

Relations structure-propriétés des matériaux composites à base de bois

Christine DELISEE – Patrick CASTERA – Jérôme MALVESTIO

Plan de la présentation

- Contextes et objectifs des travaux
- Matériaux à base de bois étudiés
- Outils pour l'observation, la caractérisation et la modélisation
- Etude des relations structure – propriétés
- Conclusion - Travaux prioritaires et perspectives

Contexte économique

- Développement et valorisation d'une ressource renouvelable : la biomasse forestière
- Valorisation de l'utilisation de fibres naturelles
- Partenariat soutenu avec les industries de la filière bois
- Optimisation des matières premières : réduction de la quantité de matière, optimisation des assemblages, ...
- Diversification possible de la matière première et des procédés

Contexte scientifique

- Etude des relations Procédés / Structure / Propriétés

Matériaux poreux hétérogènes, fibres enchevêtrées, fibres naturelles, fibres de bois

(GDR 3542 Mécanique multi-échelle des Milieux Fibreux)

- Utilisation de techniques d'imagerie non destructives

Développement des travaux liés à la microtomographie (3D) et à la stéréovision (2,5D)

Potentiel important de la mesure quantitative au cœur des matériaux

(GDR 2519 Mesures de Champs et Identification en Mécanique des Solides, GT 3 Microtomographie)

Objectifs

- Identification des relations Procédés / Structure / Propriétés

Propriétés contrôlées par les procédés d'élaboration et par les architectures des réseaux

- Optimisation couplée Procédés / Propriétés

Optimisation des propriétés de la matière première et des assemblages de fibres (liaisons)

- Amélioration / développement de nouveaux procédés et/ou produits

Matériaux étudiés

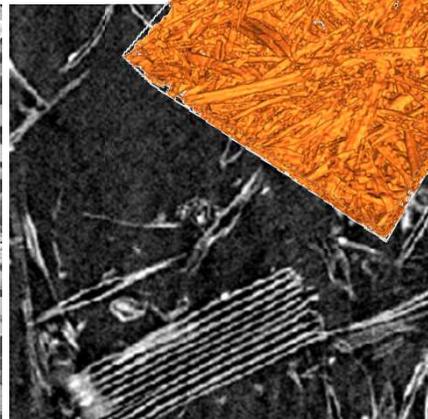
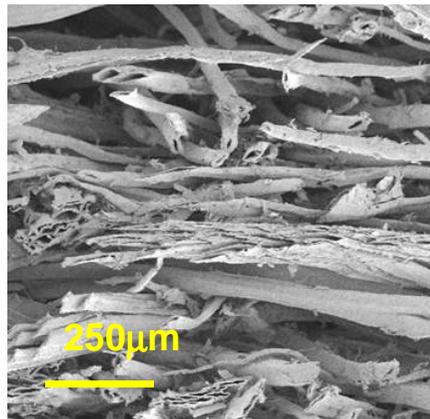
- Produits d'origine végétale (fibres de bois)

Matériaux d'usage courant, classiques vs innovants, optimisables

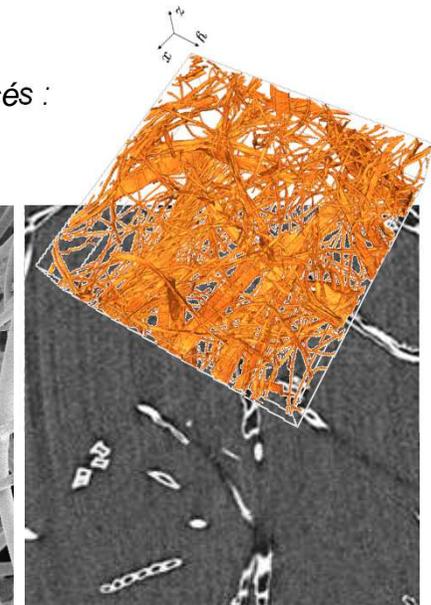
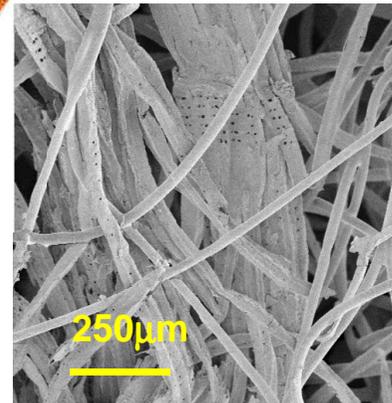
Variabilité aux différentes échelles, architecture complexe

