

Vendre une auto - 1930



Vendre une auto - 2000

Cage de sécurité



Zone à déformer

Zone à déformer

- Systèmes de sécurité
- Protection des passagers
- Déformation du véhicule
- Dissipation d'énergie

ADEATER

Une approche d'un problème de Biomécanique

Damien SUBIT

Patrick CHABRAND - Catherine MASSON

{subit,chabrand}@lma.cnrs-mrs.fr, masson@inrets.fr



Le Pradet

19 – 23 mai 2003

Objectifs

- Présenter les champs d'application de la biomécanique
- Présenter une approche d'un problème de biomécanique

2 structures d'accueil



Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique
UPR CNRS, Marseille

Bio

Métalo

Bois

Composito

Vibro

Mécanique



Laboratoire de Biomécanique appliquée,
UMR Université – INRETS, Marseille

Ma présentation

- La biomécanique
 - Définition
 - Champ d'application
- Etude de l'appareil ligamentaire du genou
 - Anatomie
 - Matériaux en présence
 - Expérimentation

Biomécakoi ?

- Étude des tissus biologiques :
 - Os
 - Muscle, tendon, ligament
 - Artère, sang
 - Viscères
- Transversalité
- Confort – Réparation
- Biofidélité et biocompatibilité

Quelques facettes de la biomécanique

- Etude des diverses pathologies :
lien entre les dysfonctionnements physiologiques et les comportements mécaniques (prothèses, problèmes cardio-vasculaires, migration des cellules cancéreuses)
- Sport : performance, amélioration des outils (respect de l'architecture du corps)
Accidentologie (crash, airbag, ceinture...), HUMOS
- Industries concernées : constructeurs et équipementiers automobiles, prothésistes ...

Accidentologie

Base de données accidents



Protocoles expérimentaux
Données d'entrée

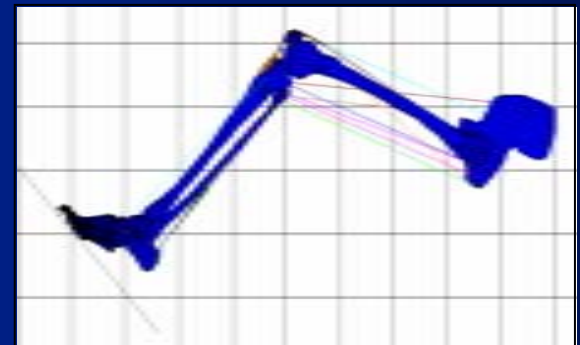
Validation des modèles
Validation des mécanismes lésionnels

Expérimentation

Modélisation

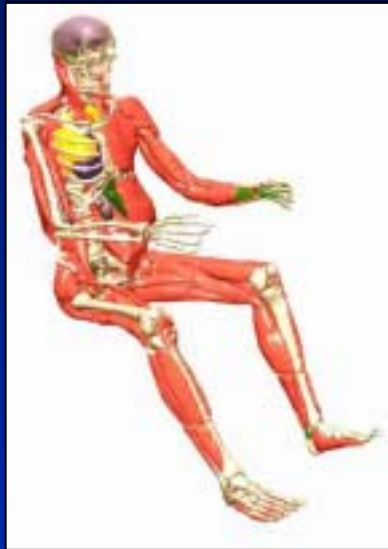


Essais
Mise au point de modèles
Etude des mécanismes lésionnels
Etude des systèmes de sécurité





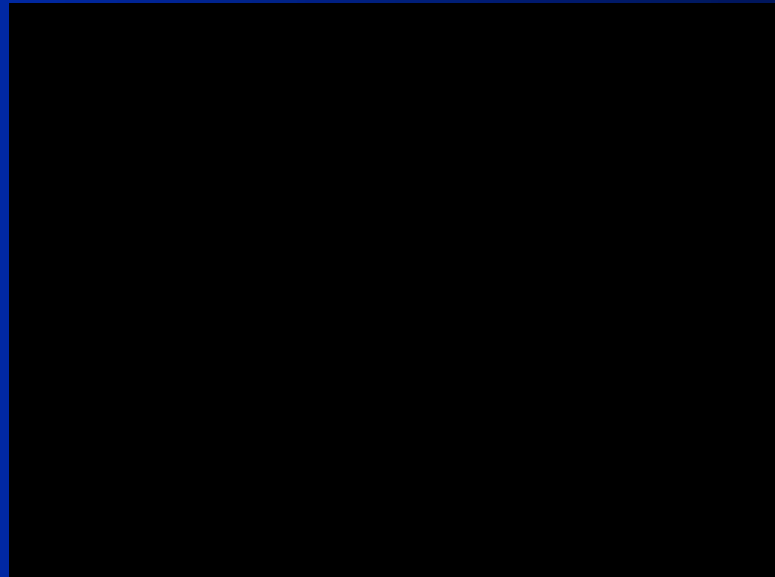
HUman MOdel for Safty



- 15 partenaires européens
- Modèle numérique de l'être humain en position de conduite

