



Laboratoire  
Mécanique  
Lille



L  
M  
L

**BioTiM**

Biomedical Soft

Tissue

Modelling Research Group

# Biomécanique et physiologie des cystocèles : biomécanique des tissus et simulation de l'anatomie pelvienne

Michel COSSON, Olivier MAYEUR, Pauline LECOMTE,  
ChrysteLe RUBOD, Mathias BRIEU

16/04/2015



[lml.univ-lille1.fr](http://lml.univ-lille1.fr)

# DISCLOSURES

---

- Consultant, Honorarium
  - Boston scientific, AMS, Allergan
  - Teaching sessions : Olympus, Boston, AMS
- 3 Patents in process in mesh kits
- Research project development new physiologic synthetic mesh
- Scientific societies IUGA, SIFUD, e UGA, CNGOF, SCGP

# PELVIS : PROPRIÉTÉS SPÉCIFIQUES : MOBILITÉ

- COMBIEN : patiente normale = forte mobilité : IRM dynamique
- POURQUOI : tissus hyper élastiques
- COMMENT : suspensions et système cohésion original : Simulation biomécanique

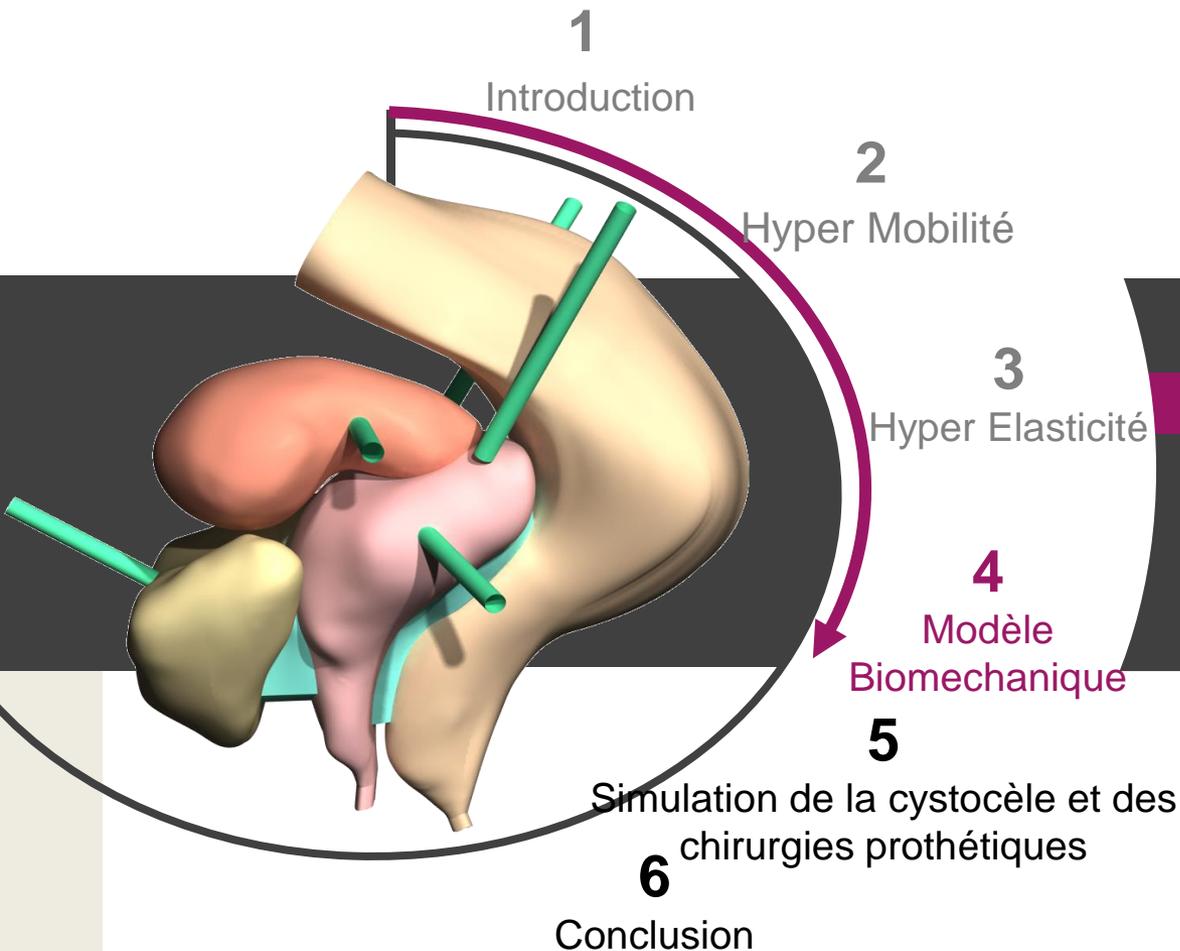
## Mobilité IRM:

Illustrations des mobilités normales et pathologiques

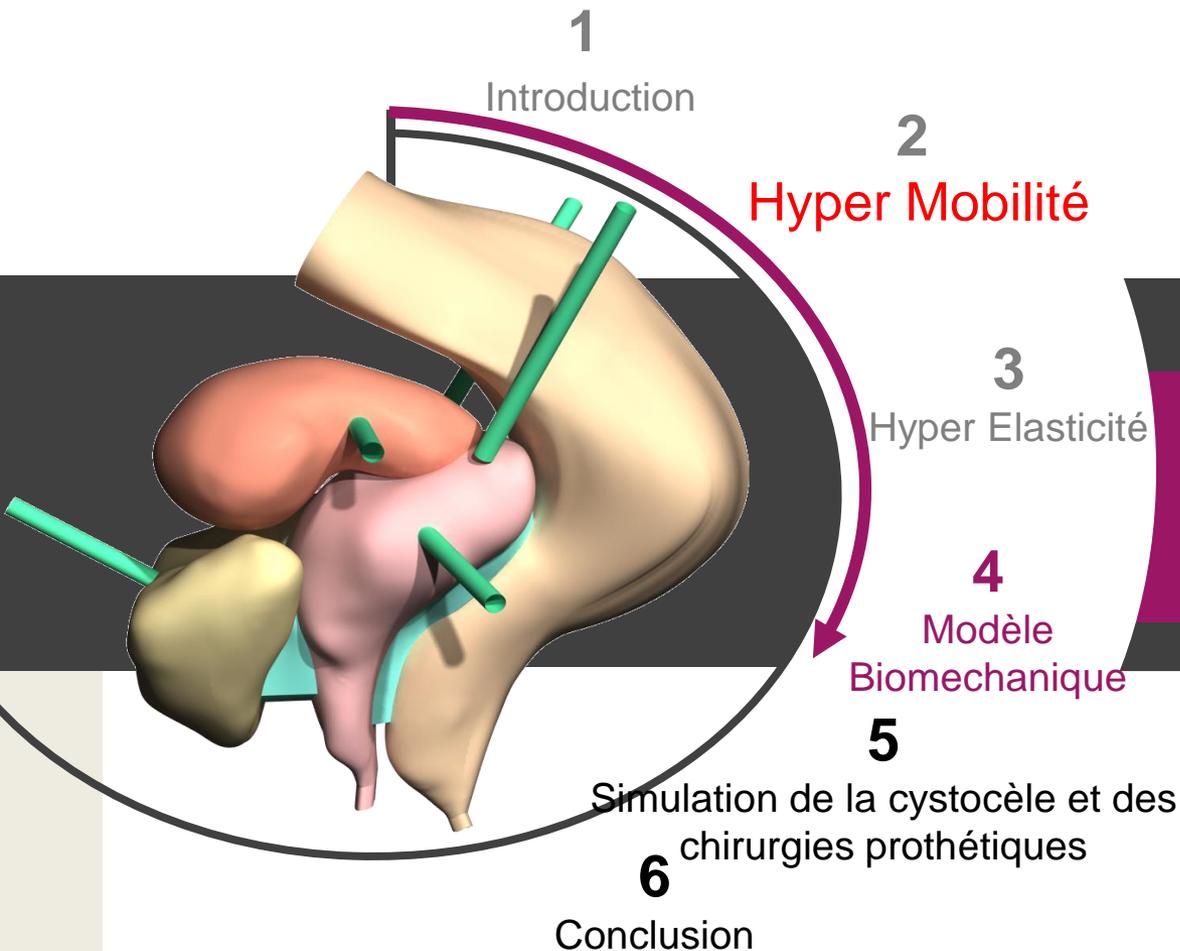
Développe une évaluation quantitative des mobilités pelviennes

