Étude mécanique des articles de contention et de leurs effets sur la jambe humaine

Stéphane AVRIL, Sylvain Drapier, Laura Bouten
et Serge Couzan

Mulhouse, 29 août 2008

Journées AUM 08

PLAN

- Problématique industrielle et médicale
- Modèle numérique de la jambe humaine sous contention
- Caractérisation mécanique des articles de contention
- Recalage du modèle numérique avec images médicales
- Conclusions et perspectives

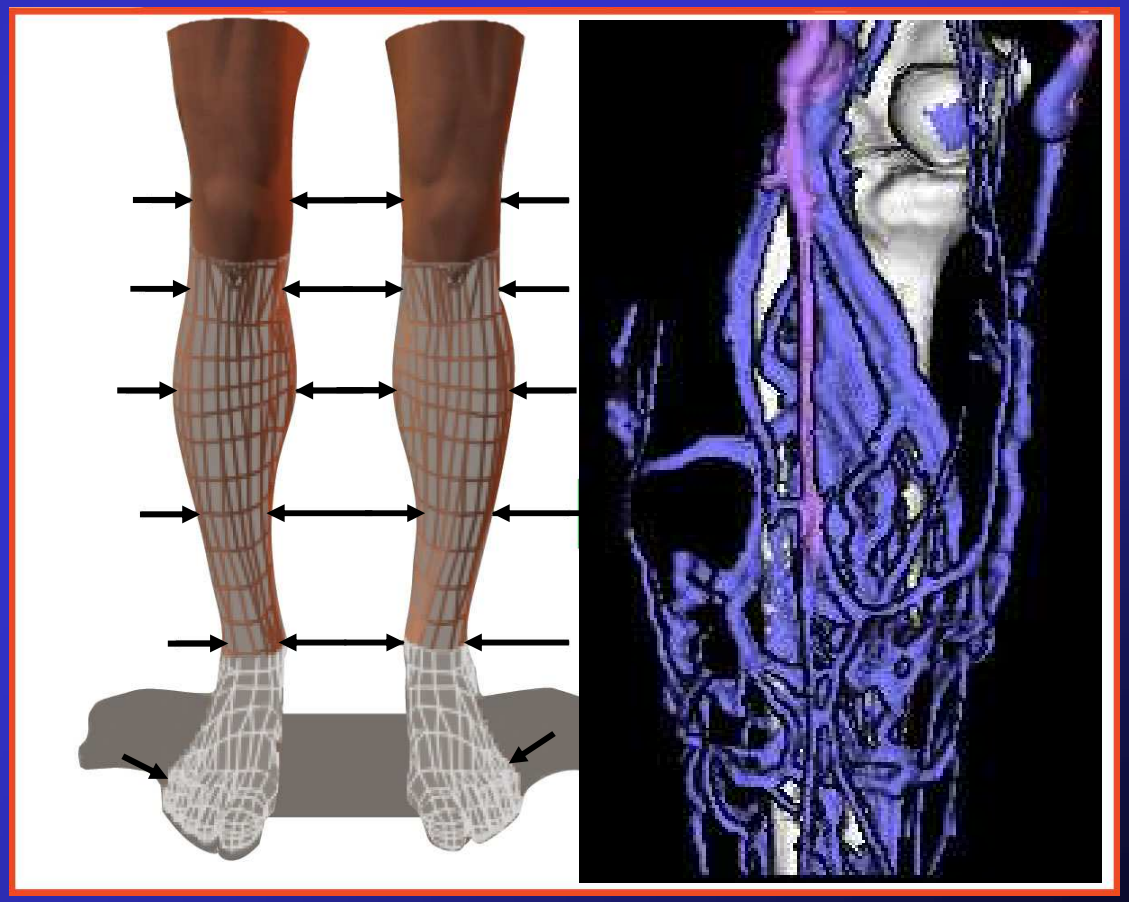
PLAN

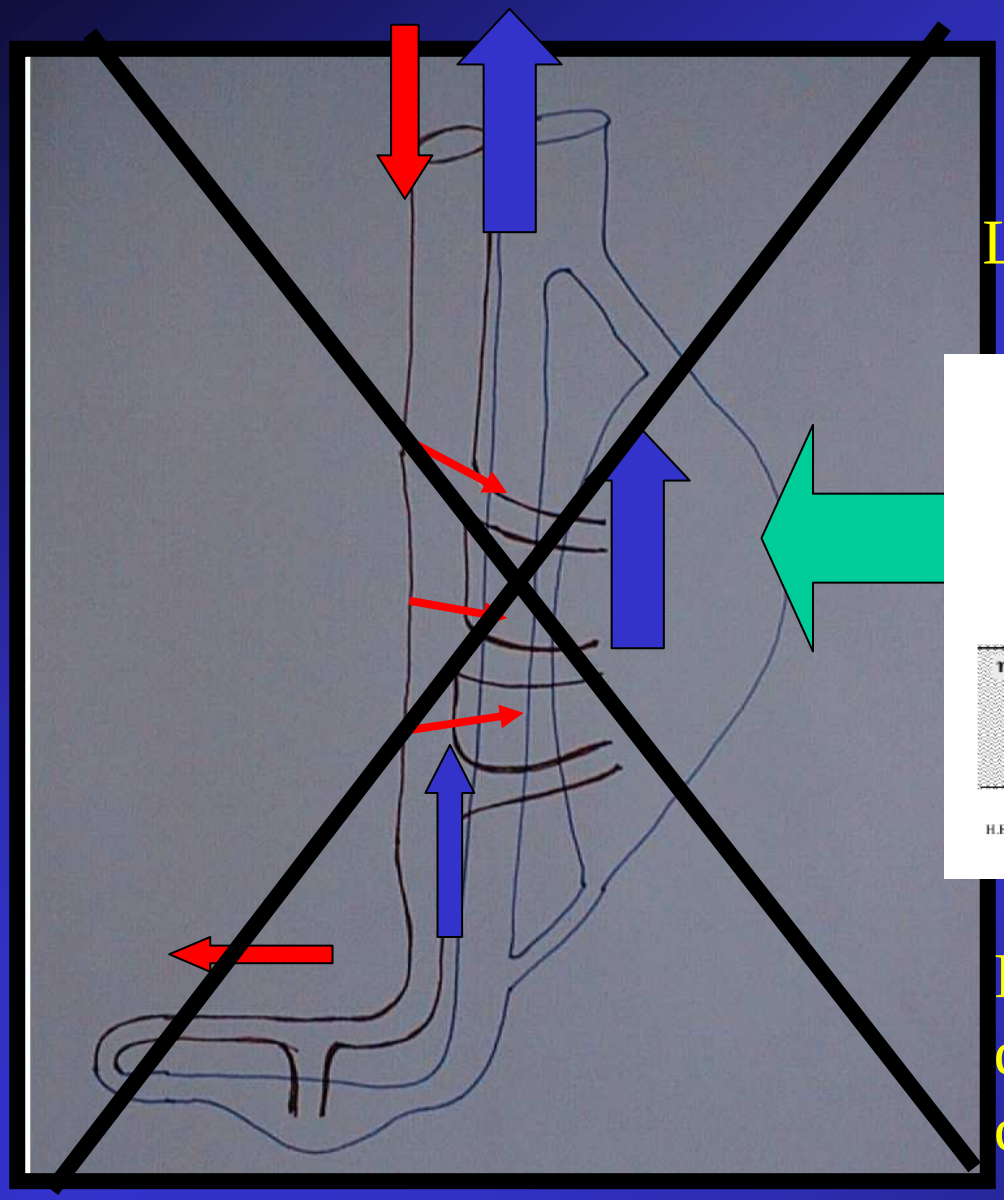
- Problématique industrielle et médicale
- Modèle numérique de la jambe humaine sous contention
- Caractérisation mécanique des articles de contention
- Recalage du modèle numérique avec images médicales
- Conclusions et perspectives