Procédés secs : LDF, MDF, HDF

Procédés papetiers : papiers, feutres, isolants thermo-acoustiques

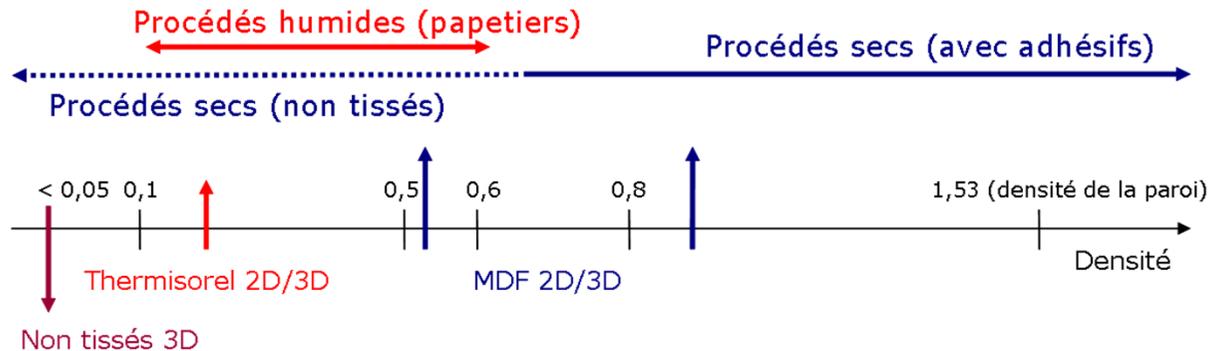


Procédés textiles non-tissés : isolants thermiques, ...



Matériaux étudiés

- Des fonctions liées aux procédés et à la densité



- Et des propriétés liées aux procédés ...