Analyse des différentes régions de mobilités différentes

# Biomécanique et simulation anatomique de la cavité pelvienne de la femme



# Biomécanique et simulation anatomique de la cavité pelvienne de la femme



## Question

*Quantification des mobilités normales et pathologiques ?*

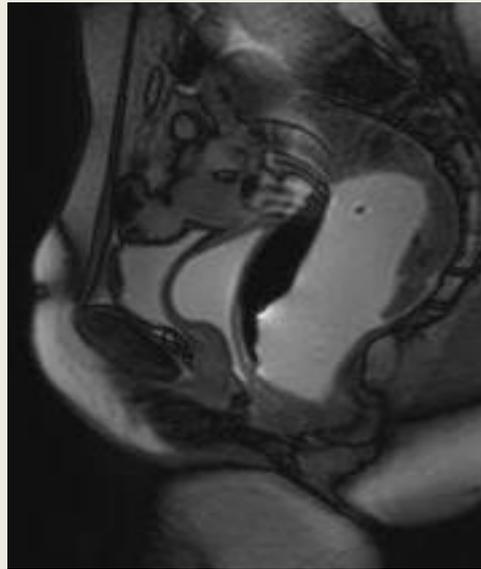
# MOBILITÉS DE LA CAVITÉ PELVIENNE: IRM DYNAMIQUE

**Mobilité normale**



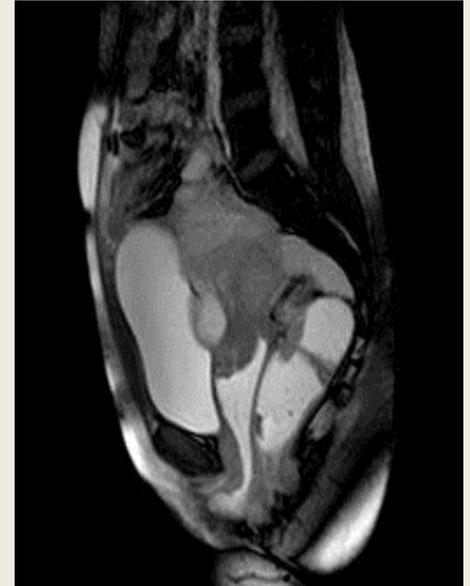
Patiente normale

**Hyper-mobilité**



Cystocèle grade IV

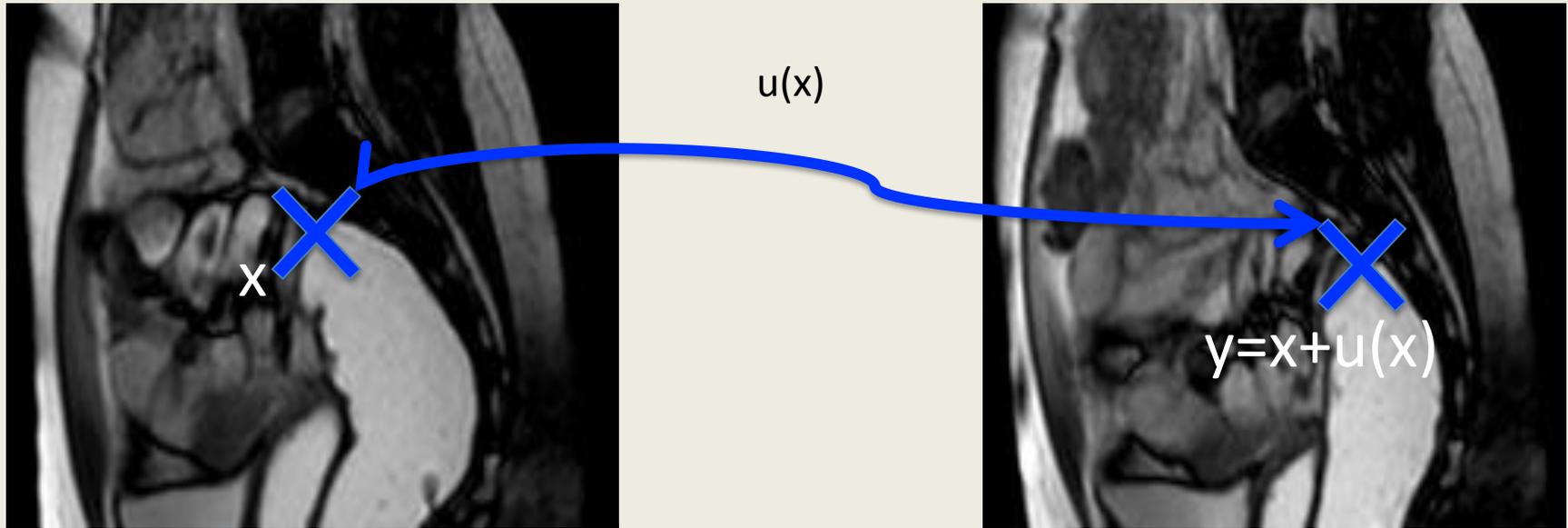
**Hypo-mobilité**



Endometriose

# QUANTIFICATION DES MOBILITÉS

Chaque point passe d'une position initiale  $x$  en se déplaçant  $u(x)$ , sa position finale est  $y$



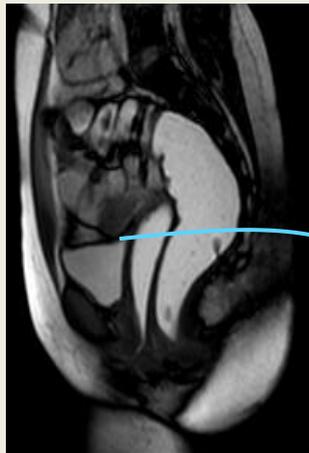
Niveaux de d'un nuage de pixels  
 $f(x)$

Suivi du même nuage  
 $g(y)$

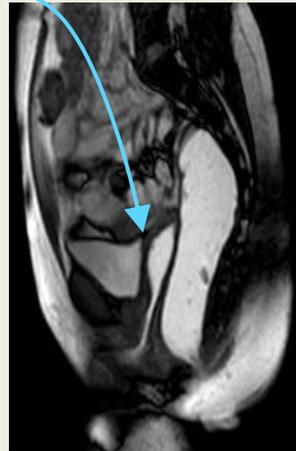
$u(x)$  est calculé de la manière suivante :  $f(x)=g(y)=g(x+u(x))$

# QUANTIFICATION DE LA MOBILITÉ

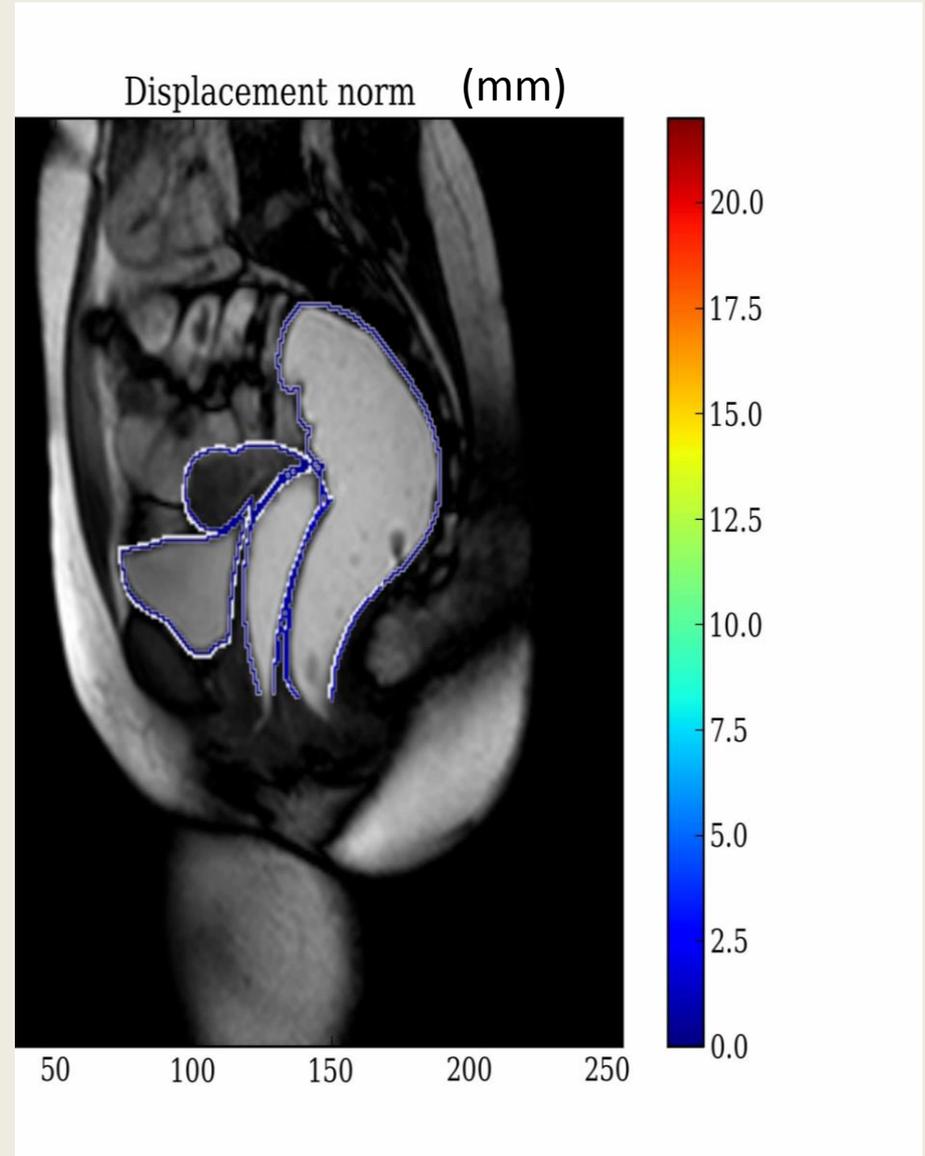
En blanc la position initiale des organes  
En couleur la quantification des mobilités  
de 0 (blanc) à 2 cm (rouge)



