



Modélisation mécanique des interactions cellulaires dans des matrices en 3D



Par Andreï Pissarenko

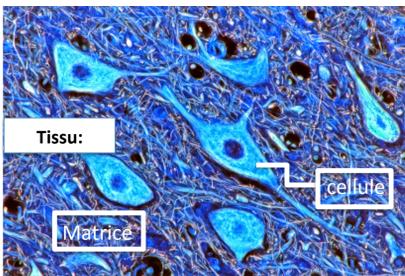
Objectif

Créer un **modèle éléments finis** représentatif du comportement d'un **groupe de cellules contractant dans une matrice en 3D** afin de mieux comprendre l'influence des **paramètres mécaniques** du tissu au niveau **local**.

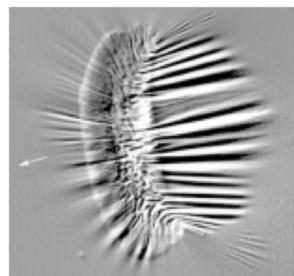
Outils: Abaqus, bibliographies.

Comprendre

ce qu'est un tissu et les phénomènes mécaniques et biochimiques en jeu.



Tissu cellulaire du cerveau humain.
Source: <http://newoptimists.com/>
Matrice: protéines fibreuses & macromolécules



Motile fish keratocyte on a wrinkling silicone substrate. Source: Flexible substrata for the detection of cellular traction forces
Karen A. Beninger et al.

La contraction serait un phénomène spontané permettant à la cellule de "sentir" son environnement.

Formuler

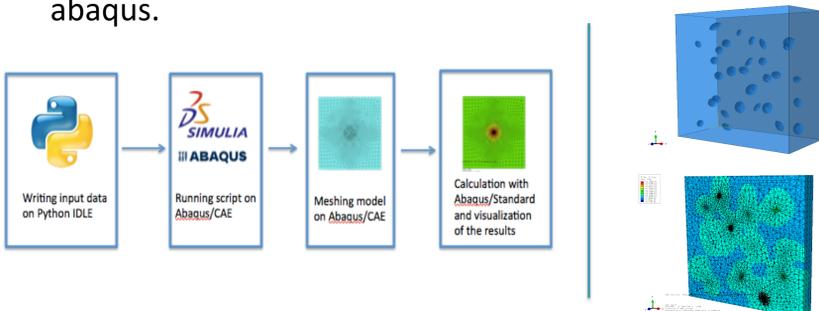
les hypothèses permettant de définir le modèle.

- ⊙ Contraction → Déformation thermique ϵ^T
- ⊙ Répartitions, dimensions, contractions: aléatoires.
- ⊙ Modélisation 2D plane ou 3D
- ⊙ CL périodiques
- ⊙ Cellules et/ou fibres incluses dans la matrice.

	Mat.	Forme	E	ν	ϵ^T
Cellule	Homogène linéaire élastique	Ellipsoïde	1 kPa	0.48	[-0.5;0]
Matrice	Homogène lin. élas. ou fibreuse	Rectangle	[0.1-100] kPa	0.48	0
Fibres (si matrice fibreuse)	Homogène linéaire élastique	Cylindres	100 kPa	0.48	0

Coder

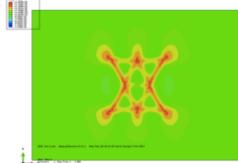
Un script python permettant de générer ces modèles sur abaqus.



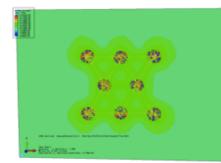
Interpréter

les résultats obtenus après calcul de la carte des déformations.

2D plan vs. 3D



8 contracting spheres in 2D



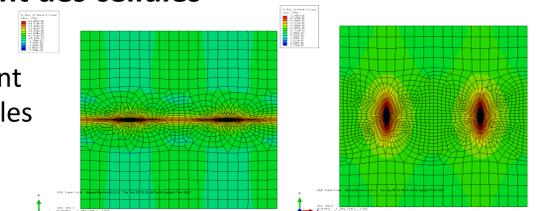
Planar cut of the same problem in 3D

Concentration des valeurs max. identique, valeurs proches, déformation plus prononcée en 2D plan.

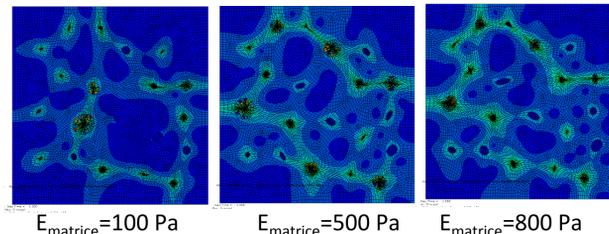
→ 2D plan peut servir de base, approfondie ensuite en 3D si besoin.

Influence de l'alignement des cellules

→ Certains alignements sont "stabilisants" et canalisent les déformations le long des extrémités.



Influence de la rigidité de la matrice

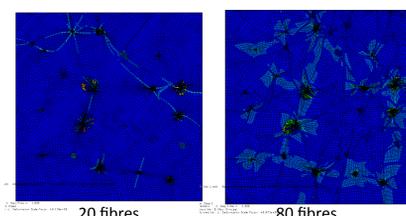
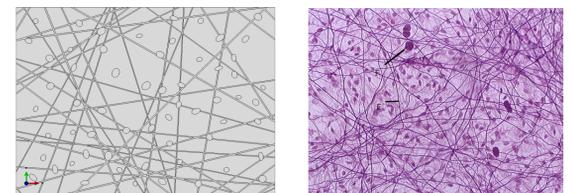


Cartes de déformations pour un même modèle, avec différentes rigidités

→ Communication intercellulaire renforcée dans des matrices plus rigides.

Influence de la densité de fibres

Création d'un script pour matrices fibreuses. A gauche: modèle issu du script 2D. A droite: microscopie d'un tissu conjonctif



→ Les fibres "canalisent" les déformations. Elles permettent de générer un réseau entre les cellules

Conclure

Création d'un **script** rendant la génération de **modèles facile, rapide et aisément paramétrable**. Une interface graphique rendrait son utilisation plus accessible

Nécessité d'**approfondir la validation de ces modèles** avec des résultats expérimentaux.

Affiner les modèles en tenant compte de phénomènes mécaniques comme **l'adhésion et/ou la migration**.