Densités macroscopiques ($0,04 \rightarrow 1,53$) et locales

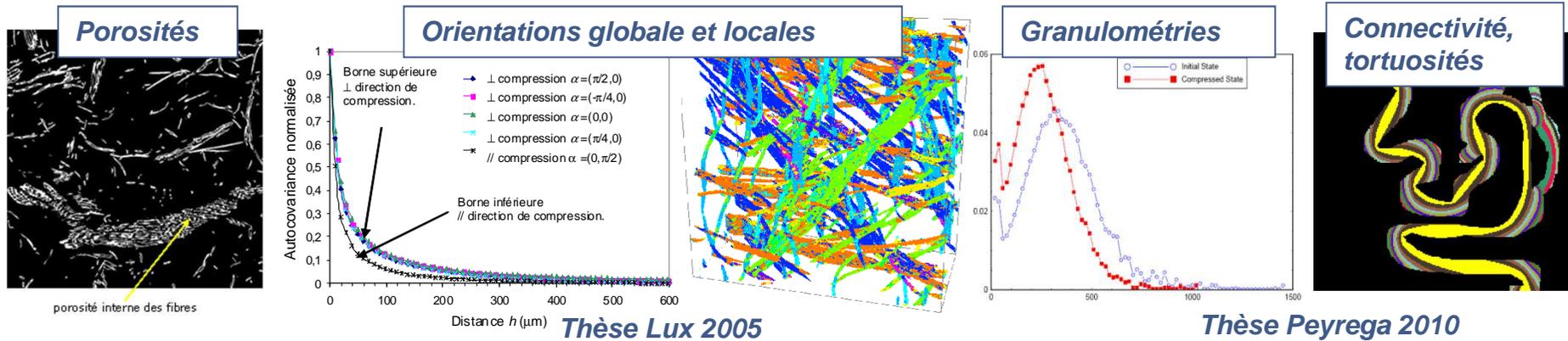
Propriétés intrinsèques des fibres

Architecture : orientation, tortuosité des fibres et pores, anisotropie

Nombre, répartition spatiale, nature des liaisons

Outils et méthodes

- Mesures quantitatives aux échelles micro / méso : μ CT
Morphologie et topologie des réseaux



Mesures sur fibres individuelles et populations segmentées



Outils et méthodes

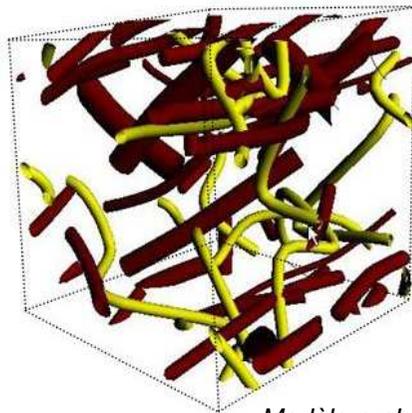
- Modélisation par des milieux aléatoires

Identification des modèles adaptés

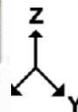
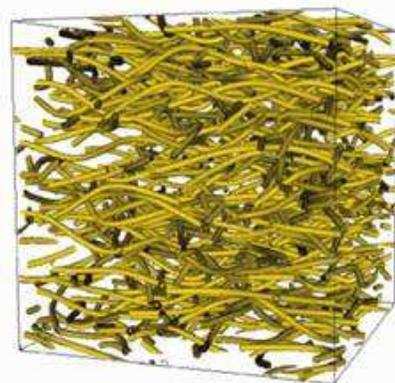
Ajustement des paramètres du modèle sur l'image

Validation des modèles par comparaison (mesures)

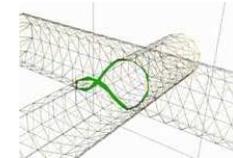
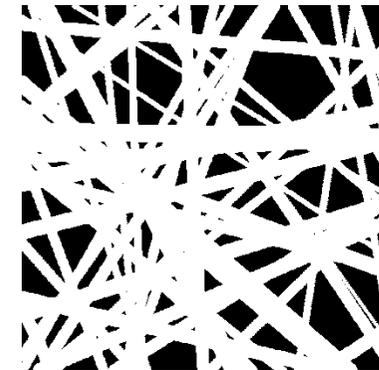
Extraction, modélisation des contacts