Reconstitution de la géométrie (principaux organes, os, muscles, peau)

Lois de comportement pour ces tissus

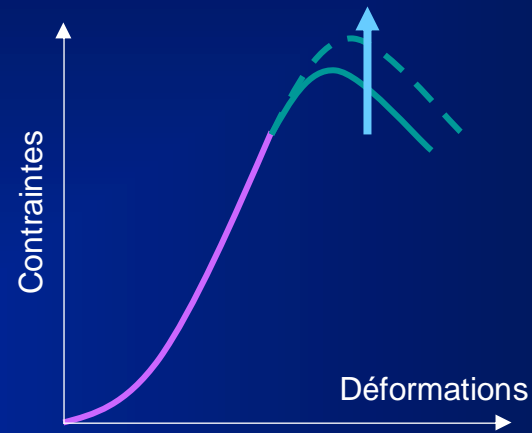


Un problème de biomécanique

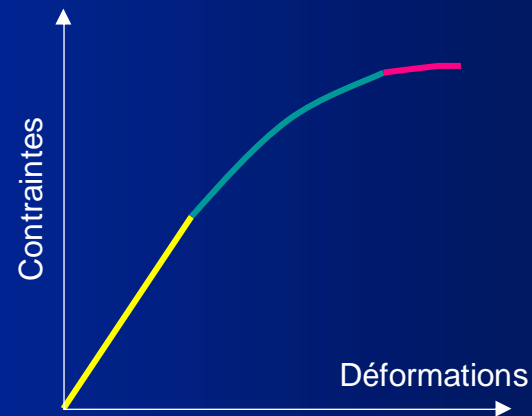
- Structure (matériaux), description
- Connaissance expérimentale
 - Fragilité mécanique des tissus
 - Usinage
 - Dimension des éprouvettes
 - Contraintes de manipulation, conservation
- Modélisation mécanique

Comportements des tissus biologiques

Mous (ligaments, viscères...)
hyperélastique (non linéaire)
endommageable
visqueux



Durs (os)
Elastique (linéaire)
endommageable/fragile
plastique



Etude de l'appareil ligamentaire du genou

- Anatomie
- Structure
- Expérimentation

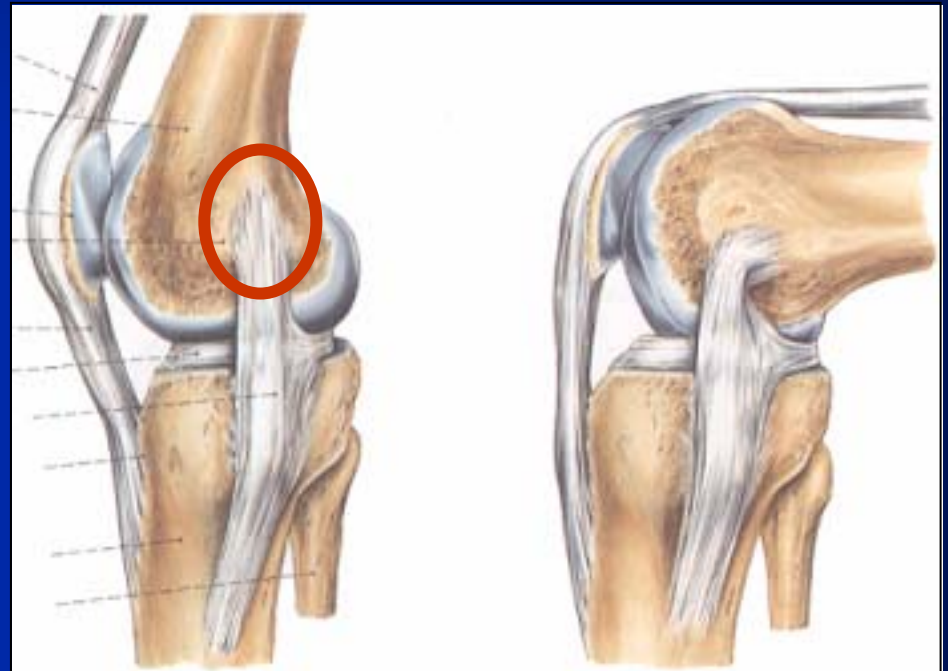
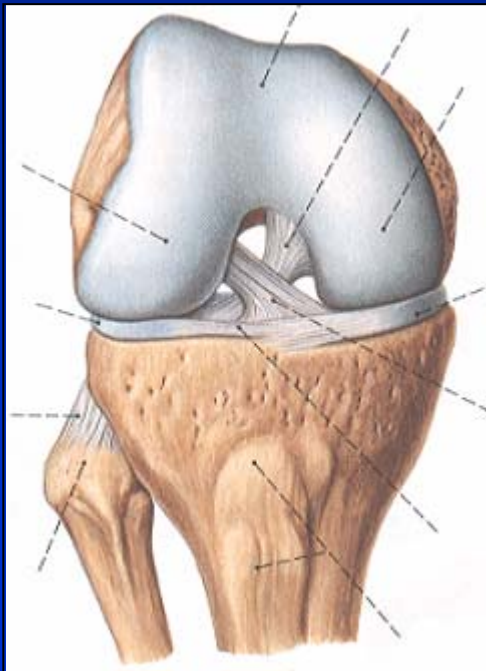
Anatomie (brève !)