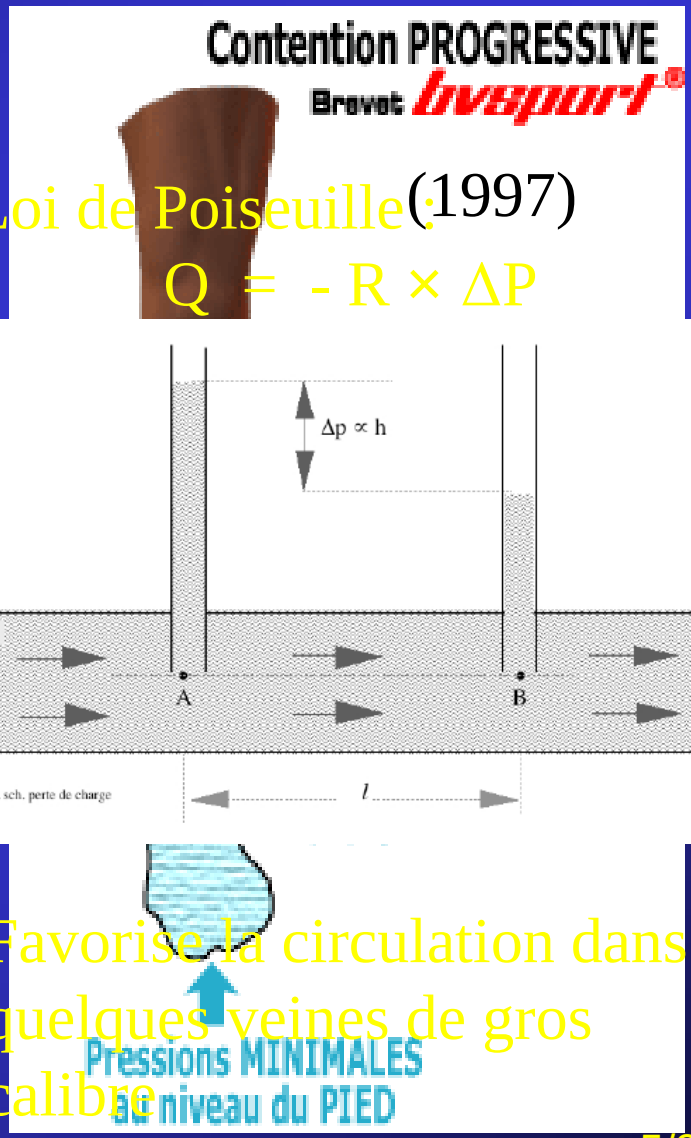
POURQUOI LA CONTENTION ?

Maladie veineuse

Sportifs

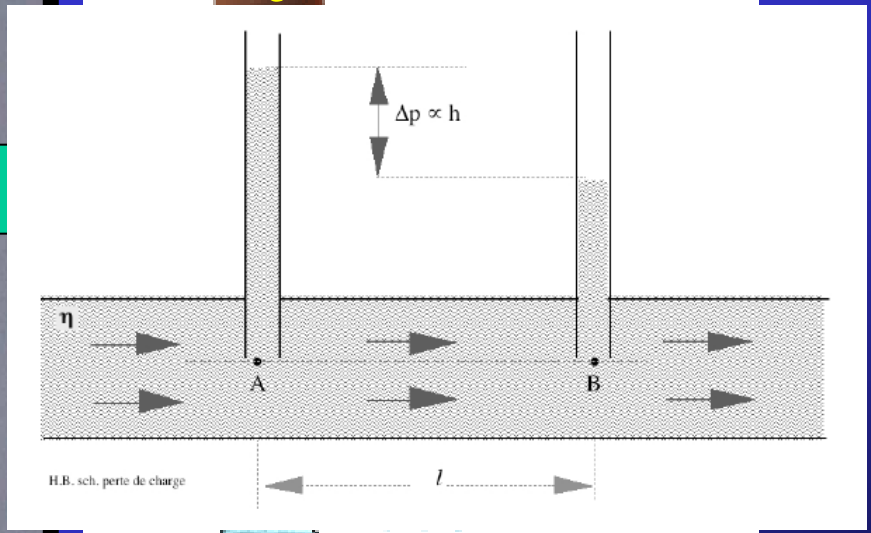






Loi de Poiseuille (1997)

$$Q = -R \times \Delta P$$



Favorise la circulation dans quelques veines de gros calibre

Agit sur un maximum de volume veineux

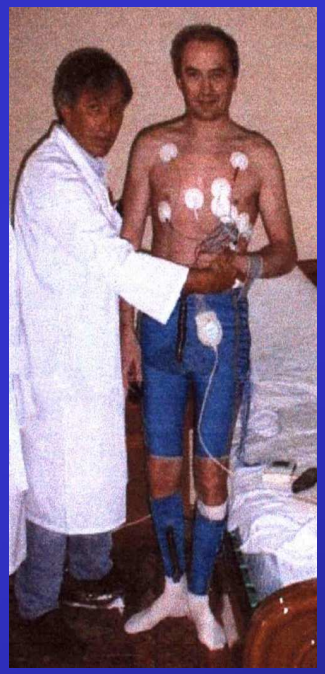
Ecole Nationale Supérieure des Mines SAINT-ETIENNE