*Modèle probabiliste renseigné.
Thèse Faessel 2003*



*Modèles booléens paramétrés sur images.
Thèse Peyrega 2009. Coll. CMM*

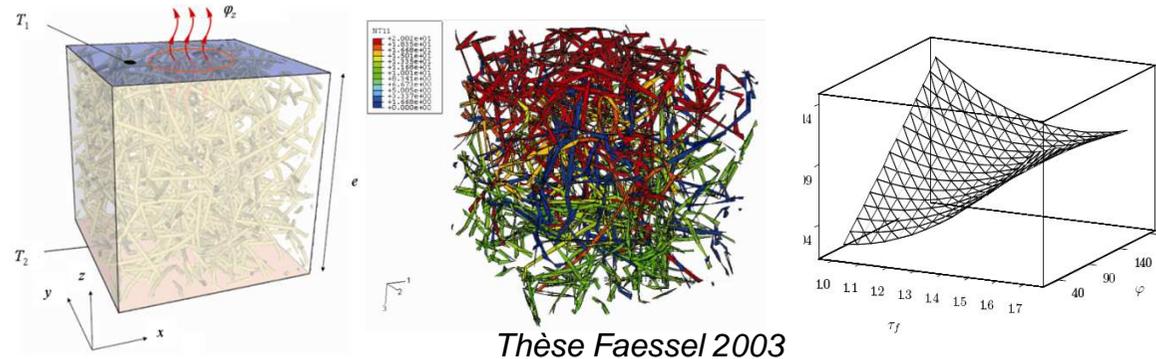


Relations structure - propriétés

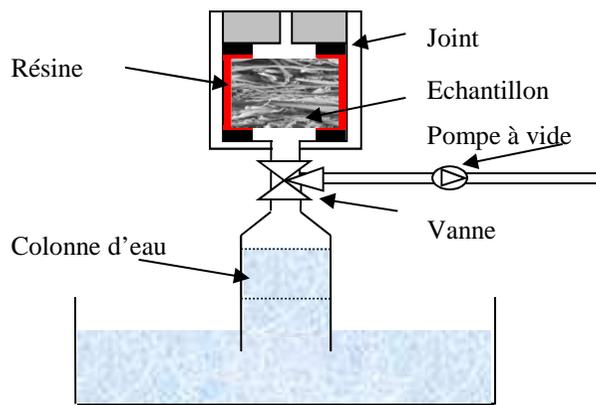
■ Morphologie et propriétés physiques / mécaniques

Conductivité thermique
simulée par EF (fibres)

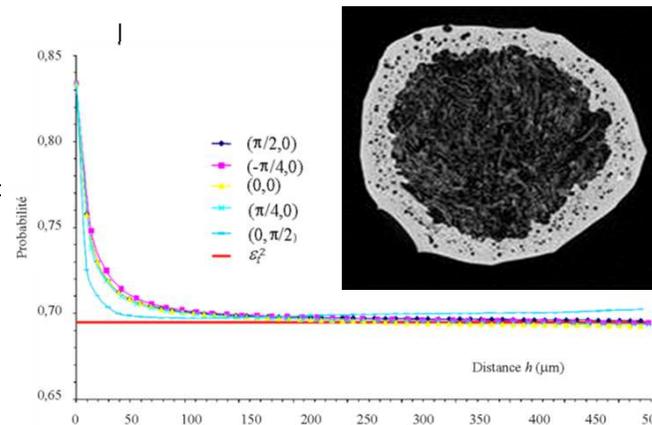
Variation des paramètres
d'entrée du modèle :
optimisation



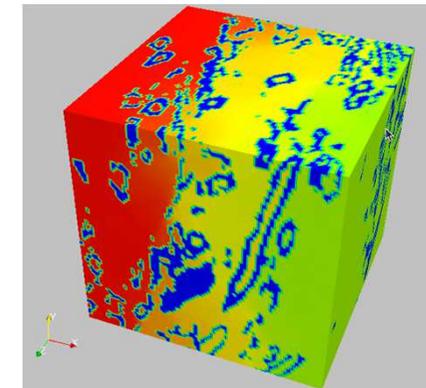
Perméabilité à l'air (pores) : résolution directe dans un VER (AIC INRA)