- Ligaments croisés
- Ligaments latéraux
- Sollicitations du genou : flexion et extension

Longueur : 40 mm

Section : 10 mm x 7mm

Module de Young : 15 - 115 MPa



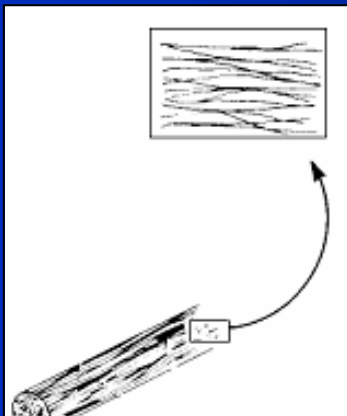
Les structures

- Os
- Ligament
- L'insertion (ie la transition)

Matériaux (à peu près) connus ...

Le ligament

- Fibreux (fibres réticulées et élastiques),
- Fibres orientées,
- Collagène (organique),



L'os

- constituant de base : lamelle (collagène)
- 2 types d'os : compact et spongieux (porosité)
- 2 parties : organique (collagène) / minérale (hydroxyapatite)



L'insertion ???

- Moyen d'étude : MEB
- Fibrocartilage : front de minéralisation du ligament, que les fibres de collagène traversent
- Orthogonalement à l'os
- Pénétration dans l'os : Quelle profondeur ?
- Éventuellement, ramification
- Phase fluide/phase solide

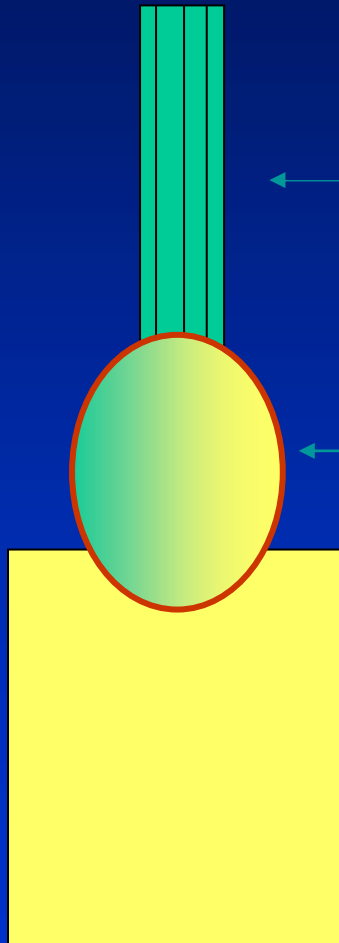


Ligament patellaire, rat

Os Fibrocartilage Ligament

Barre = 100 µm

Résumé du problème



Ligament

Matière organique (collagène)
Tissu fibreux, dense, orienté
Faisceaux de fibres
Phases fluide/solide

Insertion

Devenir des fibres
Passage continu/brutal ?