Position  
initiale



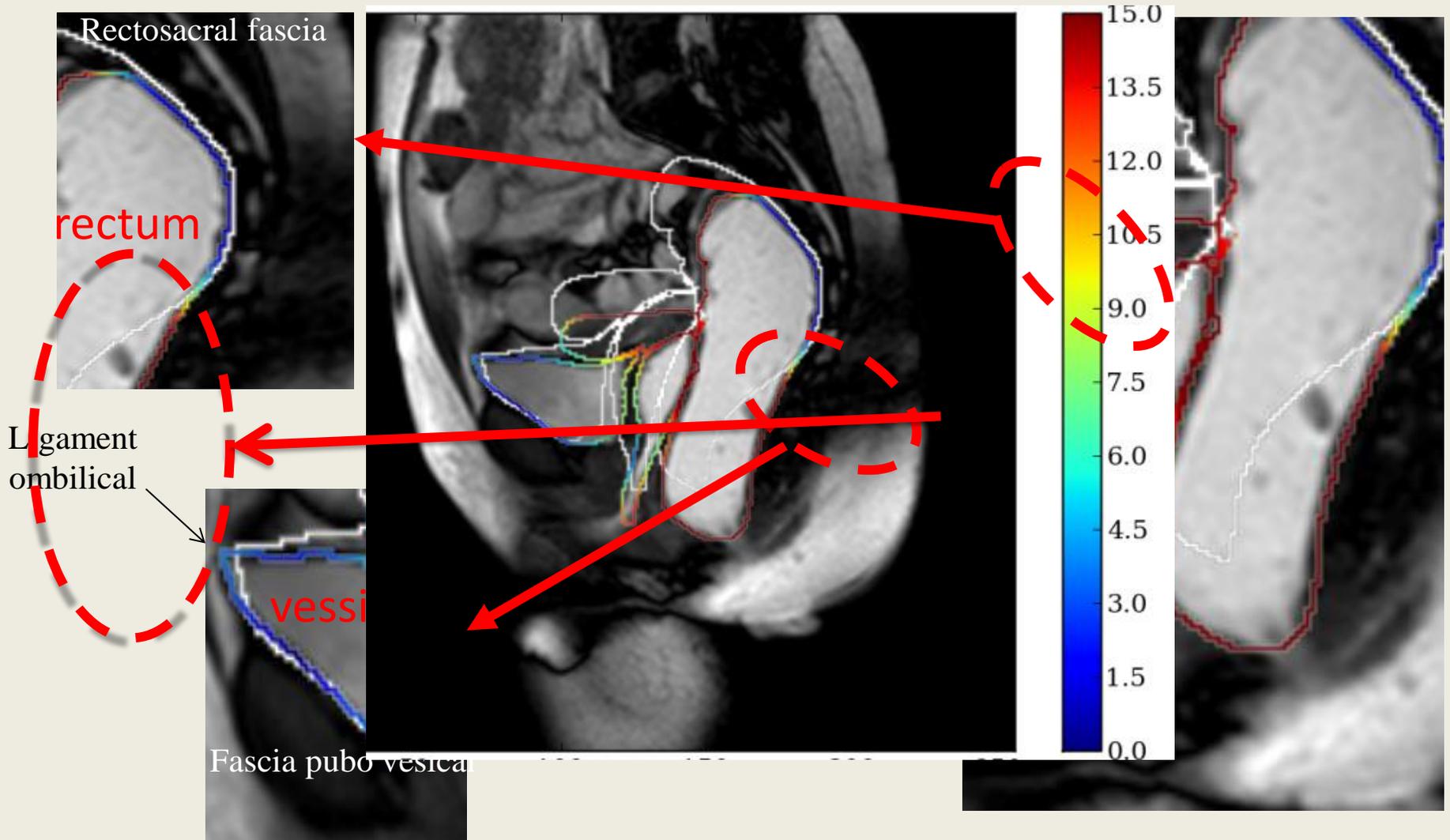
Après  
déplacement



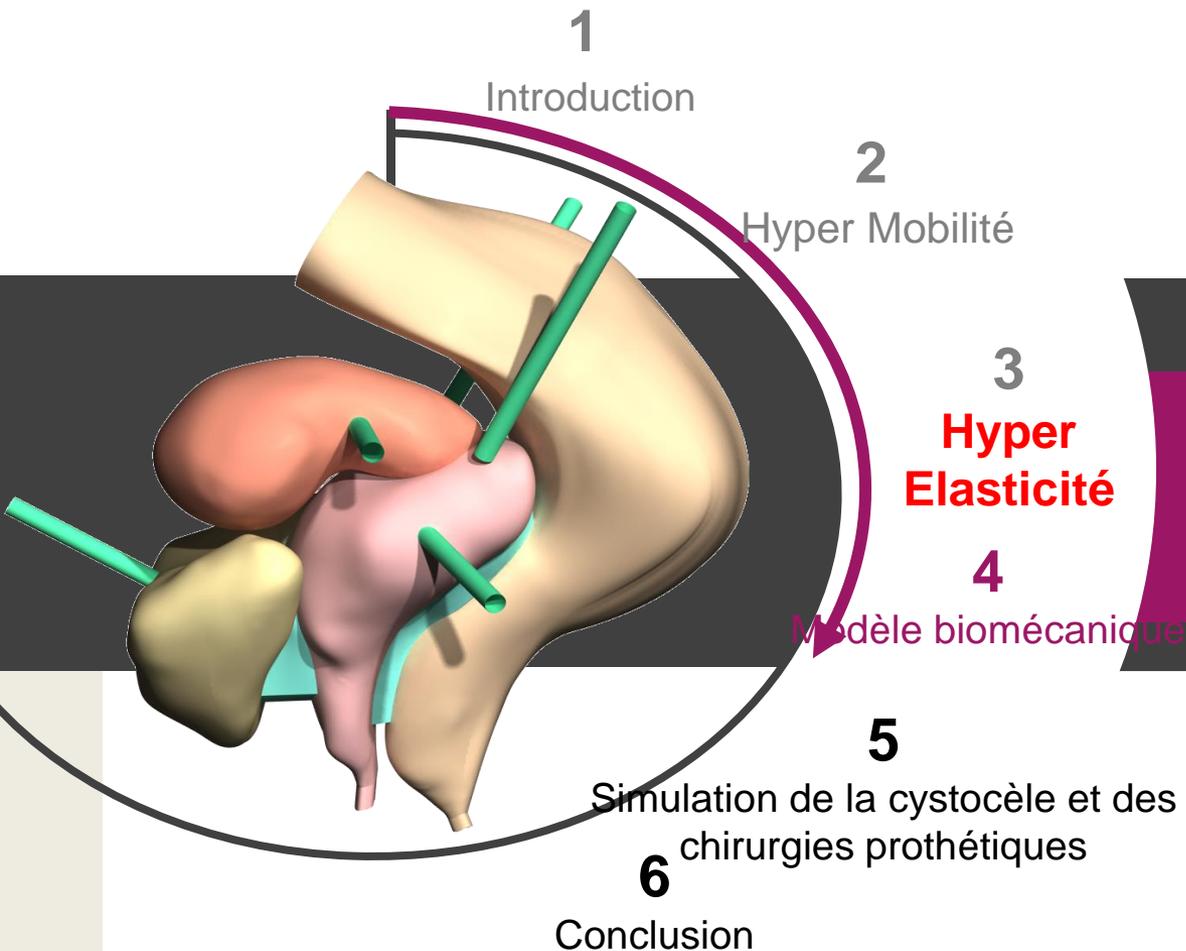
# PATIENTE NORMALE : ZONES DE MOBILITÉ

- Zones de faible mobilité

- Zones de forte mobilité



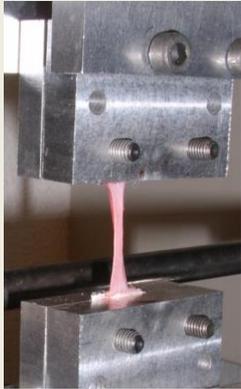
# Biomécanique et simulation anatomique de la cavité pelvienne de la femme



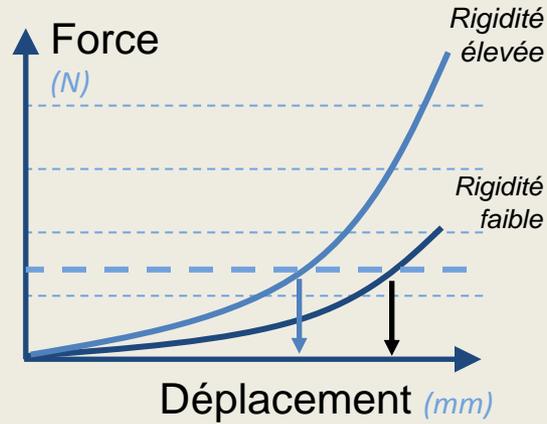
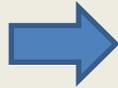
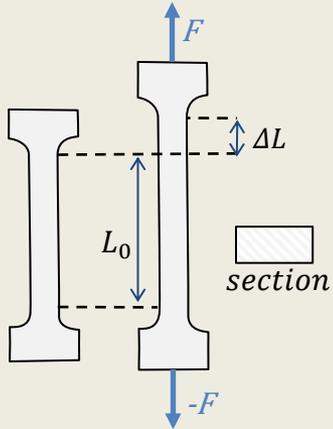
## Question

