utilisé la fonction de déplacement de « Lo » pour les vibrations et l'analyse de flambement des plaques. Dans toutes les théories au-dessus la plaque hétérogène est traitée comme une seule plaque monocouche équivalente. Soldatos [11] a développé la théorie de déformation de cisaillement hyperbolique pour l'analyse de flexion des plaques composites stratifiées. Kant et Swaminathan [12] ont présenté une solution analytique pour l'analyse statique des plaques composites sandwichs et stratifiés basés sur une théorie d'ordre élevé raffiné. Metin [13] a présenté l'étude comparative des différentes théories de déformation de cisaillement pour la flexion et le flambement des plaques composites. Karama et al. [14] ont proposé une théorie de déformation de cisaillement exponentielle des plaques qui est sous forme d'une nouvelle théorie modifiée de la déformation de cisaillement développée par Metin. Analyse de la courbure des panneaux stratifiés antisymétriques et sandwichs avec un noyau mou ont été présentés par Brischetto et al. [15]. Des modèles d'éléments finis basés sur une amélioration de la théorie des plaques d'ordre élevé en modèle de zigzag sont développés par Pandit et al. [16] et Chalak et al. [17] pour l'analyse de flexion et de vibration libre des plaques de verre constituées par un noyau mou. Sahoo et Singh [18] ont proposé une nouvelle théorie hyperbolique de déformation de cisaillement pour les plaques composites sandwichs et stratifiés. Un modèle d'étude de contraintes basé sur l'approche par couche a été présenté par Thai et al. [19], pour l'analyse de flexion des plaques composites stratifiées et sandwichs.

Shimpi et Ghugal [20] ont présenté la théorie de déformation de cisaillement trigonométrique par couche pour l'analyse de la flexion des plaques en matériaux composites stratifiés à deux couches et à plis croisés. Cependant, l'effet de la déformation normale transversale ne tient pas en considération dans la théorie, néanmoins cette théorie est applicable uniquement aux plaques stratifiées à deux couches. Ghugal et Kulkarni [21] ont appliqué la théorie de la déformation de cisaillement trigonométrique sans tenir compte de l'effet de la déformation normale transversale pour l'analyse de la contrainte thermique des plaques stratifiées à séquence d'empilement croisé. Mantari et al. [22] ont développé une nouvelle théorie de déformation de cisaillement trigonométrique pour les plaques isotropes, composites stratifiées et sandwichs.

Ghugal et Sayyad [23] ont développé une nouvelle théorie de la déformation de cisaillement trigonométrique qui inclut les effets de déformation de cisaillement transversal et la contrainte normale transversale. La théorie est différente de la théorie des déformations de cisaillement trigonométrique de Stein [24], dans laquelle les contraintes de cisaillement dans les bords libres au niveau des surfaces supérieures et inférieures des plaques ne sont pas satisfaites, alors que ces conditions sont satisfaites dans la théorie proposée. La théorie actuelle est également différente aux autres théories d'ordre supérieur; parce que l'effet de la déformation de cisaillement transversal est inclus ce qui n'est pas évalué par les autres chercheurs. La théorie est initialement appliquée pour l'analyse statique et la vibration libre des plaques isotropes, qui est ensuite avec succès prolongé à l'analyse des plaques orthotropes [24]. Sayyad et Ghugal ont également appliqué cette théorie pour l'analyse de flexion des poutres stratifiées à plis croisés soumises à divers cas de chargement et en outre appliqués à des plaques composites sandwichs et stratifiées [25]. Cette théorie a été également appliquée pour l'analyse de flambement des plaques rectangulaires stratifiées. Il est plus important d'évaluer l'effet de la déformation de cisaillement transversal à travers l'épaisseur en fonction de la charge appliquée sur les bords de la plaque.

Dans la présente étude, une théorie de déformation de cisaillement trigonométrique (TSDT) est appliquée pour l'analyse de flexion statique des plaques composites stratifiées sous chargement sinusoïdale, uniformément répartie et variable linéairement. Les résultats de la théorie actuelle sont comparés avec d'autres théories de déformation de cisaillement d'ordre élevé et de la solution exacte d'élasticité donnée par Pagano.