Os

Matière minérale
Matière organique
Compact – spongieux (porosité)
Corticale

Structure

Méthodes d'observation

- **Non destructives**

Scanner à rayons X

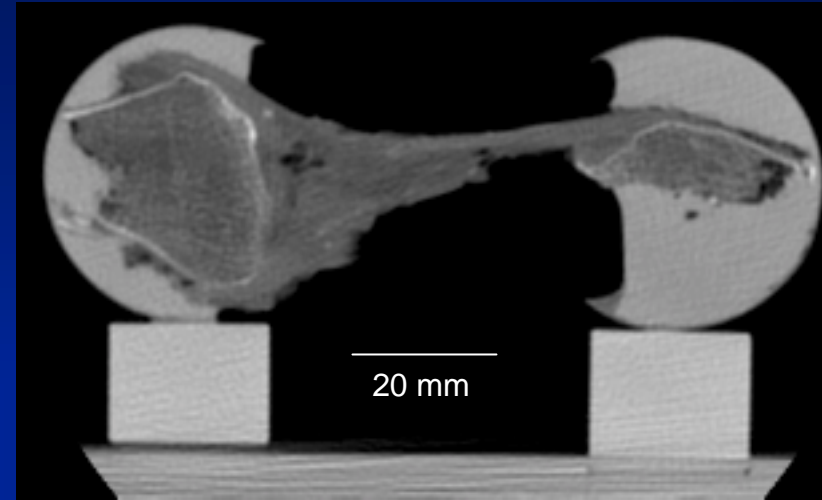
Échographie (ultrasons)

IRM

- **Destructives**

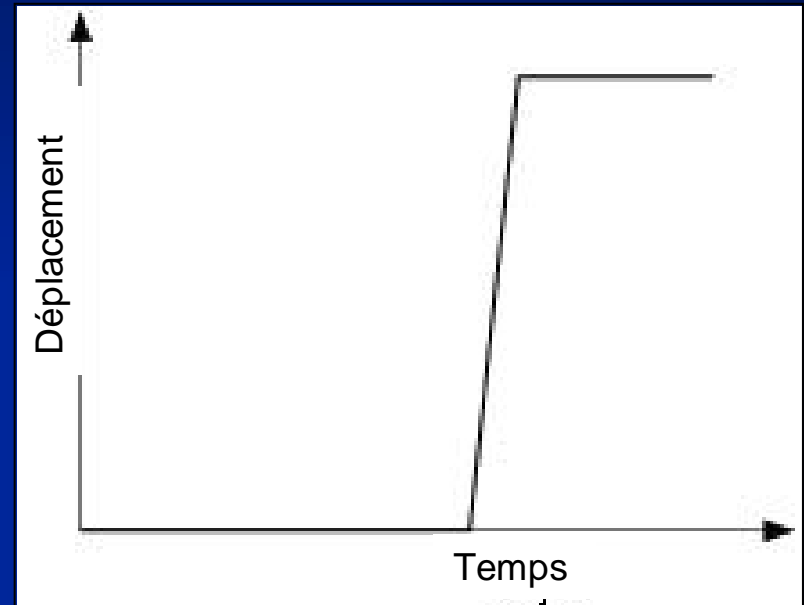
Histologie

Microscopie

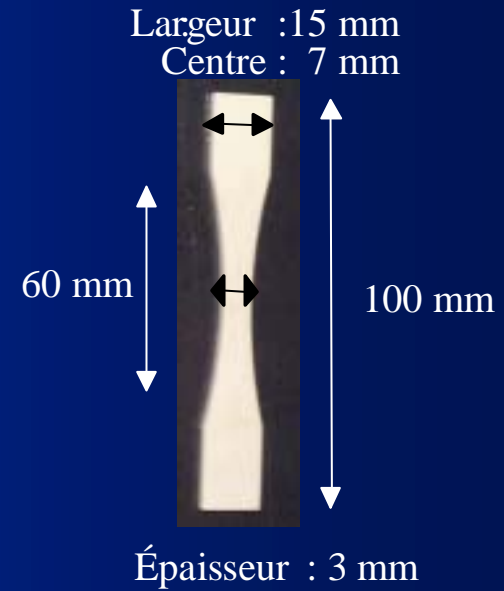
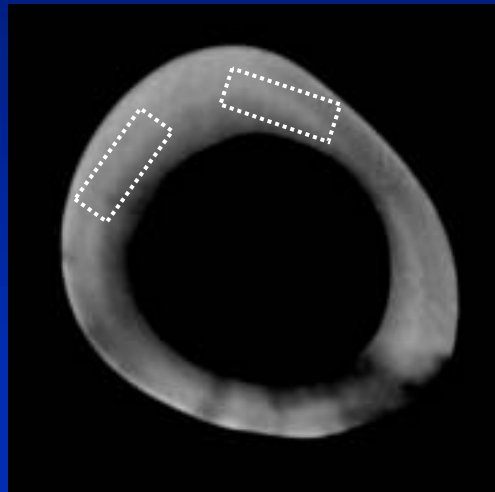
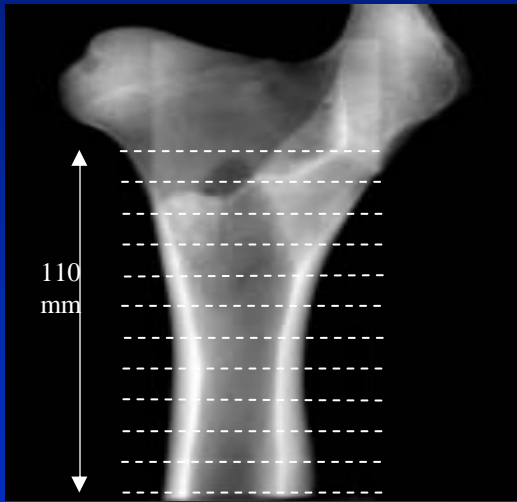