*Quelles sont les propriétés  
mécaniques des tissus ?*

# TESTS MECANIQUES SUR TISSUS PELVIENS



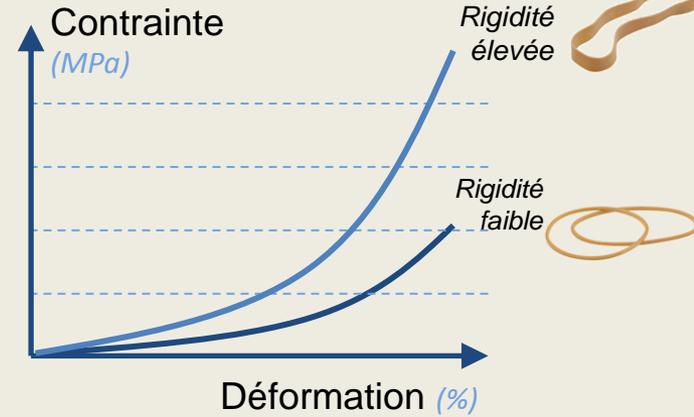
## Eprouvette de traction



## Mesure expérimentale

$F = \text{Force}$

$D = \text{Déplacement}$

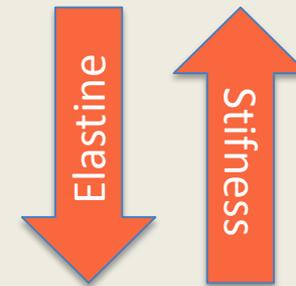
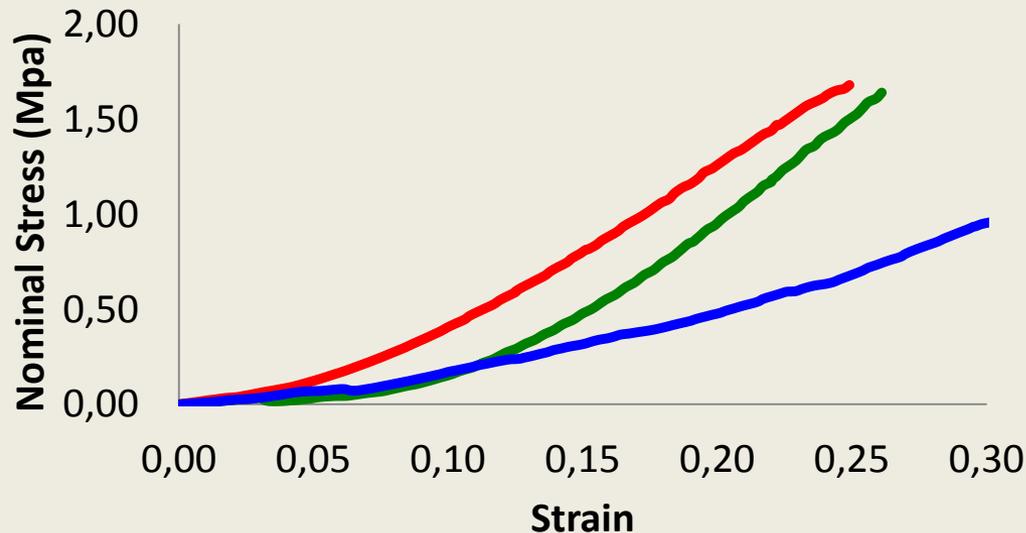