Mesures expérimentales



Mesures morphologiques X-Ray



Simulation numérique LEPTIAB

Relations structure - propriétés

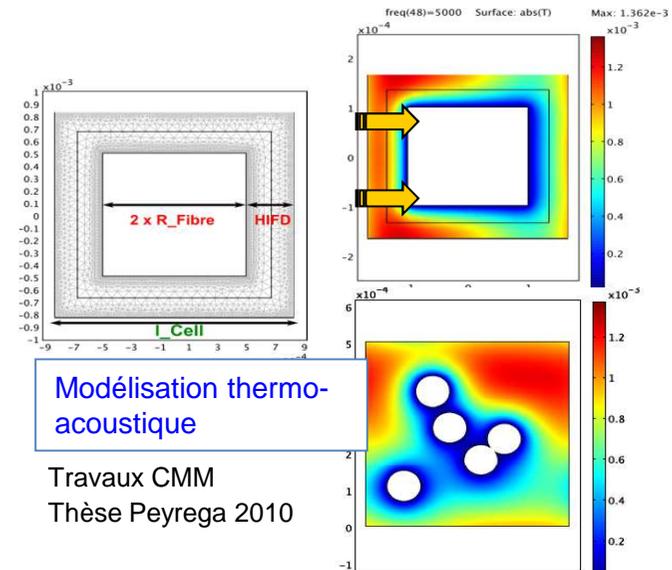
Morphologie et propriétés acoustiques

(ANR SILENT WALL 2007-2011)

Caractérisation morphologique et modélisation d'un milieu réel référent

Maillage EF des pores - Modélisation thermo-acoustique Comsol

Multiphysics (CMM Mines ParisTech)



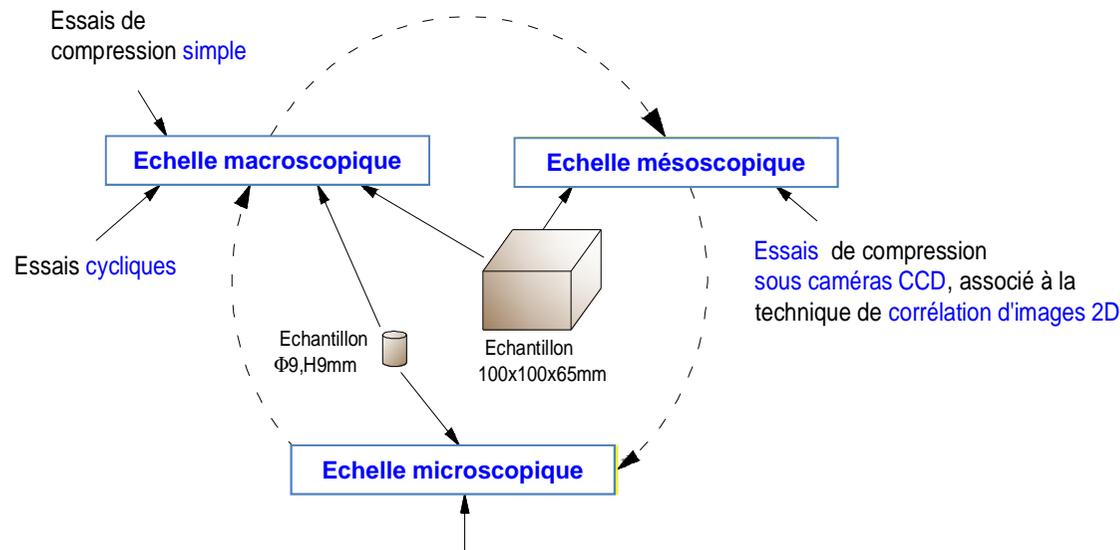
Optimisation de l'absorption acoustique par mise en œuvre d'un gradient adapté de granulométrie dans le matériau fibreux

Optimisation, à performances acoustiques égales, de l'épaisseur de l'isolant fibreux

Relations structure - propriétés

- Loi de comportement en compression d'isolants fibreux non-tissés Bois/PES (collaboration Institut P' - Axe Pem)

Suivi 4D sous microtomographie de processus d'endommagement, mesures de champs ; méthodologie multi-échelle



Essais de compression sous microtomographie aux rayons X associé aux:

- Technique de corrélation d'images 3D (DVC)
- Traitement d'images 3D par morphologie mathématique

