

Chapitre 1

Modèles pour le comportement dans le plan des tissus et composites tissés

1.1 Introduction

Un tissu et un composite tissés peuvent être décrit comme une structure architecturée qui résulte d'un assemblage de filaments dans le sens chaîne et trame

Des études expérimentales CAO et al. 2008 ; LAUNAY et al. 2008 ont mis en évidence les phénomènes mécaniques qui gouverne le comportement dans le plan de la structure, on peut citer :

- La non linéarité, l'anisotropie et le réarrangement des filaments sens chaîne et trame en grandes déformation (les directions chaîne et trame deviennent non orthogonale)
- Frottement, hystéries
- La différence de quantité des filaments dans le sens chaîne et trame (un tissu ou un composite tissés ne sont pas forcément équilibrés)
- Le couplage tension cisaillement dans le plan
- L'apparition des plis lors de la mise en forme notamment pour les formes non développables

1.2 Les différentes modèles macroscopiques concurrent à notre modèle **hyperélastique anisotrope**

Que les modèles qui prennent en compte la réorientation des directions chaîne et trame dans les tissus et composites tissés ont étaient sélectionnés car ils sont les plus compétitifs au modèle qu'on propose.

Le modèle qu'on propose est hyperélastique anisotrope qui prédit la réorientation des directions sens chaîne et trame (grâce l'introduction de la base duale dans la formulation

de la relation contraintes déformation) et caractérise les tissus équilibrés et non équilibrés (grâce à la pondération des potentiels sens chaîne et trame par la fraction massique)

1.2.1 Modèles hypoélastiques et hyperélastique approche continu

BERNSTEIN 1960 et XIAO, BRUHNS et MEYERS 1998 deux articles de référence dans le développement des lois hypoélastiques (problème d'objectivité de la loi de comportement)

Philippe BOISSE et al. 2010 ont comparé trois modèles dont un hypoélastique et un autre hyperélastique anisotrope, PENG et CAO 2005 ; KHAN et al. 2010 et FREED, EINSTEIN et SACKS 2010 ont proposé des lois macroscopiques Hypoélastique anisotrope qui peuvent décrire la réorientation des fibres chaîne trame

Points positifs

- Prédire la réorientation des fibres
- Reproduit une rigidité de cisaillement non linéaire

Points négatifs

- Ne dérive pas d'un potentiel élastique pour les modèles Hypoélastique
- Ne prédit pas les plis pour les deux modèles
- Pas de couplage cisaillement tension
- Pas de dissipation
- Que pour les tissus équilibrés

1.2.2 Modèle semi-discret

HAMILA et al. 2009 ; P. BOISSE et al. 2011 ont développé des éléments finis ayant de forme triangulaire renforcé par des cellules unitaires tissées qui ont un comportement en traction dans les deux sens chaîne et trame, un comportement en cisaillement dans le plan et une rigidité en flexion hors plan pour capturer les plis.

Points positifs

- très adapté pour la mise en forme
- Capable de reproduire les plis

Points négatifs

- pas de loi de comportement
- Pas de potentiel élastique

- Pas de couplage tension cisaillement
- très coûteux
- Que pour les tissus équilibrés

1.2.3 Modèles non-orthogonaux macroscopiques basé sur l'homogénéisation d'un VER à l'échelle méso-scopiques

PENG et CAO [2002](#); EROL, POWERS et KEEFE [2017](#) modèles développés pour caractériser les tissus anisotropes en grandes déformation dans laquelle comportement du tissu est décrit en se servant de l'actualisation de la matrice de rigidité à chaque point d'intégration.

Points positifs

- Caractérise les tissus anisotropes en grandes déformation (grâce à la formulation mathématique rigoureuse)

Points négatifs

- Ne dérive pas d'un potentiel
- Pas de frottement ni d'hystéries
- Que pour les tissus équilibrés

1.2.4 Modèle couplé tension cisaillement dans le plan

C'est en 2008 que LAUNAY et al. [2008](#) a mis en évidence le couplage tension cisaillement dans le plan, des modèles P. BOISSE et al. [2011](#); KOMEILI et MILANI [2016](#) ont étaient proposé par la suite en incluant ce couplage, utilisation proposition des eEF ayant une rigidité en flexion des vfabric d'abaqus

Points positifs

- Peuvent décrire les plis du au instabilité
- Caractérise les tissus anisotropes en grandes déformations