# CORRÉLATION HISTO DE L'HYPER ÉLASTICITÉ DES TISSUS

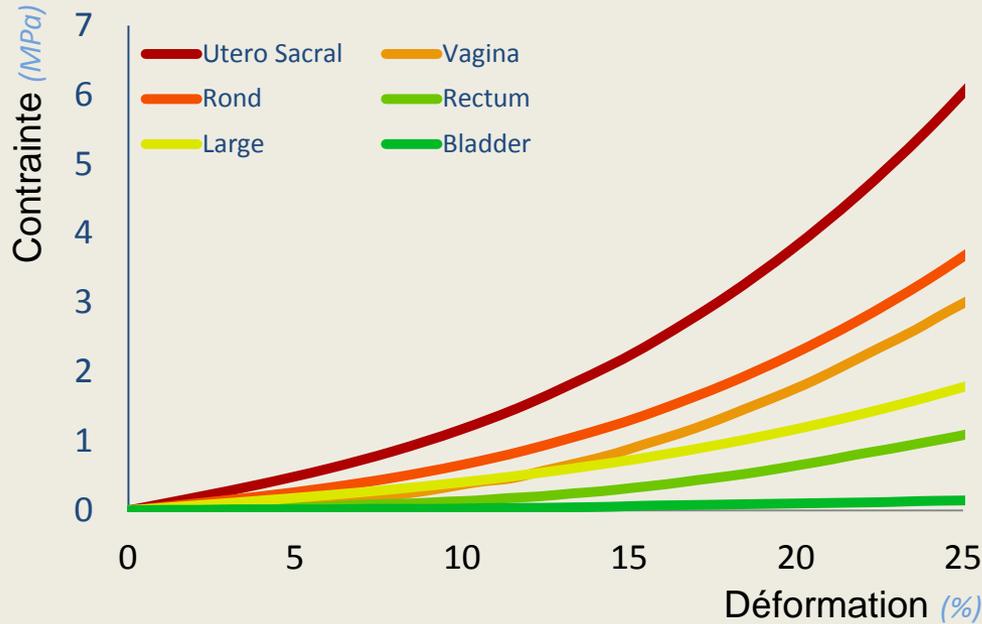
## Tissus conjonctifs pelviens



Analyse histo morphométrique



Elasticité est fonction de la proportion relative  
du **collagène / élastine**

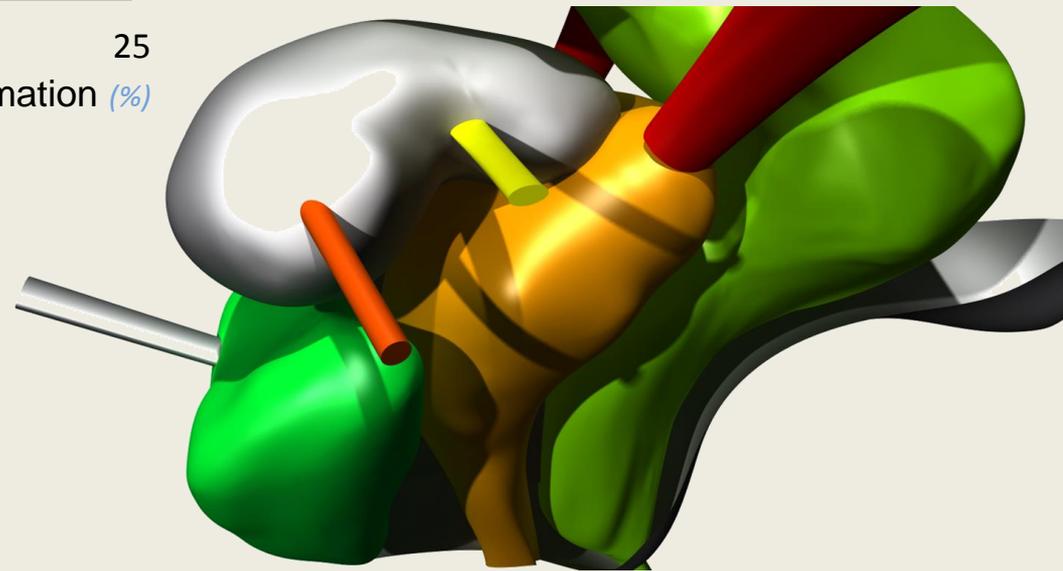


## Population

25 Sujets Humains Post-Mortem  
(Non pathologique)  
caucasien, moyenne 60 ans

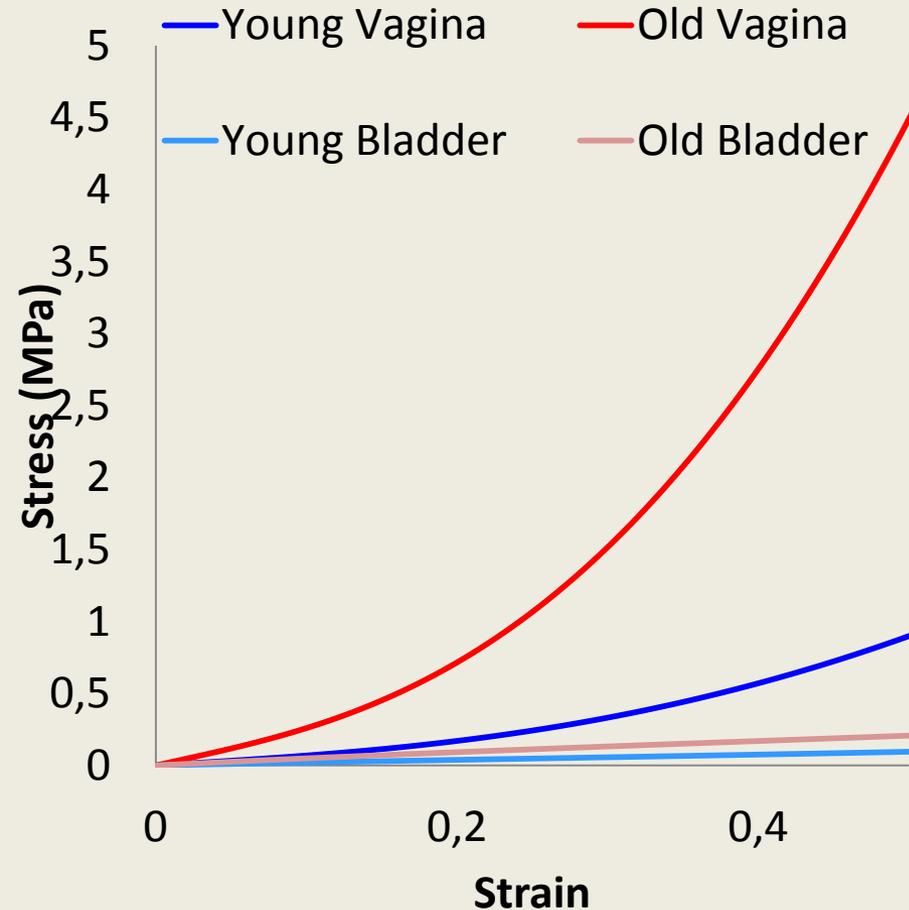
**Organes:** Vagin, Vessie, Rectum

**Ligaments:** US, ronds, larges

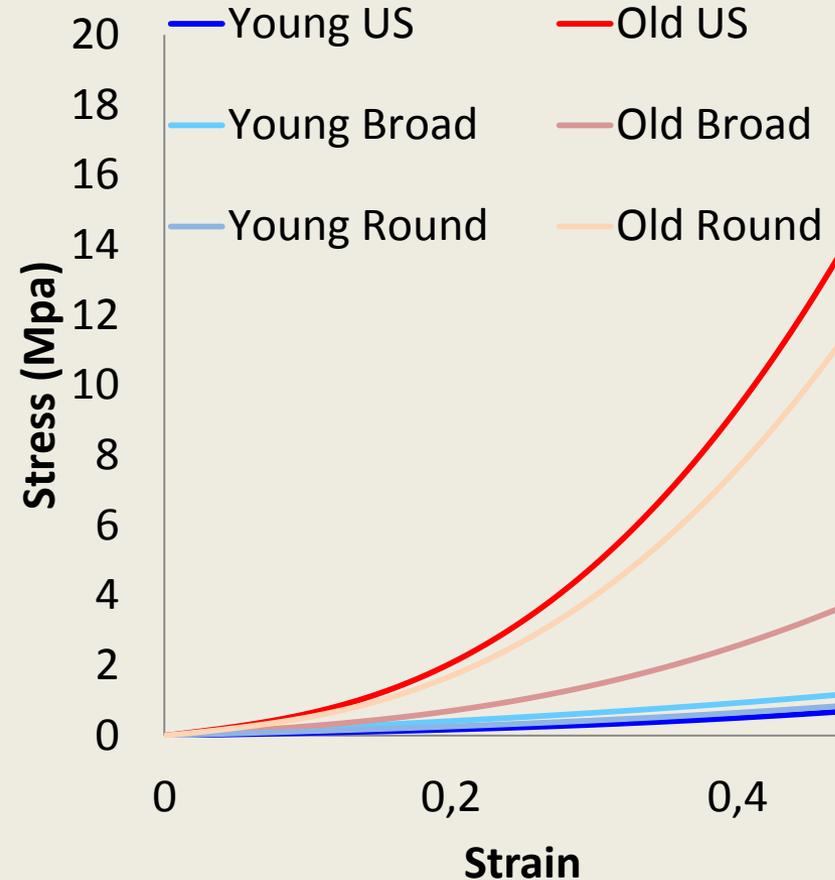


# IMPACT DU VIEILLISSEMENT : RIGIDITÉ

## Organes



## Ligaments



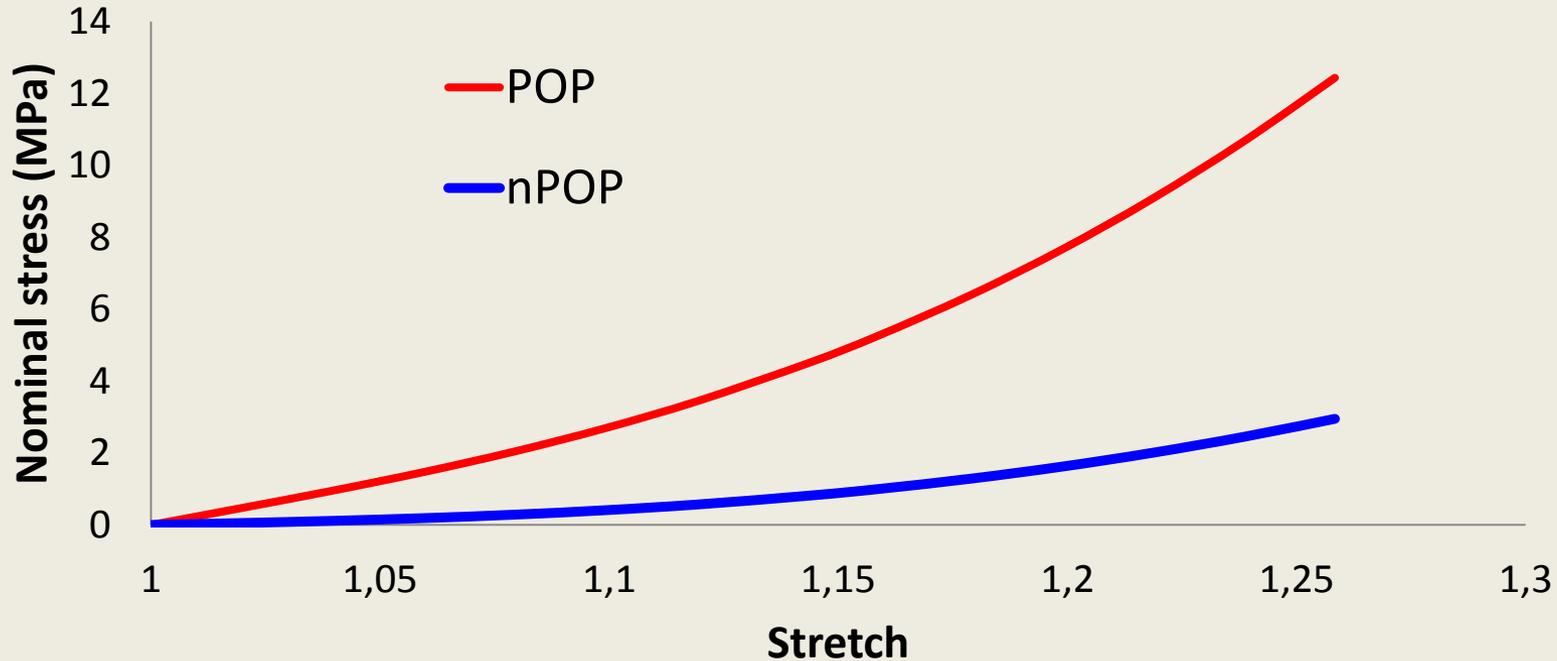
Rigidité augmente avec l'âge

Les tissus évoluent de manière différentes / sollicitations

Ligaments et fascia vaginaux : adaptation +++

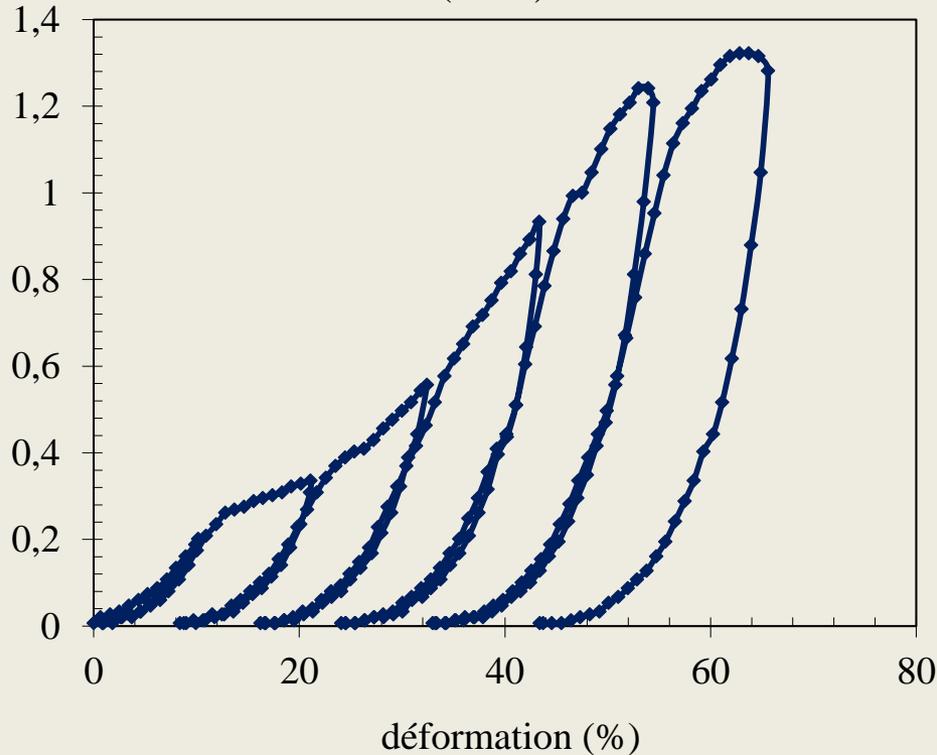
# PROLAPSUS GÉNITAUX : PLUS RIGIDES

## Comparaison des tissus vaginaux prolabés / non prolabés



# COMMENT LES TISSUS PELVIENS S'ENDOMMAGENT ?

contrainte nominale (MPa)