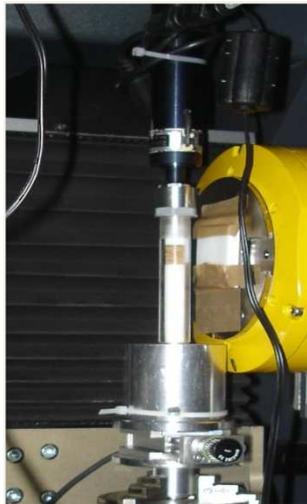
Relations structure - propriétés

Comportement mésoscopique / microscopique

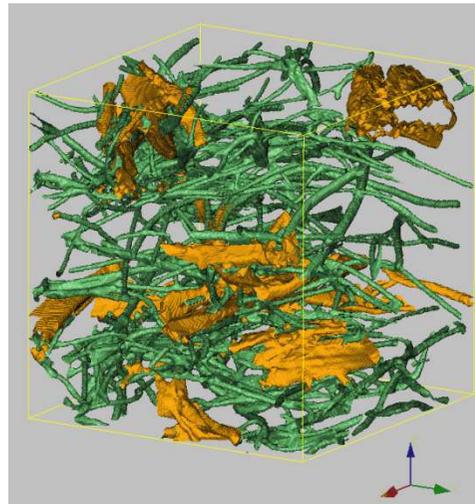
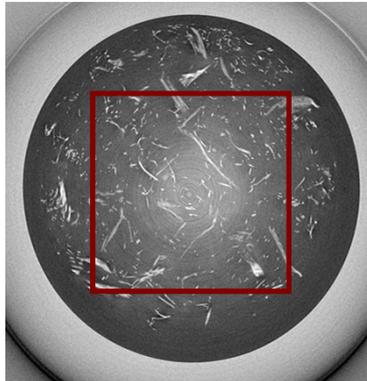
Echantillon : $\varnothing 9\text{mm}$, $H = 9\text{mm}$

Résolution $6\ \mu\text{m}/\text{voxel}$

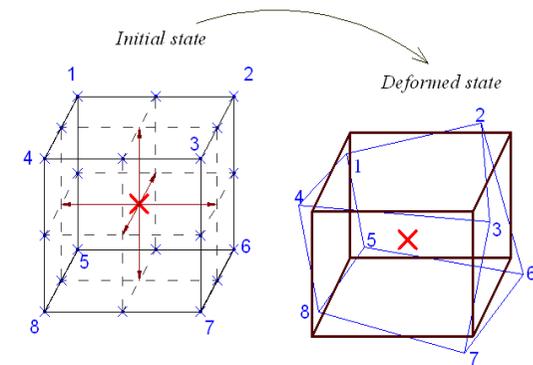
Déformation imposée : 4.8% à 32 % par pas de 5%