Expérimentation

- Essais :
 - Os
 - Ligaments
- Plusieurs vitesses
 - Statique
 - Dynamique
- Sollicitations type rampe
- Traitement du signal

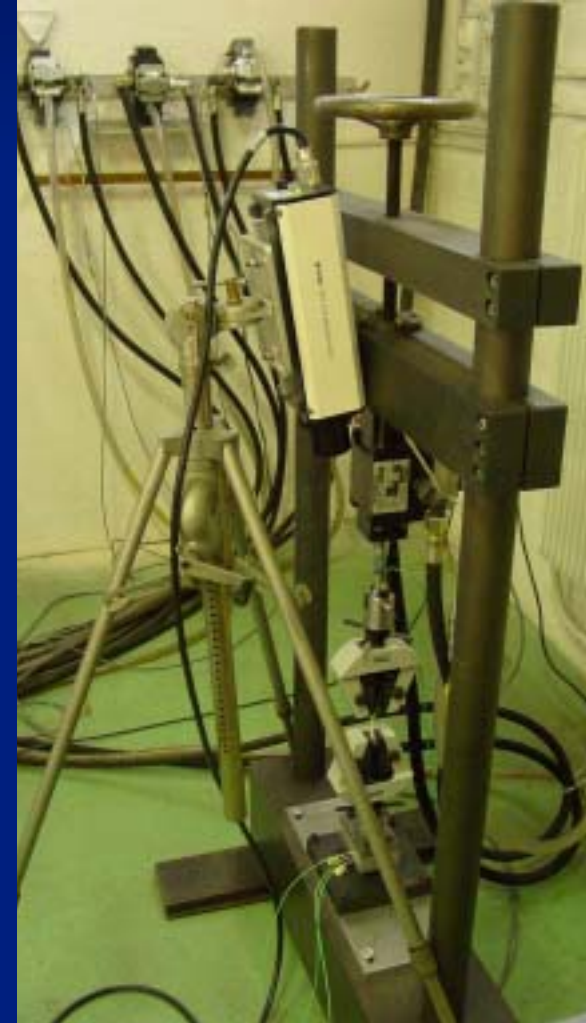


Éprouvettes d'os

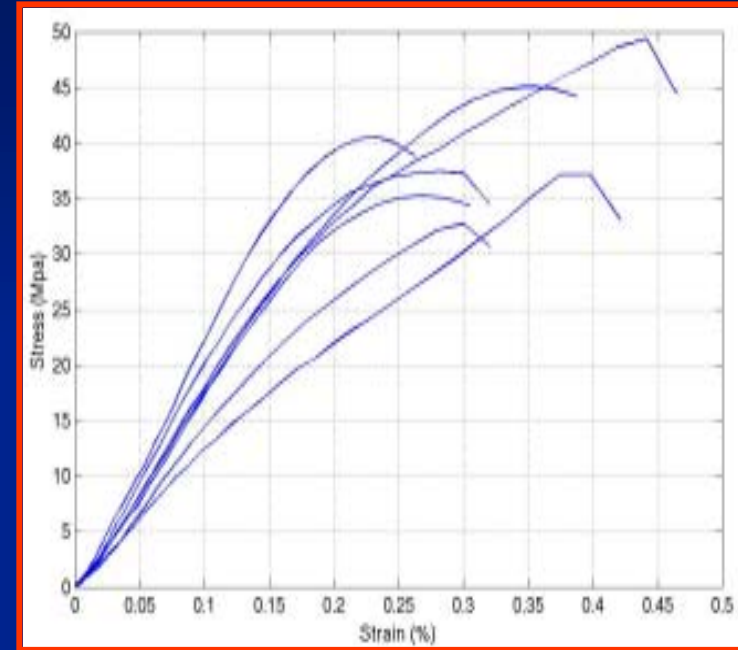
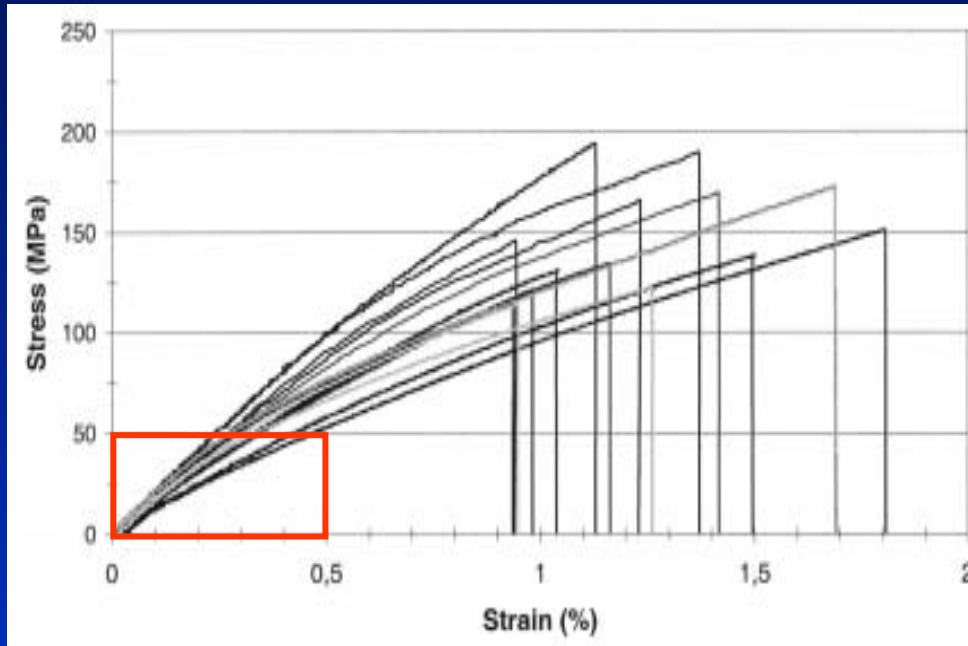