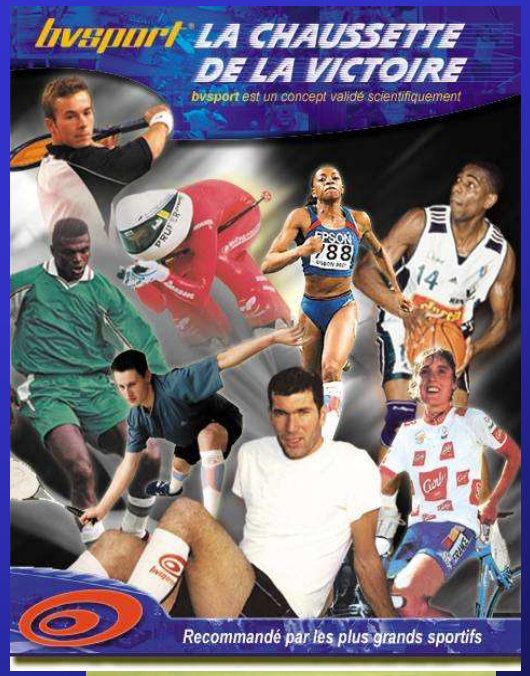
CIS

CNRS CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

BV SPORT

RETOMBÉES MÉDICALES ET ÉCONOMIQUES

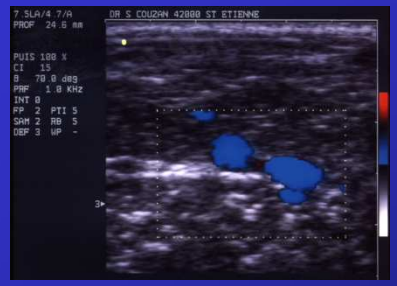


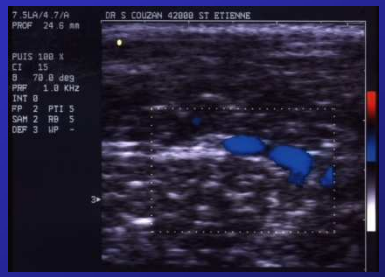


VERS LA CONTENTION SUR MESURE

- **DISPOSITIF DE MESURE DE PRESSIONS VEINEUSES :**
  PCT/FR00/01956 (2001)

- **CONTENTIOMETRE : CONTENTION ADAPTEE**
  PCT/FR07/000372 (2007)





Nécessité de résoudre des problématiques scientifiques du domaine de la mécanique.

PLAN

- Problématique industrielle et médicale
- Modèle numérique de la jambe humaine sous contention
- Caractérisation mécanique des articles de contention
- Recalage du modèle numérique avec images médicales
- Conclusions et perspectives

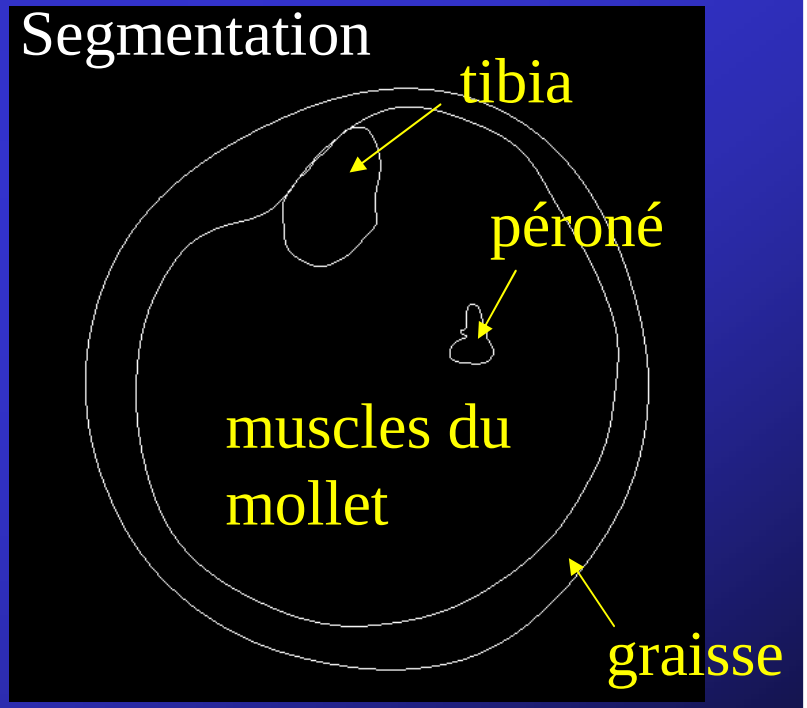
PROBLÉMATIQUES SCIENTIFIQUES

1. Comment se répartissent les pressions dans la jambe?
2. Comment agissent-elles sur le retour veineux?

→ *Etude pionnière simpliste* :
Modélisation « Eléments Finis » statique 2D de la jambe humaine sous contention.

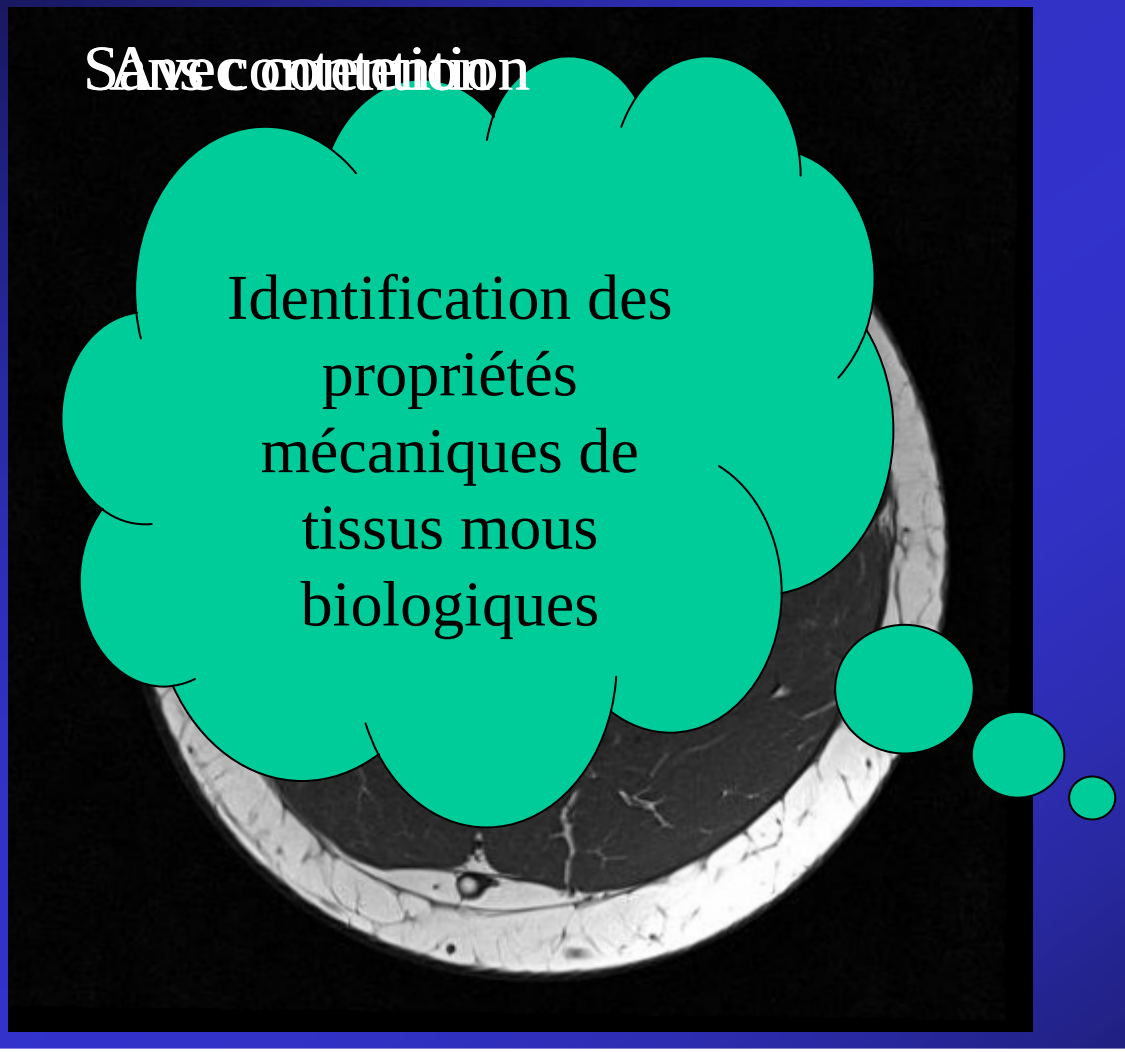
Inconnues :
- géométries,
- lois de comportement,
- conditions aux limites.