## Dégradation of tissus ?

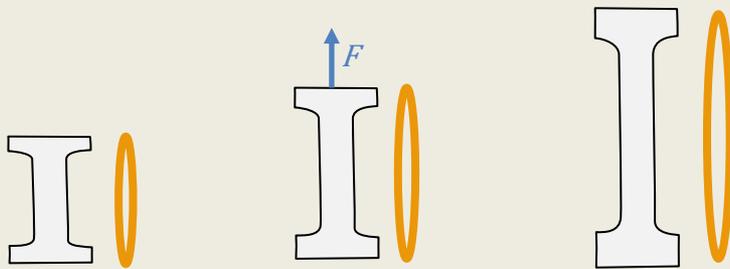
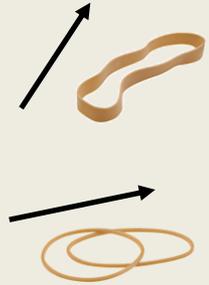
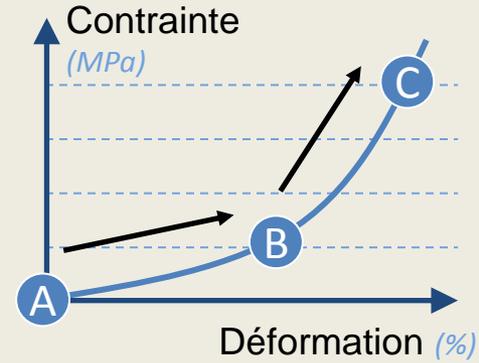
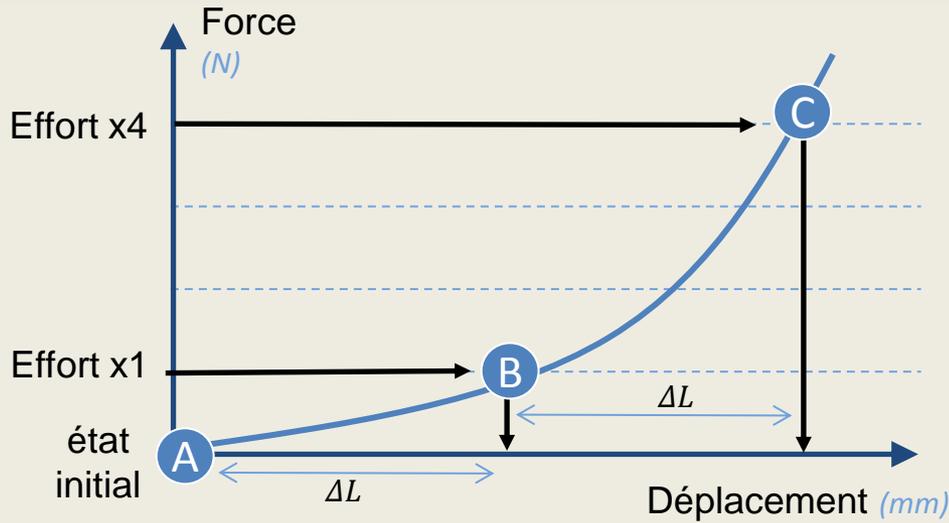
- Tissus âgés sont plus rigides
- Tissus prolapsés sont plus rigides
- Tests cycliques : tests tissus hyperélastiques

- Endommageables

- Elongation résiduelle

**Effet Mullins** : les tissus deviennent plus **RIGIDES** et sont **ALLONGES**

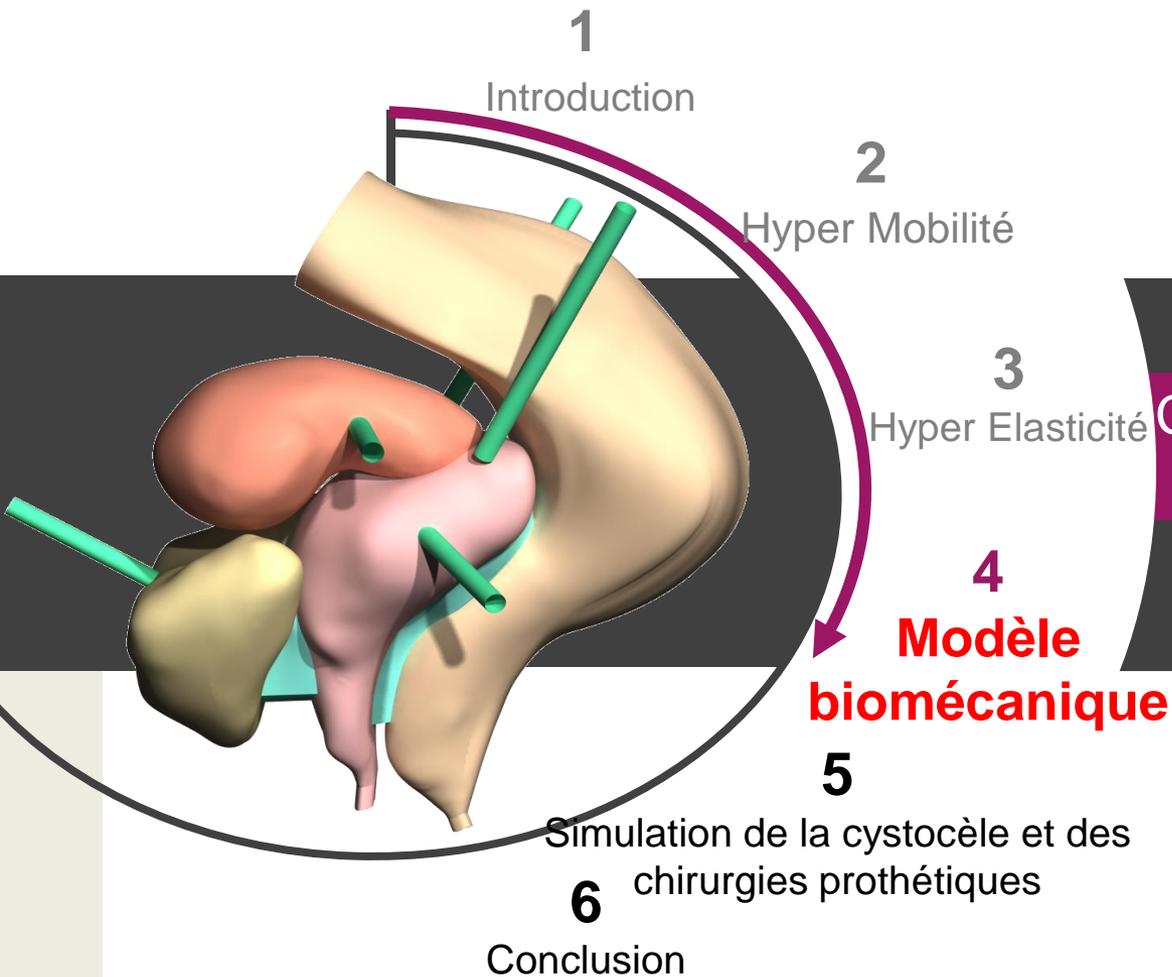
# Vieillessement : Enraidissement + allongement tissus



Etape	A	B	C
Effort	0	$F$	$4.F$
Déplacement	$L$	$L + \Delta L$	$L + 2.\Delta L$

- Allongement
- Enraidissement et perte élasticité

# Biomécanique et simulation anatomique de la cavité pelvienne de la femme



Comment construire un modèle biomécanique valide ?

# Model Generation | 3D reconstruction to FE model

A | MRI technics

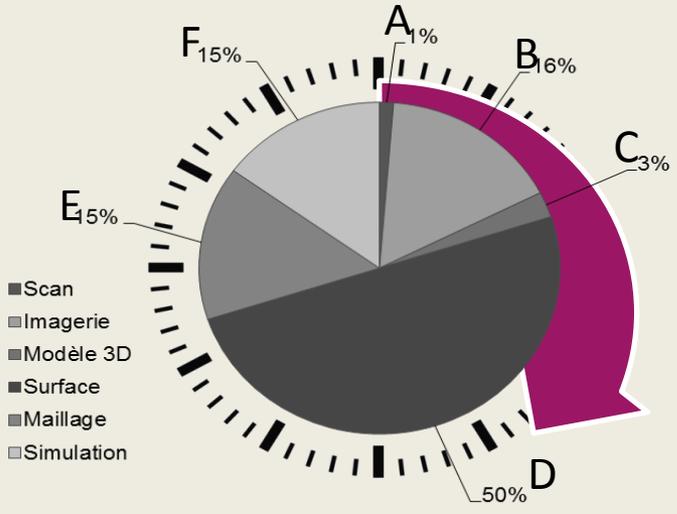
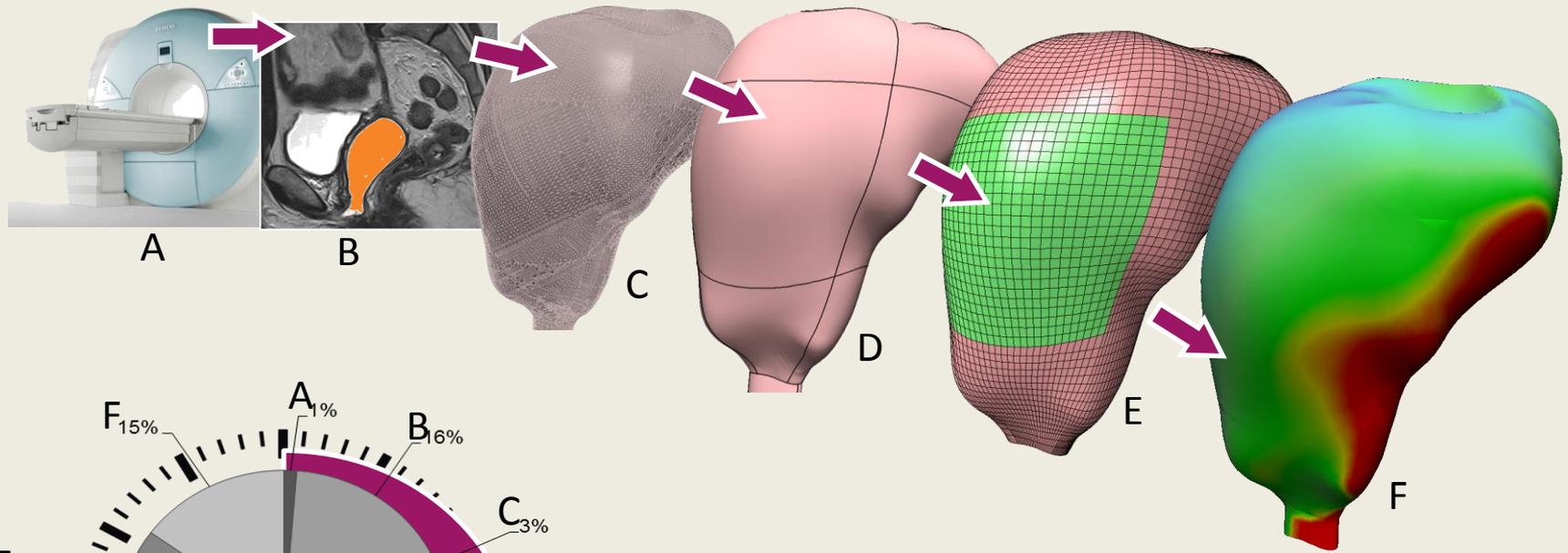
B | Medical imaging  
DICOM + AVIZO