Les essais

- Mesures
 - Force
 - Déplacement
 - Vitesse
 - Accélération
- Éprouvettes très fragiles
- Essais
 - Quasi statique : 20 mm/min
 - Dynamique : 1 m/s



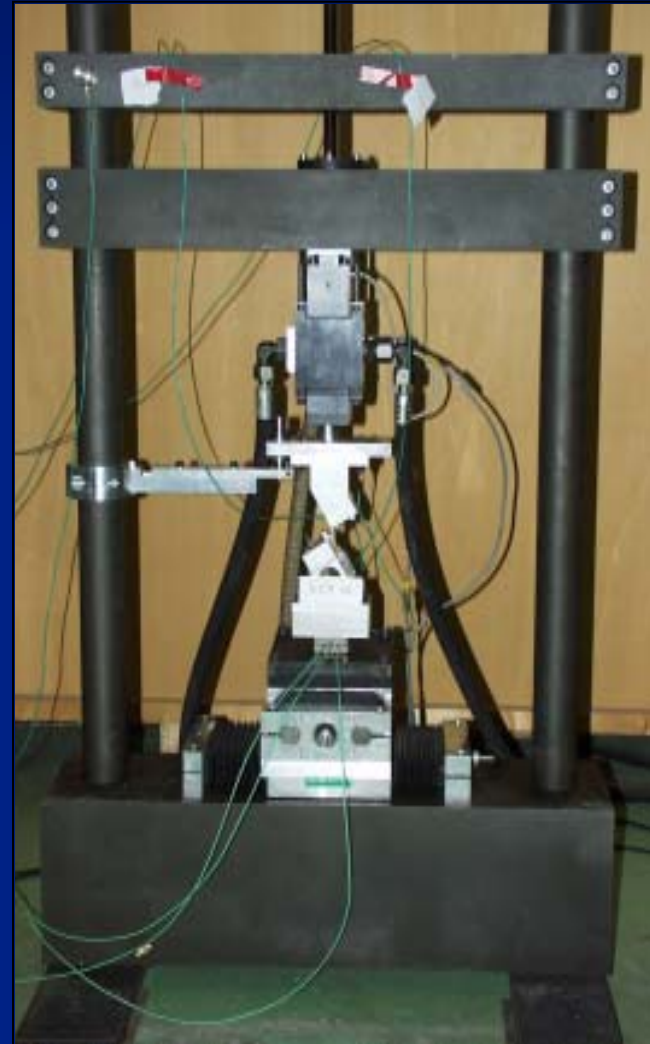
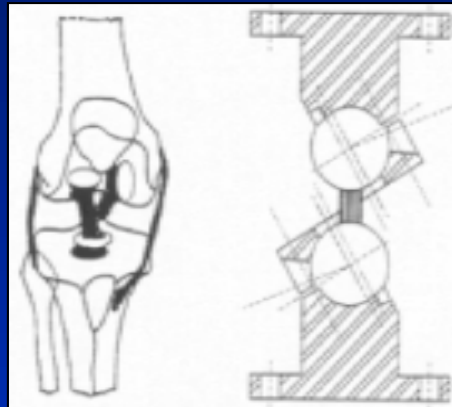
Résultats