GÉOMÉTRIE



Modèle simpliste bi-matériaux, 2D, contraintes planes.

COMPORTEMENT

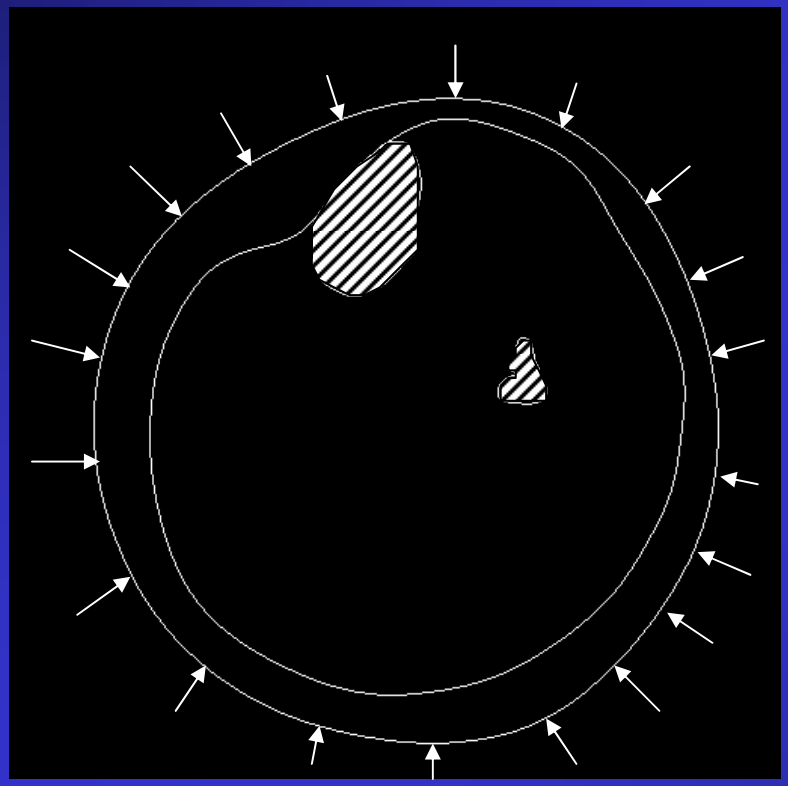


Etude des déformations par observation des mouvements des contours

Changement de volume global de l'ordre de 8%

Loi de comportement de type NéoHookéen compressible.

CONDITIONS AUX LIMITES



$T1(\Delta L/L_0)$

↓

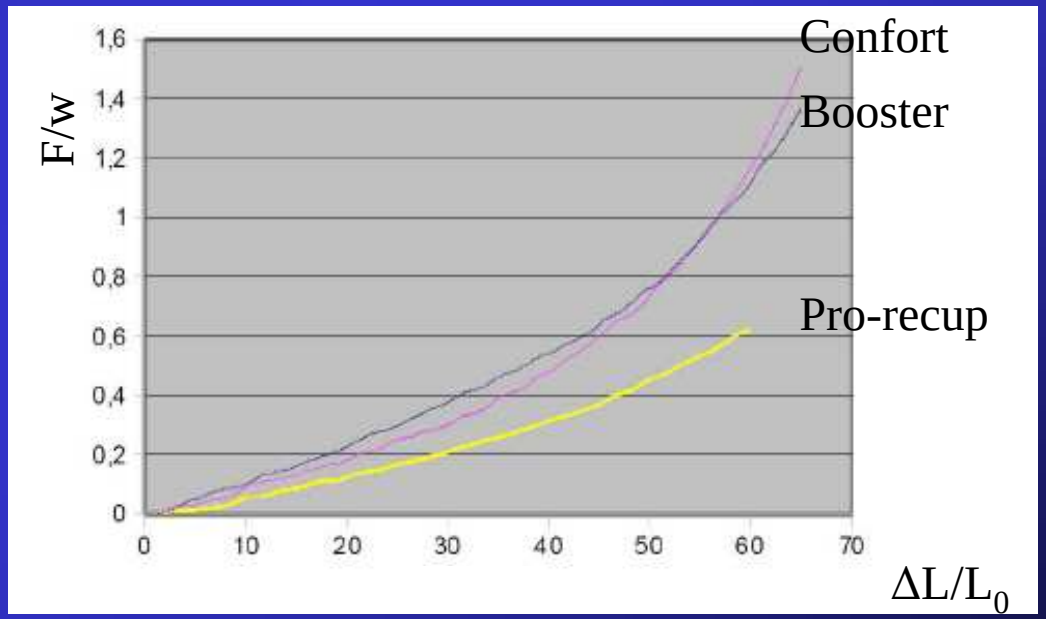
Identification de la loi de comportement du textile

