

Résumé

Dans cette étude, la première partie est réservée à La stabilité thermique du nitrure de bore et de nanotube de carbone à une seule paroi en développant une nouvelle théorie de déformation de cisaillement de premier ordre intégrale, la structure est considérée comme une poutre circulaire creuse, les équations d'équilibre non locales sont déterminées à l'aide du principe du travail virtuel. Les résultats de la température critique de flambement sont comparés à ceux trouvés dans la littérature, plusieurs études paramétriques sont présentées et discutées en détail pour montrer les effets de la déformation de cisaillement transversal et du paramètre à petite échelle sur la température critique de flambement du SWBNNT et du SWCNT.

La deuxième partie s'est concentrée sur l'analyse du comportement dynamique et de la flexion des microtubules. Les microtubules (MT_s) peuvent être considérés comme des structures bio-composites qui sont des éléments du cytosquelette dans les cellules eucaryotes et possèdent des rôles considérables dans les activités cellulaires. Ils ont des caractéristiques mécaniques élevées telles qu'une flexibilité et une rigidité supérieures. Dans le but de modéliser les microtubules selon un élément de poutre creuse, un nouveau modèle sinusoïdale de poutre à une seule variable est proposé avec la conjonction de la théorie du gradient de déformation modifiée. L'avantage de ce modèle se trouve dans son nouveau champ de déplacement impliquant une seule inconnue comme la théorie des poutres d'Euler-Bernoulli, qui est encore moins que la théorie des poutres de Timoshenko. Les équations du mouvement sont construites en considérant le principe d' Hamilton. Les résultats obtenus sont validés en les comparants à ceux donnés sur la base de la théorie des poutres de déformation de cisaillement d'ordre élevée contenant un nombre de variables important. Une étude paramétrique est établie pour examiner les impacts de la déformation de cisaillement, du coefficient de longueur d'échelle, du rapport d'aspect et du rapport du module de cisaillement sur les comportements dynamiques et de la flexion des microtubules. On remarque que lorsque les coefficients d'échelle de longueur sont presque identiques au diamètre extérieur des MT, le comportement dépendant de la microstructure devient plus important.

Mots clés : Stabilité thermique ; FSDT intégrale ; SWBNNT ; SWCNT ; Microtubules ; La théorie du gradient de déformation modifié ; Théorie de poutre à une seule variable ; Flexion ; Vibration.

Abstract

Abstract

In this investigation, the first part is reserved for the thermal stability of single-walled boron nitride and carbon nanotube by developing an integral first order shear deformation theory, the structure is considered as a hollow circular beam, the non-local equilibrium equations are determined using the principle of virtual work. The results of the critical buckling temperature are compared with those found in the literature. Several parametric studies are presented and discussed in detail to show the effects of the transverse shear deformation and the small scale parameter on the critical buckling temperature of the SWBNNT and SWCNT.

The second part focused on the analysis of the dynamic and bending behaviors of isolated protein microtubules. Microtubules (MTs) can be considered as bio-composite structures that are elements of the cytoskeleton in eukaryotic cells and possess considerable roles in cellular activities. They have higher mechanical characteristics such as superior flexibility and stiffness. In the modeling purpose of microtubules according to a hollow beam element, a novel single variable sinusoidal beam model is proposed with the conjunction of modified strain gradient theory. The advantage of this model is found in its new displacement field involving only one unknown as the Euler-Bernoulli beam theory, which is even less than the Timoshenko beam theory. The equations of motion are constructed by considering Hamilton's principle. The obtained results are validated by comparing them with those given based on higher shear deformation beam theory containing a higher number of variables. A parametric investigation is established to examine the impacts of shear deformation, length scale coefficient, and aspect ratio and shear modulus ratio on dynamic and bending behaviors of microtubules. It is remarked that when length scale coefficients are almost identical of the outer diameter of MTs, microstructure-dependent behavior becomes more important.

Keywords: Thermal stability; integral FSDT; SWBNNT; SWCNT; Microtubules; Modified strain gradient theory; Single variable beam theory; Bending; Vibration.

ملخص

ملخص

في هذا البحث، تم حيز الجزء الأول للانبعاج الحراري لنتريد البورون أحادي الجدار والأنبوب النانوي الكربوني من خلال تطوير نظرية جديدة لتشوه القص من الدرجة الأولى المتكاملة، ويعتبر الهيكل بمثابة عارضة دائرية مجوفة، ويتم تحديد معادلات التوازن غير المحلية باستخدام مبدأ العمل الافتراضي. تتم مقارنة نتائج درجة الحرارة الحرجة للانبعاج مع تلك الموجودة من قبل. تم تقديم العديد من الدراسات للعوامل ومناقشتها بالتفصيل لإظهار تأثيرات تشوه القص وعامل الحجم الصغير على درجة الحرارة الحرجة للانبعاج لنتريد البورون أحادي الجدار والأنبوب النانوي الكربوني.