	Quasi-statique	Dynamique
E (GPa)	$11 \leq E \leq 17$	$9 \leq E \leq 17$
σ_{rupture} (MPa)	$100 \leq \sigma_{\text{rup}} \leq 200$	$35 \leq \sigma_{\text{rup}} \leq 50$
$\varepsilon_{\text{rupture}}$ (%)	$0.9 \leq \varepsilon_{\text{rup}} \leq 1.8$	$0.25 \leq \varepsilon_{\text{rup}} \leq 0.45$

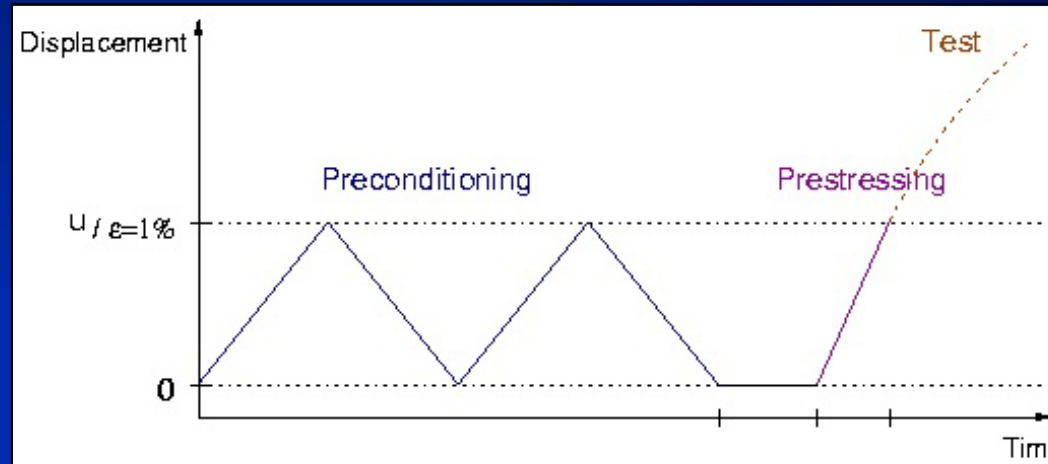
Rapport
de 3 à 4

Éprouvettes de ligament



Conduite des essais

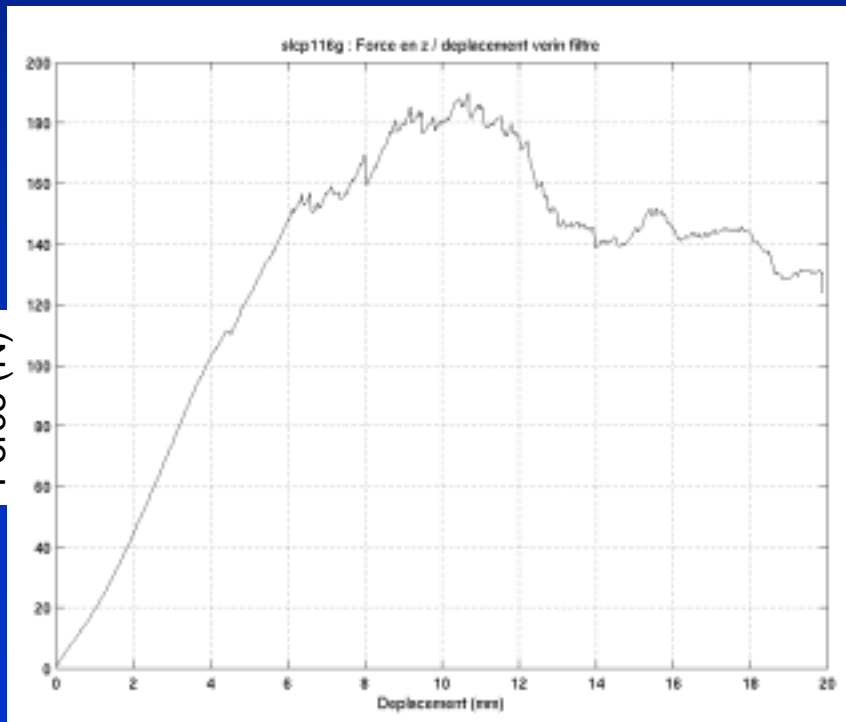
- Essais :
 - Statique : 20 mm/min,