Acquisition des images 3D aux différents taux de compression



Segmentation des populations et caractérisation morphologique



Identification des champs de déformation interne par CIV

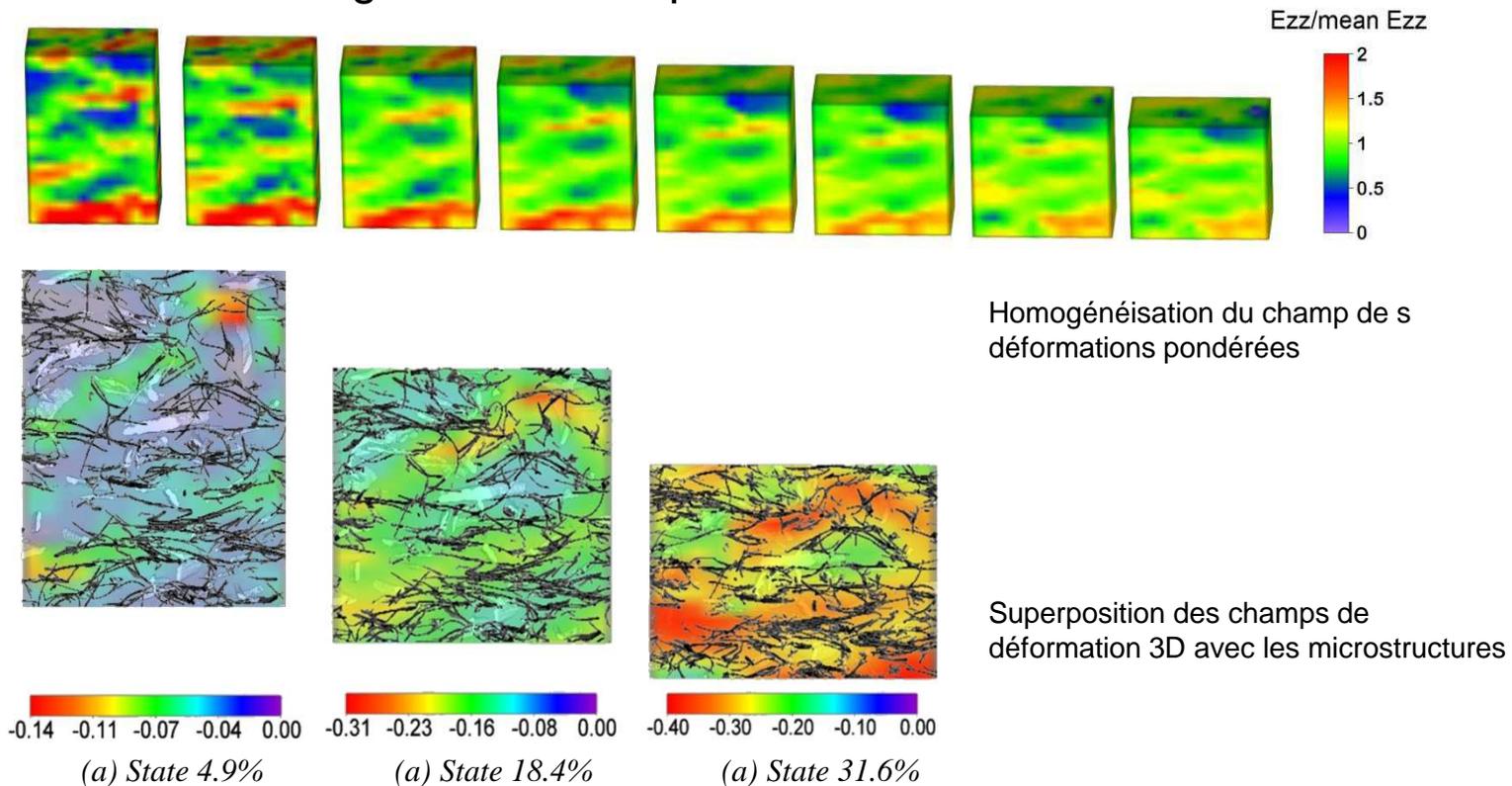
Relations structure - propriétés

Comportement mésoscopique / microscopique

Homogénéisation du diamètre des pores, diamètres des fibres constant

Corrélation entre zones déformées et zones de faible porosité

Existence de zones rigides de faible porosité : effet structure ?



Conclusions et perspectives

Caractérisation préliminaire des matériaux et des procédés nécessaire

Prise en compte de la variabilité aux différentes échelles

Utilisation et développement d'outils d'imagerie quantitative et de traitement des images performants

Utilisation et développement d'outils de modélisation et d'optimisation adaptés

Validation du passage micro /macro (VER)

Approche d'éco-conception préliminaire (gain en matière, gain en transport : compressibilité)

Conclusions et perspectives

- Amélioration et développement de nouveaux matériaux et / ou procédés :

Nouveaux procédés : assemblages, procédés textiles 3D (chaîne non-tissés + microtomographe transportable Xylomat)

Nouvelles matières premières : colles et résines vertes, fibres longues naturelles, fibres recyclées, fibres fonctionnalisées

Méthodes d'optimisation multi-objectifs

- Ouverture des méthodes d'élaboration, de caractérisation et de modélisation vers les industriels du panneau : EquipEx Xylomat / Xyloplate