يركز الجزء الثاني على تحليل السلوك الديناميكي والانحناء لأنابيب البروتين المعزولة. يمكن اعتبار الأنابيب الدقيقة هياكل مركبة بيولوجية التي تعتبر عناصر من الهيكل الخلوي في الخلايا حقيقية النواة ولها أدوار كبيرة في الأنشطة الخلوية. لديهم خصائص ميكانيكية أعلى مثل المرونة والصلابة الفائقة. في غرض النمذجة لأنابيب الدقيقة وفقاً لعنصر العارضة المجوفة، تم اقتراح نموذج جديد للعوارض جيبية بمتغير واحد مع اقتران نظرية تدرج التشوه المعدل. تم العثور على ميزة هذا النموذج في حقل النزوح الجديد الذي يتضمن مجهول واحداً فقط مثل نظرية العوارض لأويلر-برنولي، وهو أقل من نظرية عوارض تيموشينكو. يتم بناء معادلات الحركة من خلال مبدأ هاملتون. يتم التحقق من صحة النتائج التي تم الحصول عليها من خلال مقارنتها مع تلك المعطاة بناءً على نظرية تشوه القص الأعلى التي تحتوي على عدد أكبر من المتغيرات. تم إجراء دراسة العوامل لفحص تأثيرات تشوه القص ومعامل مقياس الطول ونسبة العرض إلى الارتفاع ونسبة معامل القص على السلوكيات الديناميكية والانحناء لأنابيب الدقيقة. من الملاحظ أنه عندما تكون معاملات مقياس الطول متطابقة تقريباً مع القطر الخارجي للأنابيب البروتين المعزولة، يصبح السلوك المعتمد على البنية المجهرية أكثر أهمية.

الكلمات الرئيسية: الاستقرار الحرار؛ نظرية تشوه القص درجة اولى المتكاملة؛ لنتريد البورون أحادي الجدار؛ الأنبوب النانوي الكربوني؛ الأنابيب الدقيقة البروتينية؛ نظرية تدرج التشوه المعدلة؛ نظرية العوارض بمتغير واحد فقط؛ الانحناء؛ اهتزاز.

Table des matières

Tables des matières

Remerciements	i
Dédicace	ii
Résumé	iii
Abstract	iv
ملخص	v
Table des matières	vi
Liste des figures	ix
Liste des tableaux	x
Liste des abréviations	xi
Liste des notations et symboles	xii
Introduction générale	01
CHAPITRE I : Généralités sur les nanotubes de carbone	07
I.1. Introduction	08
I.2. Les nanocarbone	09
I.3. Structure géométrique des nanotubes de carbone	10
I.4. Voie de synthèse des nanotubes de carbone	11
I.4.1. Voie de synthèse à haute température	11
I.4.2. Voie de synthèse à moyenne température	14
I.5. Purification des NTC	17
I.6. Propriétés des nanotubes de carbone	17
I.6.1. Propriétés électriques	17
I.6.2 Propriétés mécaniques	18
I.6.3. Propriétés thermiques	19
I.6.4. Propriétés d'émission de champ	19
I.6.5. Propriétés chimiques	20
I.7. Applications	21
I.8 Toxicité des NTC et son contrôle	22
I.9. Conclusion	23

CHAPITRE II : <i>Les microtubules</i>	24
II.1. Introduction	25
II.2. Les microtubules	26
II.2.1. Découverte des microtubules	26
II.2.2. Structure des microtubules	27
II.2.3. L'assemblage des microtubules in vitro	28
II.2.4. Dynamique des microtubules in vivo	30
II.2.5. Rôles des microtubules	30
II.2.6. L'instabilité dynamique	31
II.2.7. Propriétés mécaniques des microtubules	32
II.3. Conclusion	34
CHAPITRE III : <i>Etude bibliographique sur les méthodes de monocouches équivalentes</i>	35
III.1. Introduction	36
III.2. Les modèles analytiques des monocouches équivalentes	36
III.2.1. Le modèle d'Euler Bernoulli (EBT)	36
III.2.1.1 Hypothèses de base (EBT)	36
III.2.1.2 Cinématique et déformation (EBT)	37
III.2.2. Le modèle de déformation de cisaillement de premier ordre (Timoshenko)	38
III.2.2.1 Hypothèses de base de la théorie de déformation de cisaillement de 1 ^{er} ordre (FSDT)	38
III.2.2.2 Cinématique et déformation (FSDT)	39
III.2.3. La théorie de déformation en cisaillement d'ordre élevé (HSDT)	42
III.2.3.1 Hypothèses de base (HSDT)	42
III.2.3.2 Cinématique et déformation (HSDT)	43
III.3. Conclusion	47
CHAPITRE IV : <i>Etude de la stabilité des nanotubes de carbone et de nitrure de bore en utilisant une nouvelle I-FSDT</i>	48
IV.1. Introduction	49
IV.2. Etude de la stabilité thermique des SWBNNTs et SWCNTs	49
IV.2.1. Propriétés mécaniques des SWCNTs et SWBNNTs	49
IV.2.2. Champ de déplacement I-FSDT	50
IV.2.3. Relations constitutives	50
IV.2.4. Les équations non locales d'équilibre	51

IV.2.5. Solutions analytiques	53
IV.2.6. Résultats et discussions	54
IV.2.7. Flambement des SWBBNTs	54
IV.2.8. Flambement des SWCNTs	57
IV.2.9. Conclusion	60
CHAPITRE V : <i>Analyse du comportement statique et dynamique des microtubules en utilisant SVSBT</i>	61
V.1. Introduction	62
V.2. La théorie modifiée du gradient de déformation d'élasticité	62
V.3. Formulation de la théorie des poutres sinusoïdale à une seule variable (SVSBT)	64
V.4. Solution analytique	69
V.4.1. Analyse de la flexion	69
V.4.2. Analyse de la vibration libre	70
V.5. Résultats et discussion	70
V.6. Conclusion	76
Conclusion générale	79
Références bibliographiques	82