Loi de Laplace : Pint – Pext = T1/R1 + ~~T2/R2~~

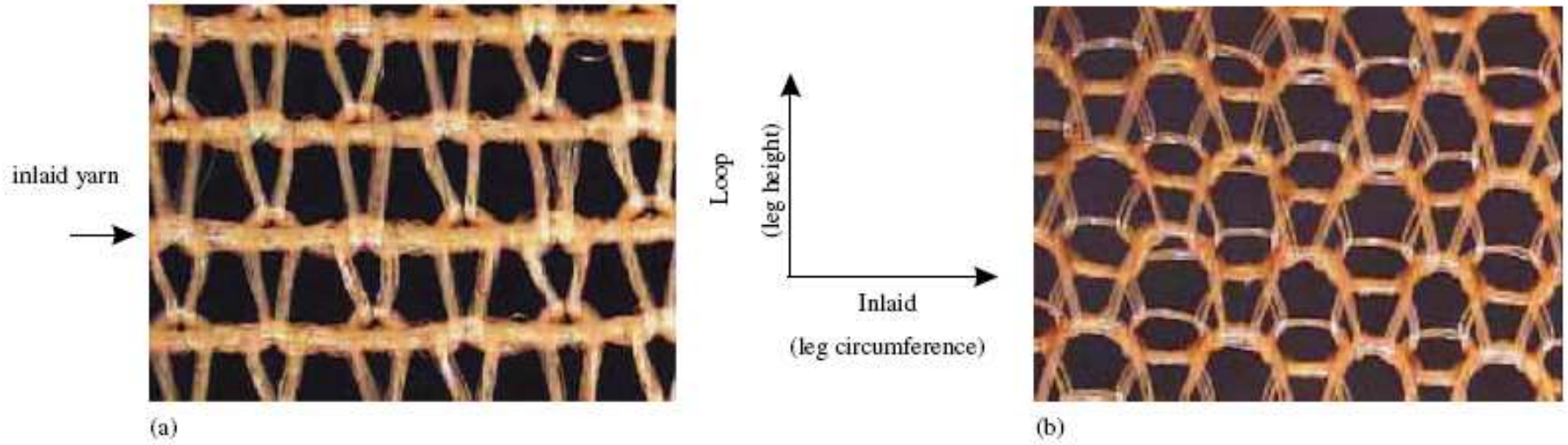
PLAN

- Problématique industrielle et médicale
- Modèle numérique de la jambe humaine sous contention
- Caractérisation mécanique des articles de contention
- Recalage du modèle numérique avec images médicales
- Conclusions et perspectives