Points négatifs

- Ne dérivent pas d'un potentiel
- Pas de frottement ni d'hystéries
- Que pour les tissus équilibrés

1.3 D'autres modèles

1.3.1 Modèle analytiques homogénéisation d'un RVE, ou par minimisation des potentiels élastiques

REALFF, BOYCE et BACKER 1997 un modèles qui utilisent d'un RVE (un motif élémentaire d'un tissu pour) pour calculer les propriétés effective du tissu à l'échelle macroscopique CHAOUACHI, RAHALI et GANGHOFFER 2014 un modèle analytique qui utilise la minimisation de l'énergie

Points positifs

- Permet de mettre en déviance les phénomènes qui entre en jeu dans le comportement dans le plan d'un tissu
- Permet de trouver la rigidité de la structure à l'échelle macroscopique sans faire d'essais expérimentaux

Points négatifs

- Modèle mésoscopique qui coutent chère en temps de calcul si on veut simuler toute la structure
- Que pour les tissus équilibrés ou a motifs répétable

References

- EROL, Ozan, Brian M. POWERS et Michael KEEFE (2017). "Development of a non-orthogonal macroscale material model for advanced woven fabrics based on mesoscale structure". In : *Composites Part B-engineering*.
- KOMEILI, Mojtaba et Abbas S. MILANI (2016). "On effect of shear-tension coupling in forming simulation of woven fabric reinforcements". In : *Composites Part B-engineering*.
- CHAOUACHI, Frej, Yosra RAHALI et Jean-François GANGHOFFER (2014). "A micromechanical model of woven structures accounting for yarn–yarn contact based on Hertz theory and energy minimization". In : *Composites Part B-engineering*.
- BOISSE, P. et al. (2011). "Simulation of wrinkling during textile composite reinforcement forming. Influence of tensile, in-plane shear and bending stiffnesses". In : *Composites Science and Technology*. DOI : [10.1016/J.COMPSCITECH.2011.01.011](https://doi.org/10.1016/J.COMPSCITECH.2011.01.011).
- BOISSE, Philippe et al. (2010). "Hypoelastic, hyperelastic, discrete and semi-discrete approaches for textile composite reinforcement forming". In : *International Journal of Material Forming*.
- FREED, Alan D., Daniel R. EINSTEIN et Michael S. SACKS (2010). "Hypoelastic Soft Tissues : Part II : In-Plane Biaxial Experiments." In : *Acta Mechanica*.
- KHAN, Aurangzeb et al. (2010). "Numerical and experimental analyses of woven composite reinforcement forming using a hypoelastic behaviour : Application to the double dome benchmark". In : *Journal of Materials Processing Technology*. DOI : [10.1016/J.JMATPROTEC.2009.09.027](https://doi.org/10.1016/J.JMATPROTEC.2009.09.027).
- HAMILA, Nahiene et al. (2009). "A semi-discrete shell finite element for textile composite reinforcement forming simulation". In : *International Journal for Numerical Methods in Engineering*.
- CAO, Jian et al. (2008). "Characterization of mechanical behavior of woven fabrics : Experimental methods and benchmark results". In : *Composites Part A-applied Science and Manufacturing*.
- LAUNAY, Jean et al. (2008). "Experimental analysis of the influence of tensions on in plane shear behaviour of woven composite reinforcements". In : *Composites Science and Technology*. DOI : [10.1016/J.COMPSCITECH.2007.06.021](https://doi.org/10.1016/J.COMPSCITECH.2007.06.021).

- PENG, Xiongqi et Jian CAO (2005). "A continuum mechanics-based non-orthogonal constitutive model for woven composite fabrics". In : *Composites Part A-applied Science and Manufacturing*. DOI : [10.1016/J.COMPOSITESA.2004.08.008](https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITESA.2004.08.008).
- (2002). "A dual homogenization and finite element approach for material characterization of textile composites". In : *Composites Part B-engineering*.
- XIAO, Heng, O. T. BRUHNS et A. MEYERS (1998). "On objective corotational rates and their defining spin tensors". In : *International Journal of Solids and Structures*.
- REALFF, M., M. BOYCE et S. BACKER (1997). "A Micromechanical Model of the Tensile Behavior of Woven Fabric". In.
- BERNSTEIN, Barry (1960). "Hypo-elasticity and elasticity". In : *Archive for Rational Mechanics and Analysis*.