 - Dynamique : 1 et 2 m/s
- Instrumentation :
 - Déplacement
 - Vitesse
 - Accélération
 - Force : 3 axes



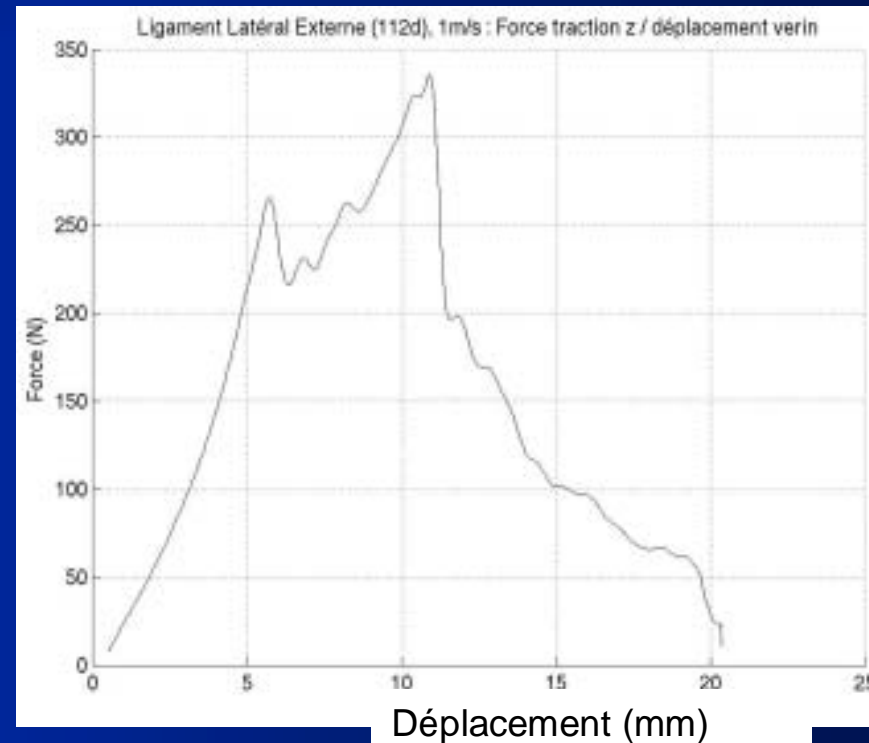
Résultats

- Endommagement par rupture des faisceaux de fibres
- Décohésion (insertion)

Statique

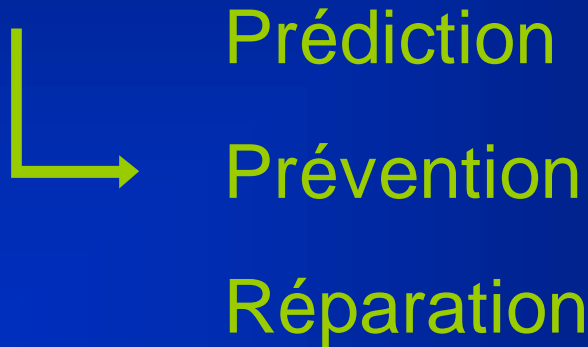


Dynamique



Intérêts de ces modèles

- Compréhension des mécanismes lésionnels
- Modélisation des comportements en situations «normales»



Tolérance du corps humain

