

Modélisation discrète de structures tissées, lien entre les propriétés microscopiques et macroscopiques.

P. Bernard & M. Renouf
LaMCoS, INSA Lyon, France

Introduction

La modélisation de structures tissées est délicate et complexe. L'utilisation des éléments finis, qui reste l'approche la plus répandue [1], permet de décrire les tissus à l'échelle d'un fil (ensemble de fibres)[2] mais ne permet pas de décrire convenablement les sous-structures filaires et, dans le cas de tissus utilisés pour la lubrification solide, ne permet pas de décrire l'usure de ces tissus.

Dans ce contexte, une approche discrète s'avère donc plus appropriée, d'autant plus qu'elle permet de conserver une compréhension plus physique du problème. En effet, en représentant la matière non plus comme un ensemble de points de l'espace (associés à des propriétés), mais comme un ensemble d'éléments de matière, il est possible de mieux apprécier comment la matière réagit et se déforme. Par ailleurs, l'usure est plus facile à prendre en compte : il suffit de détacher du volume un simple élément pour enlever de la matière, sans la supprimer, tout en continuant à suivre son évolution dans le système.

Cependant, le problème sous-jacent est de connaître le lien existant entre les propriétés mécaniques macroscopiques, mesurées en banc d'essai, et les valeurs des paramètres qu'il faut injecter dans le modèle, au niveau microscopique, pour reproduire ces propriétés.

Basé sur un cas d'étude industriel, nous proposons ici de détailler la méthodologie utilisée en se basant sur l'approche NSCD [3] largement utilisée dans la modélisation de milieux discrets plus ou moins complexes [4,5].

Méthodologie

L'idée de la modélisation discrète des tissus est de commencer par représenter les fils par des chapelets de billes. On relie les billes entre elles par des liaisons élastiques, dont on peut choisir les propriétés mécaniques (raideur élastique, contrainte maximum de traction, cisaillement) et on définit un coefficient de frottement entre chacune des billes pour représenter le frottement des fils entre eux.

L'étape de préprocessing est une part importante dans ce type d'étude. La construction d'un échantillon consiste à reproduire le tissage des fils les uns avec les autres en plaçant correctement dans l'espace les différents éléments du modèle. On reproduit le schéma éclaté des fils, puis on vient les tendre sous l'effet de leur propre pré-tension élastique. Durant cette phase, on ne s'intéresse réellement qu'à la mise en place des billes, et non aux propriétés mécaniques réelles des fils. Une fois les fils placés correctement dans l'espace (on compare avec des observations tomographiques du tissu déjà existant), on remplace les fils monofilamentaires par des fils plurifilamentaires (Figure 1). En effet, les fils utilisés dans les structures tissées sont constitués de plusieurs monofilaments (les fibres). Il faut ensuite réaliser une dernière phase de préparation, au cours de laquelle on utilise la pré-tension des fibres (et non plus des fils), afin que les fils plurifilamentaires remplaçant les fils monofilamentaires prennent leur place correctement dans l'espace (en coupe, les fils dans les tissus ne sont pas des cercles, mais des ellipses, Figure 2).

Le coefficient de frottement est le même qu'on se place à l'échelle des fils (macroscopique) ou à l'échelle des billes (microscopique). En revanche, les raideurs microscopiques et macroscopiques sont différentes et sont donc à évaluer. En effet, si l'on s'intéresse à un fil de matière, il possède une raideur élastique donnée. Si l'on s'intéresse à notre chapelet de billes, il est en réalité une succession de ressorts et de masselottes; la matière n'est plus continument répartie le long de notre fil, mais disposée à intervalles réguliers, dans les billes. La réaction en traction de ces chapelets n'est donc pas simplement la même que celle d'un fil, et le choix de la raideur de nos petits ressorts reste à étudier.

Exemple

Dans les présents travaux, nous nous intéressons aux tissus lubrifiants, constitués d'un enchevêtrements de fils de deux composants. Le premier composant (C1) est là pour assurer une bonne lubrification et un coefficient de frottement le plus faible possible tandis que le second (C2) est là pour assurer le maintien de la structure. Dans un premier temps, la détermination des paramètres microscopiques (raideur, frottement, discrétisation spatiale, etc.) est effectuée afin de retrouver un comportement macroscopiques cohérent en procédant à différent essais mécaniques (traction, cisaillement, etc.). Ensuite des essais d'usure sont réalisés et les résultats discutés.

Figures

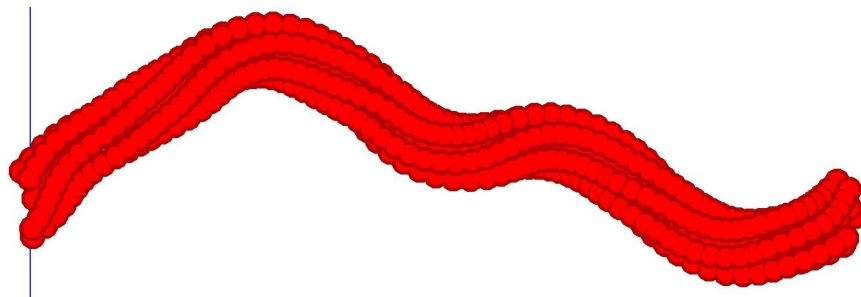


Figure 1 : Modélisation discrète d'un fil plurifilamentaire.

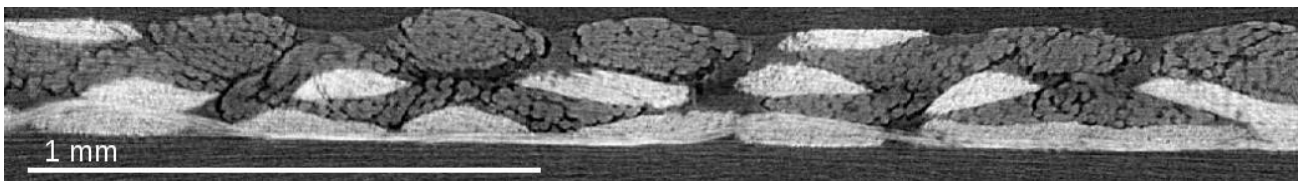


Figure 2 : Coupe tomographique du tissu de polissage. On voit bien la forme elliptiques des fils.

Références

- [1] P. Boisse, N. Hamila, P. Badel and E. Vidal-Salle. *Simulations éléments-finis de la déformation de textiles aux échelles macro et mésoscopique*, Mécanique & Industries, Volume 10, Numéro 1, 15-19, 2009.
- [2] D. Durville. *Finite Element Simulation of the Mechanical Behaviour of Textile Composites at the Mesoscopic Scale of Individual Fibers*, Computational Methods in Applied Sciences, Volume 8, 15-34, 2008
- [3] R. Laniel, O. Mouraille, S. Pagano, F. Dubois and P. Alart, *Numerical modelling of reinforced geomaterials by wires using the non smooth contact dynamics*, Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics, Volume 27, 289-296, 2006
- [4] M. Jean, V. Acary and Y. Monerie, *Non-smooth contact dynamics approach of cohesive materials*, Phil. Trans. R. Soc. Lond. A 2001 359, 2497-2518
- [5] M. Renouf, F. Dubois and P. Alart, *Numerical investigations of fault propagation and forced-fold using a non smooth discrete element method*, Rev. Eur. Method. Num., vol. 15, pp. 549-570, 2006.