CARACTÉRISATION UNI-AXIALE

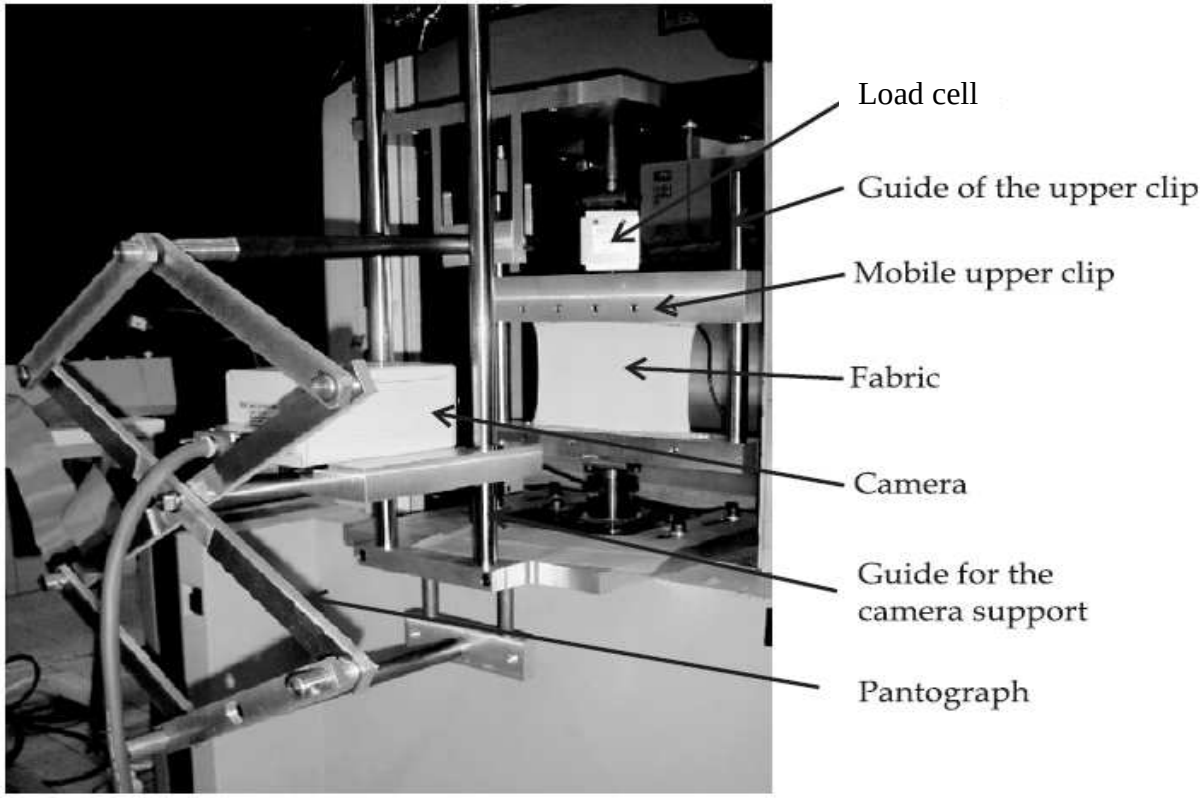


STRUCTURE DU TEXTILE
→ couplages

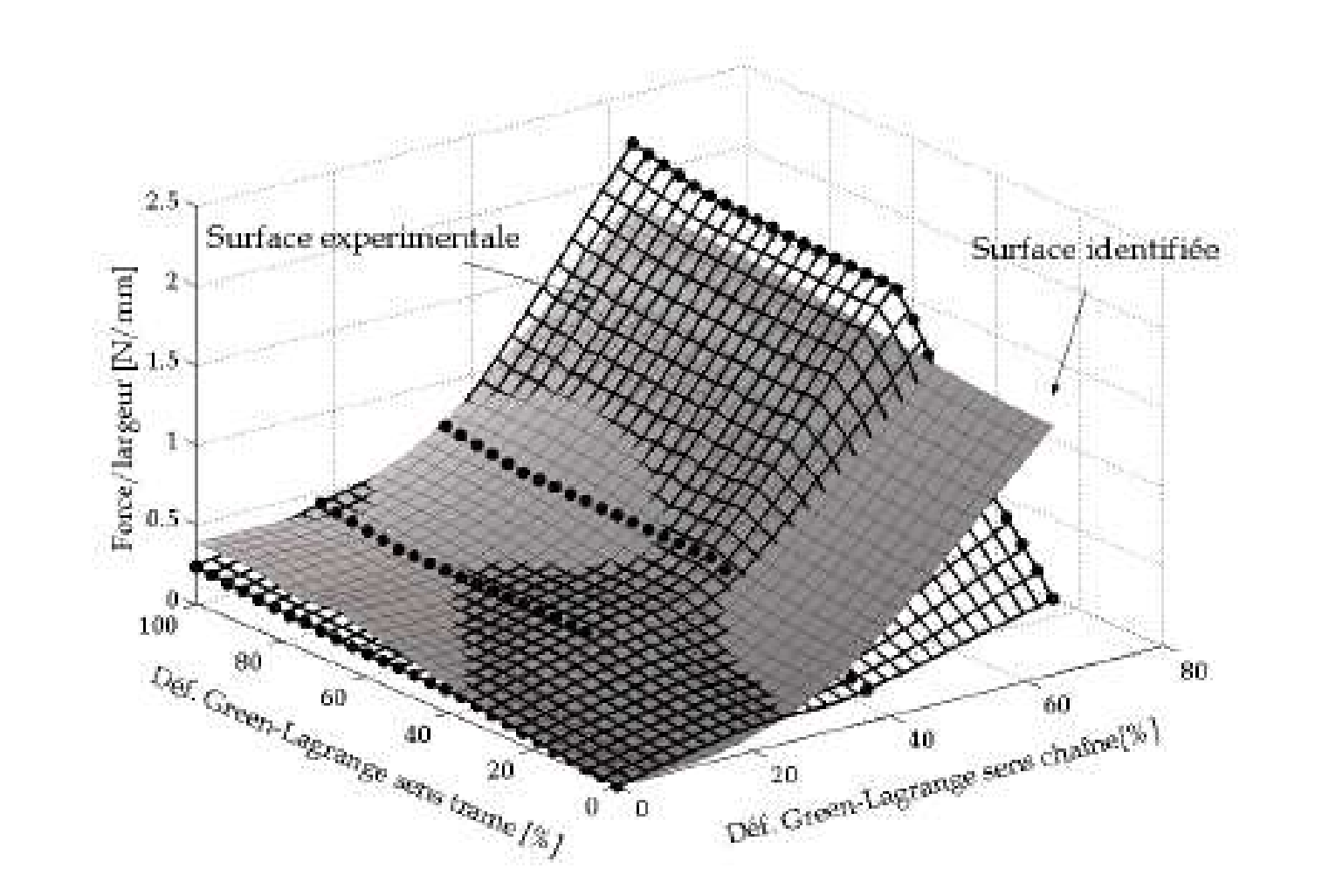


Knitted structure of medical compression stockings: (a) inlaid knitted structure, (b) floatted structure.

CARACTÉRISATION BI-AXIALE

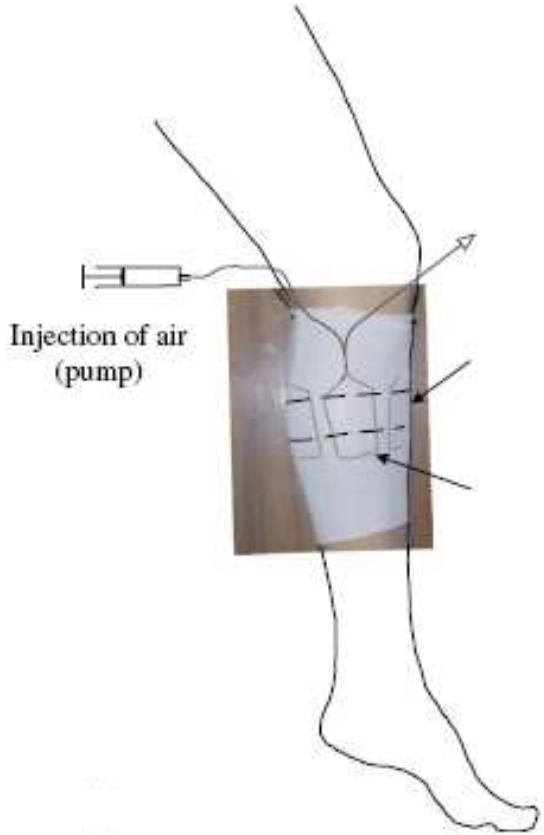


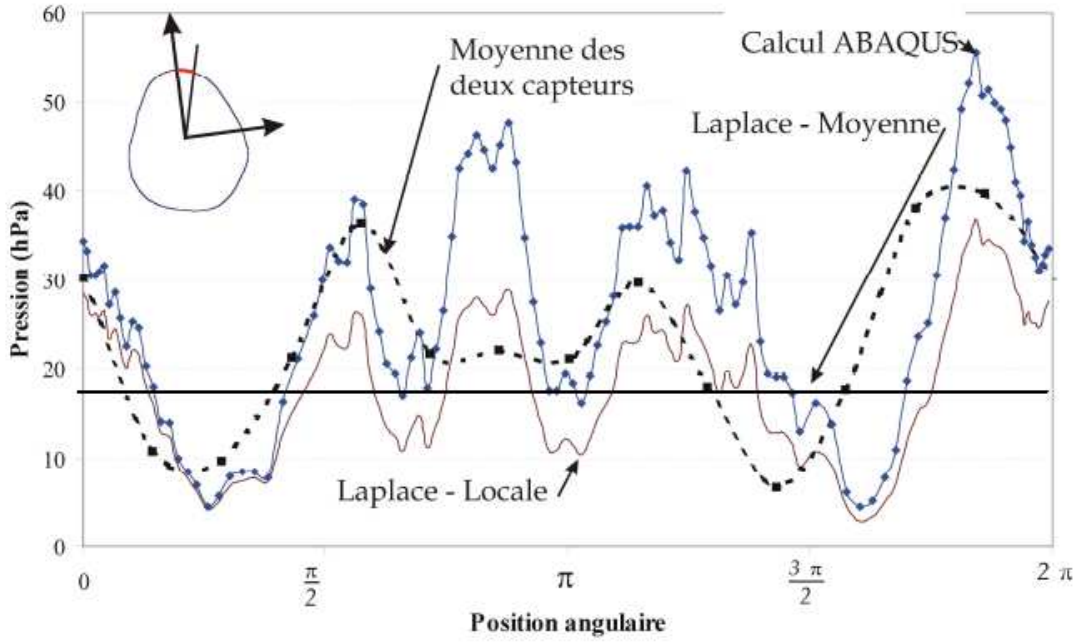
COMPORTEMENT 2D



S. Drapier, I. Gaied, Identification strategy for orthotropic knitted elastomeric fabrics under large biaxial deformations, Inv. Prob. Sci. Eng. 15:8 (2008) 871–894

VÉRIFICATION EXPÉRIMENTALE DE LA LOI DE LAPLACE





I. Gaied, S. Drapier, B. Lun, Experimental assessment and analytical 2D predictions of the stocking pressures induced on a model leg by Medical Compression Stocking, J. Biomech. 39 (2006) 3017–3025.

PLAN

- Problématique industrielle et médicale
- Modèle numérique de la jambe humaine sous contention
- Caractérisation mécanique des articles de contention
- Recalage du modèle numérique avec images médicales
- Conclusions et perspectives

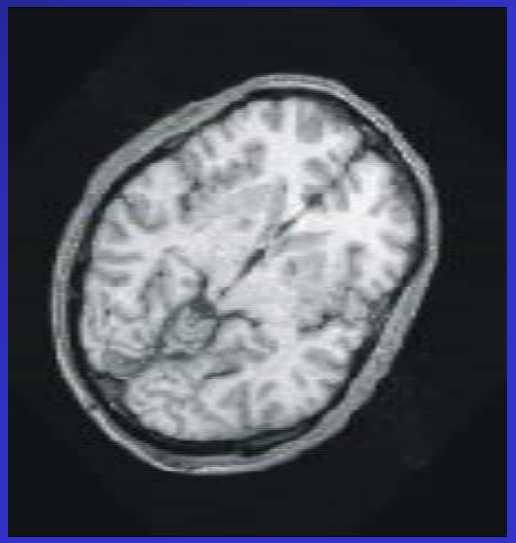
QUELLES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES ?

Littérature peu abondante et résultats très dispersés ;

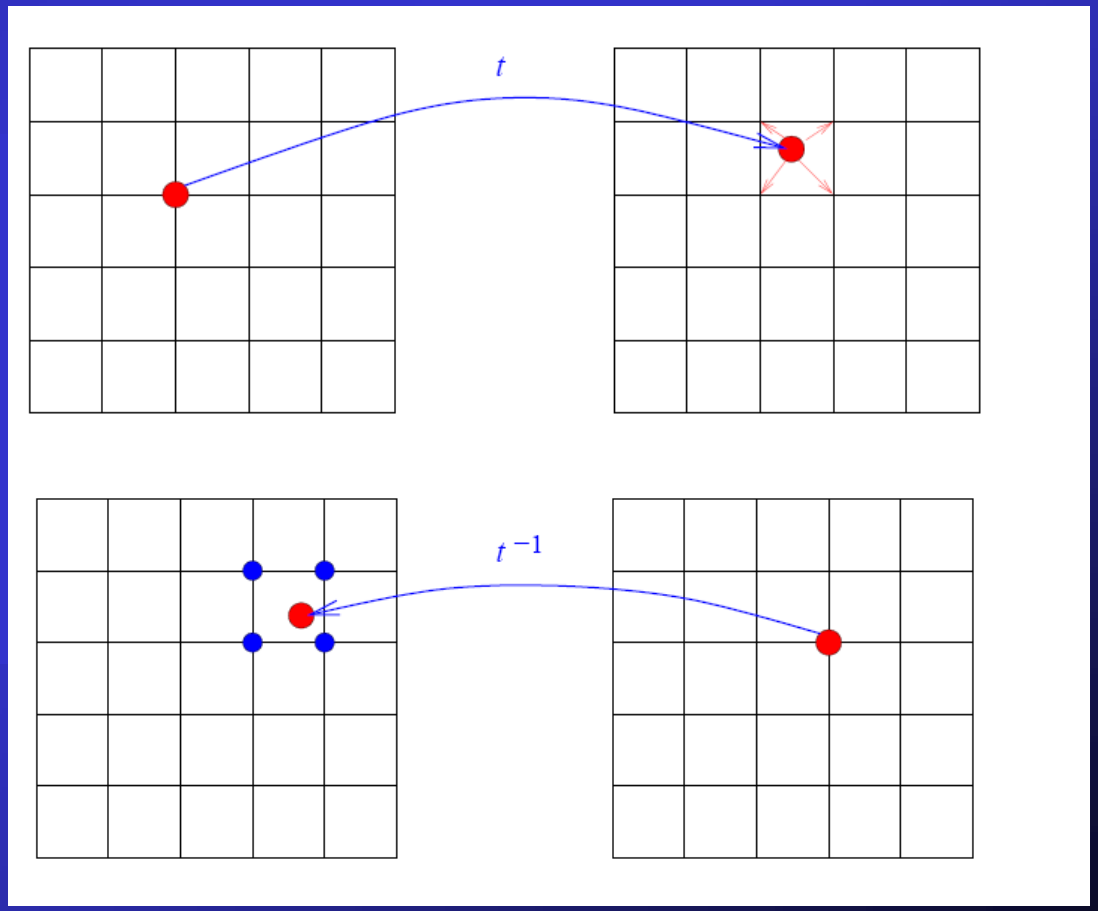
Nécessité de développer une approche propre d'identification in vivo ;

Utilisation d'une procédure de recalage d'images non rigide pour identifier les propriétés mécaniques.

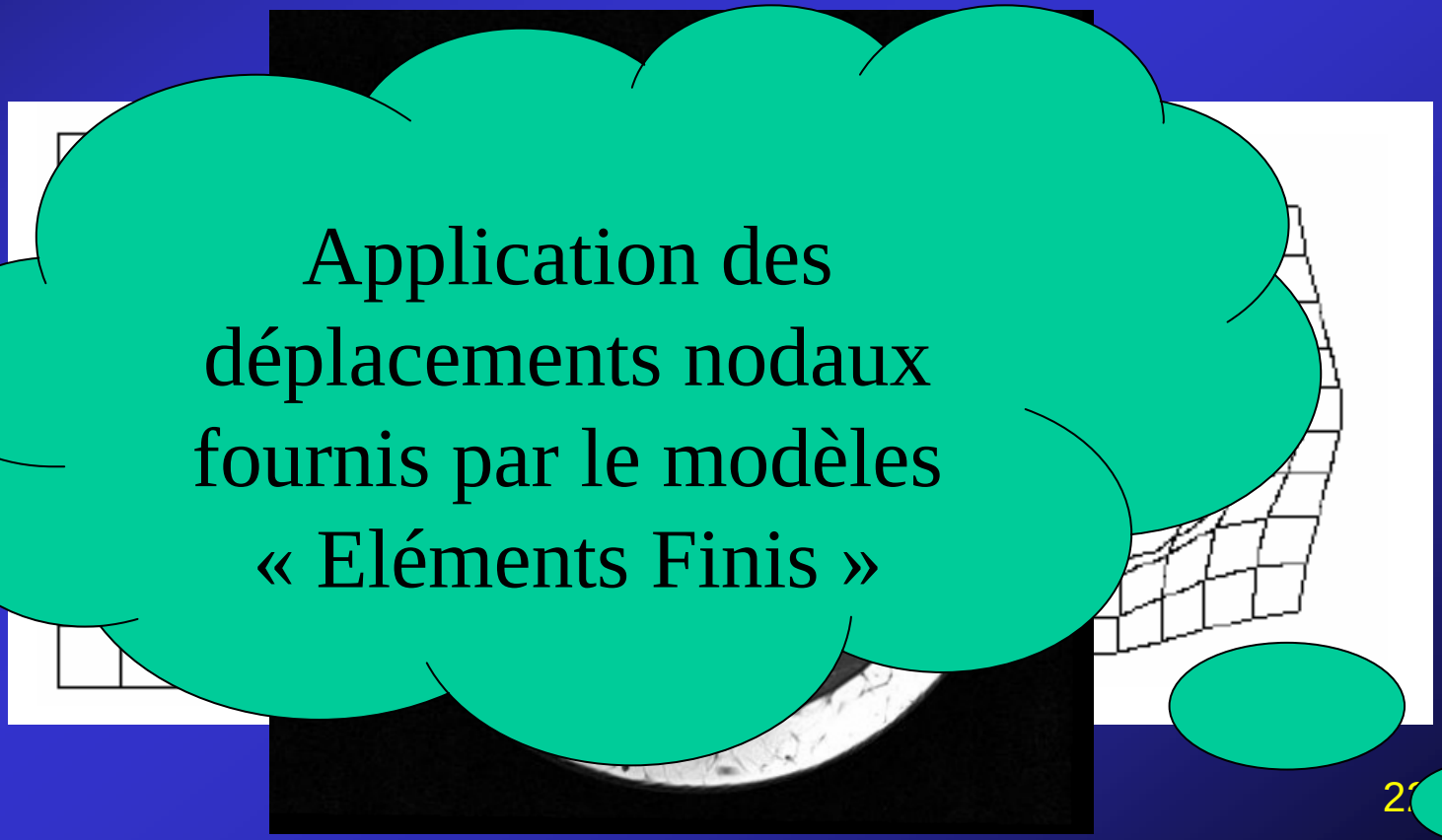
RECALAGE D'IMAGES RIGIDE



Transformations affines



RECALAGE D'IMAGES NON RIGIDE



Application des déplacements nodaux fournis par le modèles « Eléments Finis »

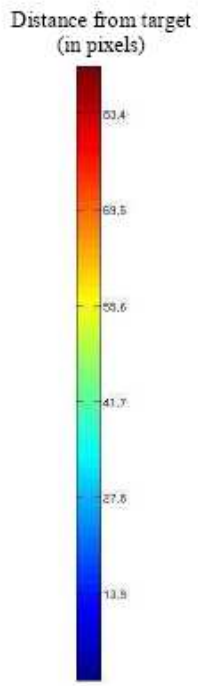
OPTIMISATION → IDENTIFICATION DES PROPRIÉTÉS

Propriétés donnant
le meilleur appariement :

C_{10} = 8,5 kPa
K_v = 42,9 kPa
pour la graisse

Ecart sans recalage

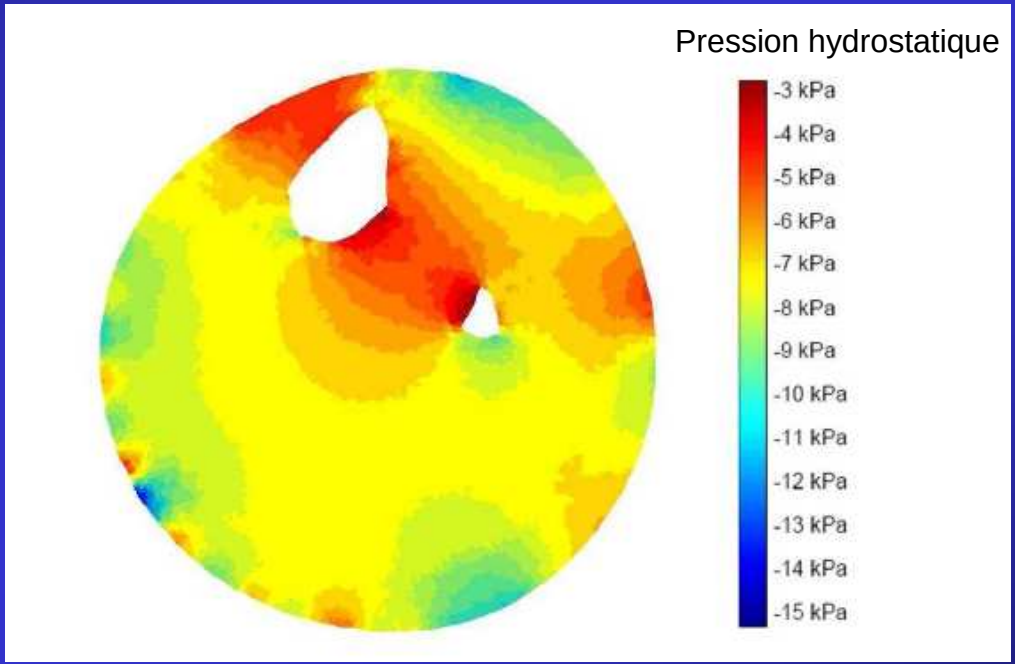
C_{10} = 12,9 kPa
K_v = 43,8 kPa
pour les muscles



jeu de propriétés
mécaniques
↓
Champs EF
↓
Image recalée
↓
Écart de recalage
sur les contours

Meilleur appariement obtenu

UTILISATION DU MODÈLE RECALÉ POUR CALCULER LES PRESSIONS LOCALES



Premiers résultats :

↓

Modèle à affiner

PLAN

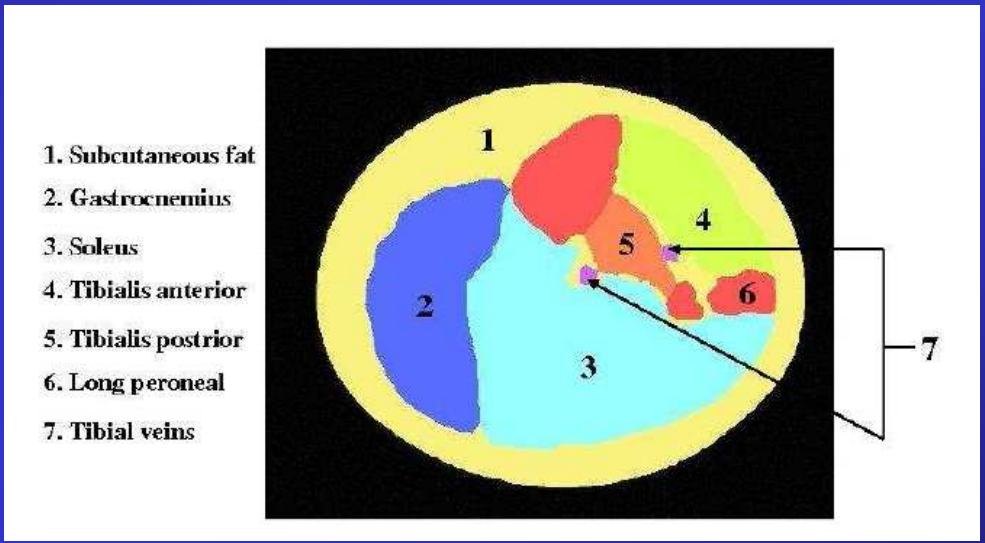
- Problématique industrielle et médicale
- Modèle numérique de la jambe humaine sous contention
- Caractérisation mécanique des articles de contention
- Recalage du modèle numérique avec images médicales
- Conclusions et perspectives

VERS DES MODÈLES PLUS SOPHISTIQUÉS ET RÉALISTES

→ Modélisation 3D

→ Multi-matériaux

→ Comportement poro-élastique



VERS LE TRANSFERT INDUSTRIEL ET MÉDICAL

- Modèle de dimensionnement personnalisé de la contention applicable cliniquement :

  → ***vers le dosage médicamenteux.***

- Amélioration des procédures expérimentales de caractérisation des textiles.