C | 3D model  
AVIZO + DS CATIA

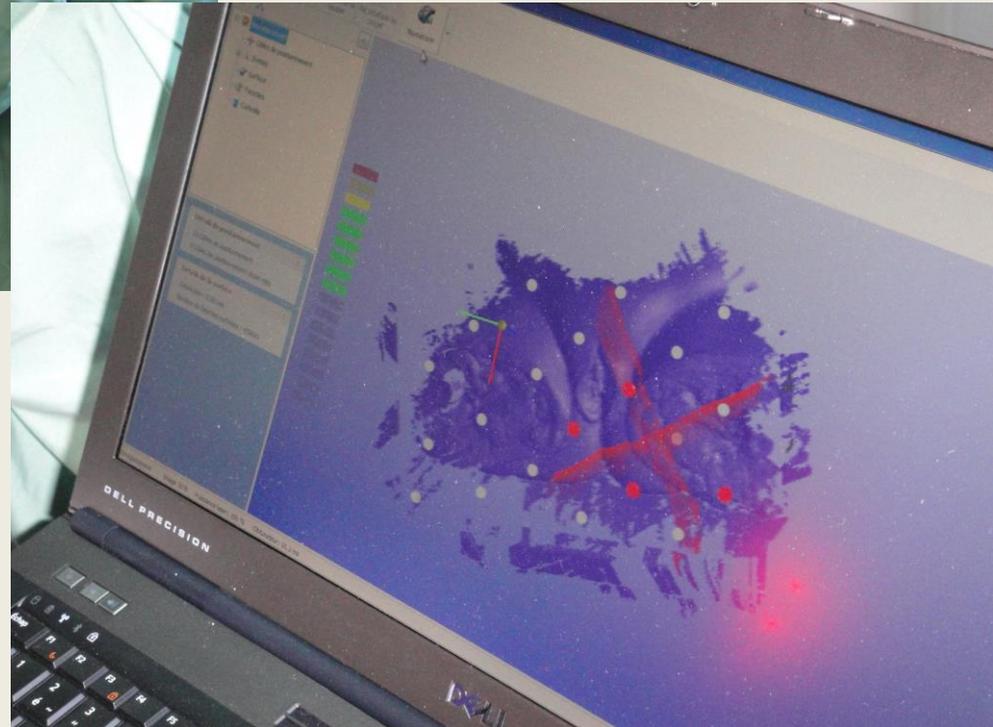
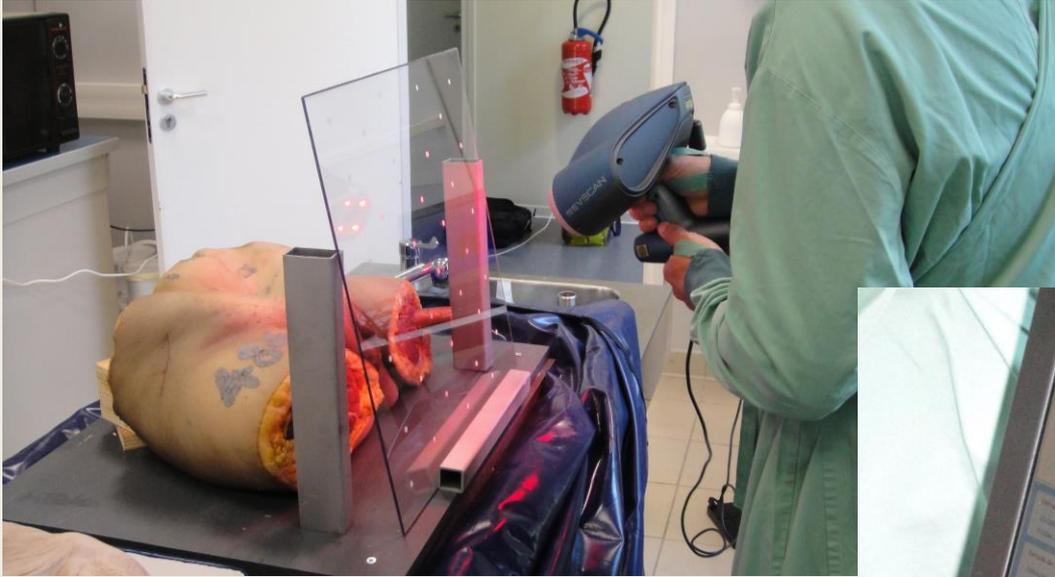
D | Area  
DS CATIA

E | FE model  
ABAQUS

F | Simulation  
ABAQUS



# ACQUISITION DE ZONES ANATOMIQUES DÉLICATES



SCANNER PORTABLE 3D

# ANATOMIE 3D / DESSINER LES DETAILS

---

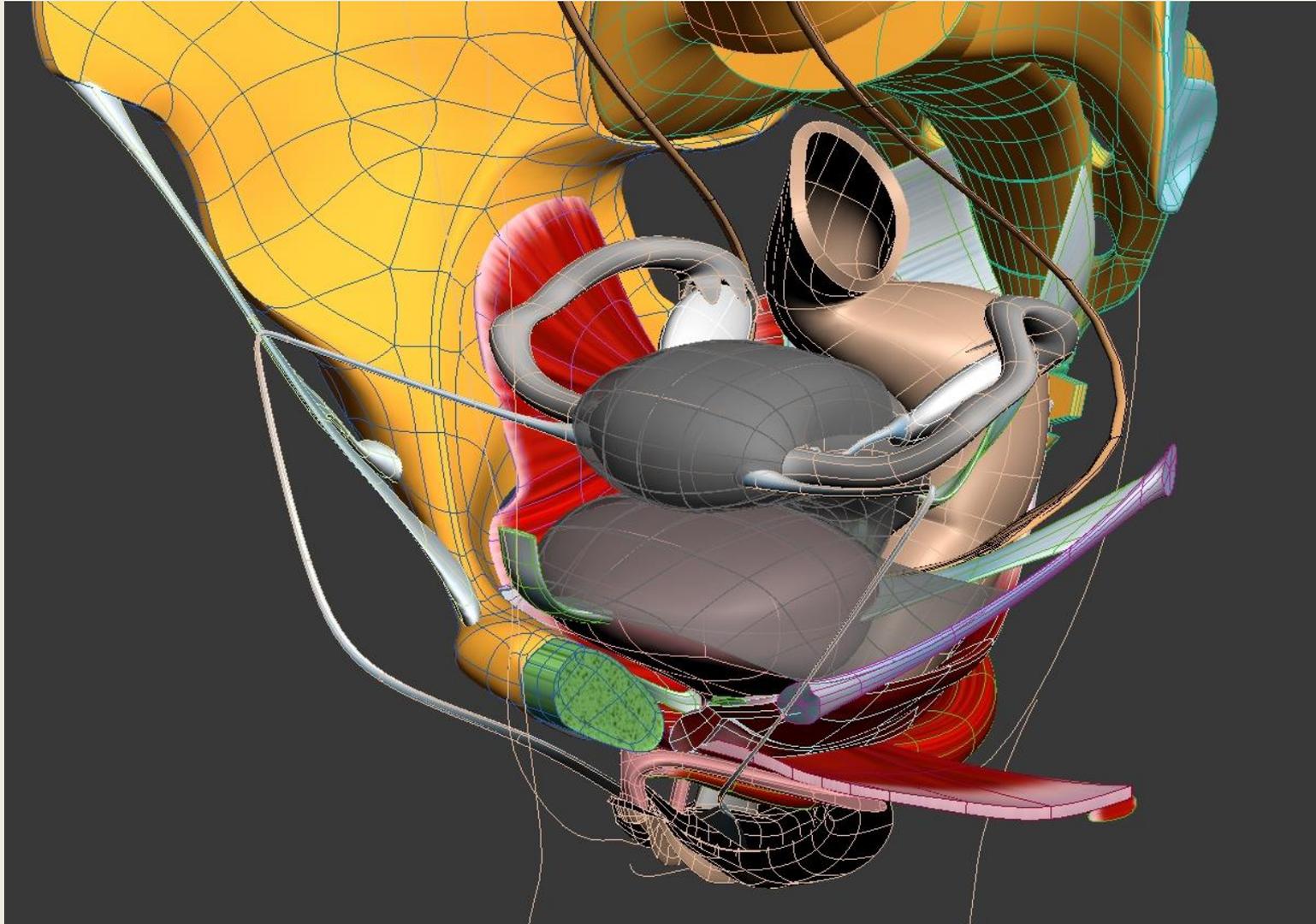
Unf3s.org : ressources médicales - anatomie 3D\_:

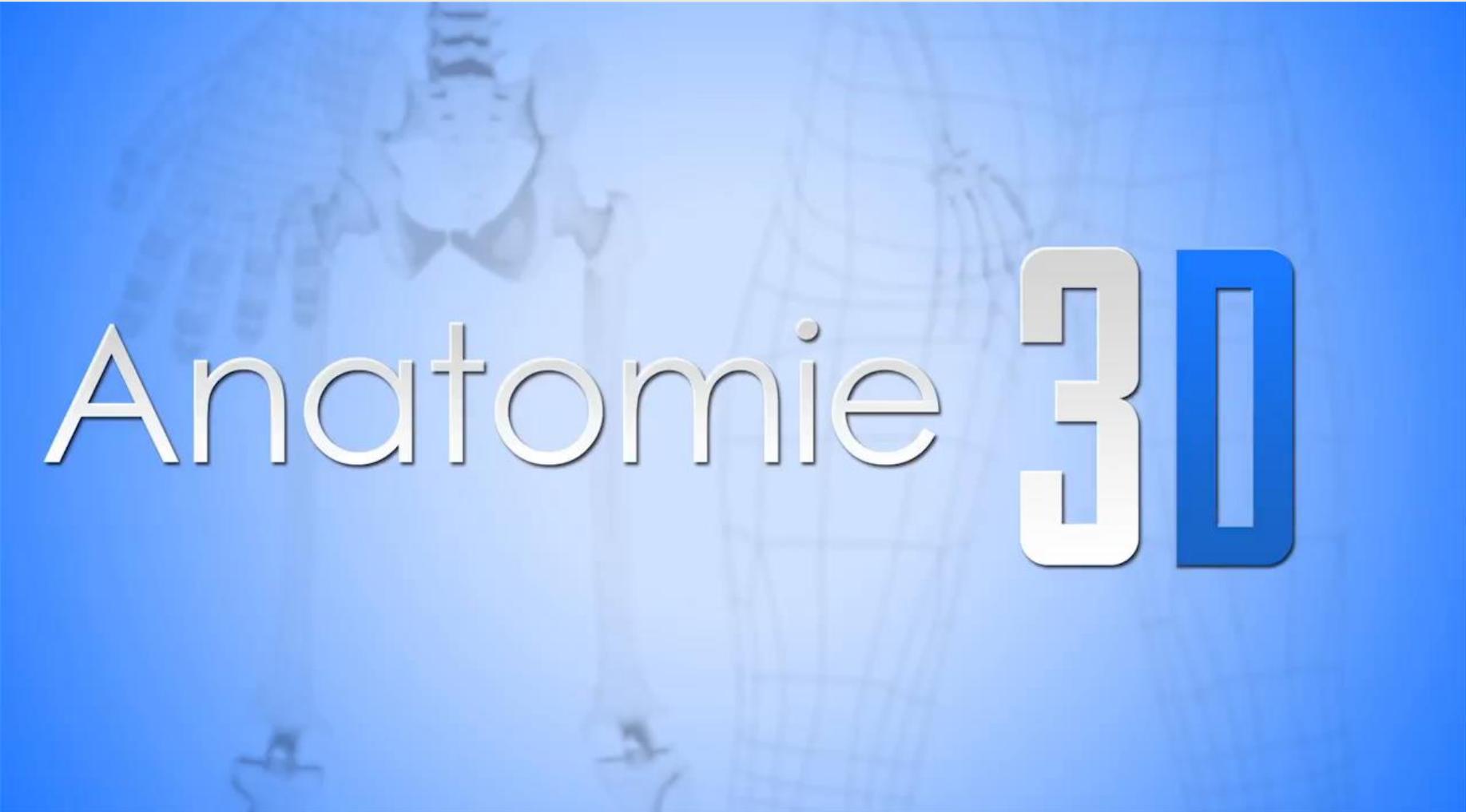
Accès libre et gratuit



# ANATOMIE PELVIENNE 3D PELVIC :

## APPLICATION UNITY

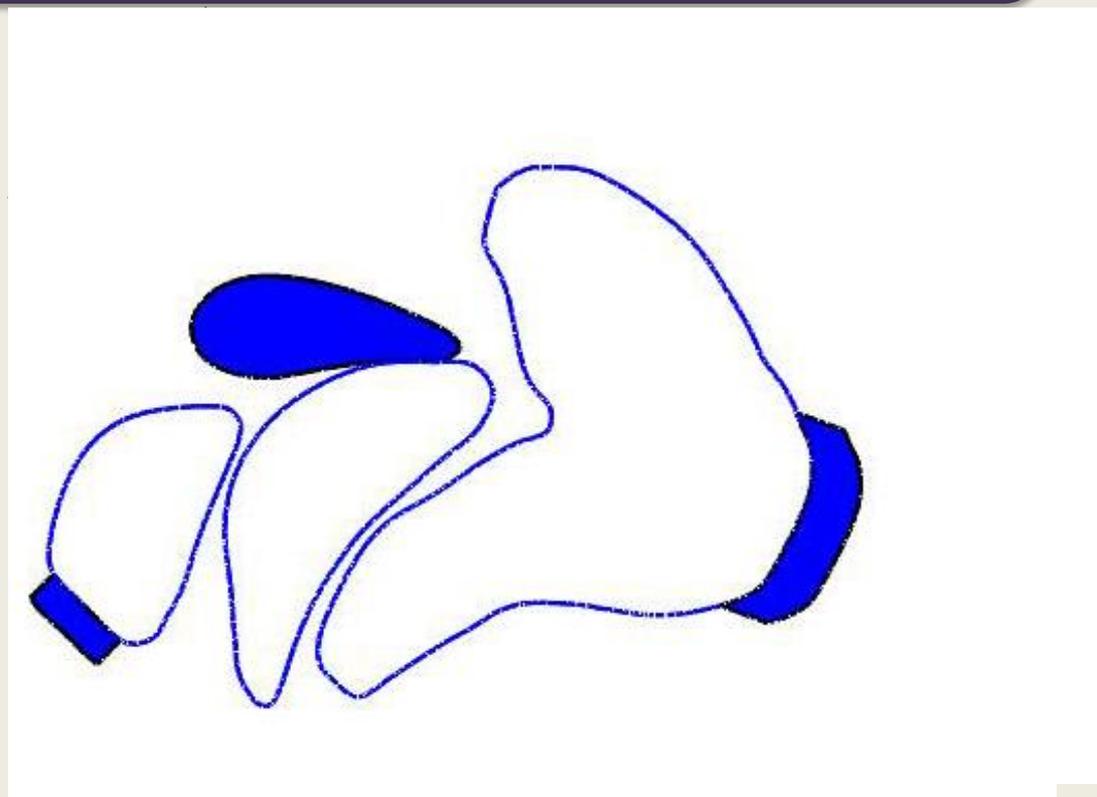
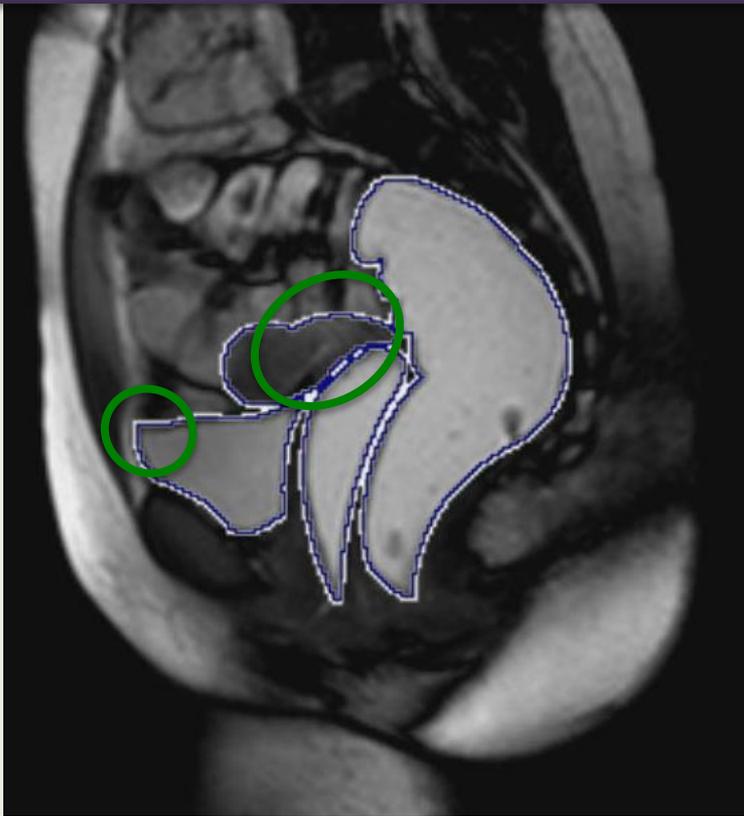


The background of the slide features a blue gradient with faint, semi-transparent 3D wireframe models of the human pelvis and spine. The models are rendered in a light blue color, showing the skeletal structure and the complex network of ligaments. The word "Anatomie" is written in a white, sans-serif font with a slight shadow effect, and the "3D" is rendered in a large, bold, white font with a blue gradient and a shadow effect.

# Anatomie 3D

# MODÈLE AVEC LIGAMENTS/SUSPENSION PARAVAGINALE

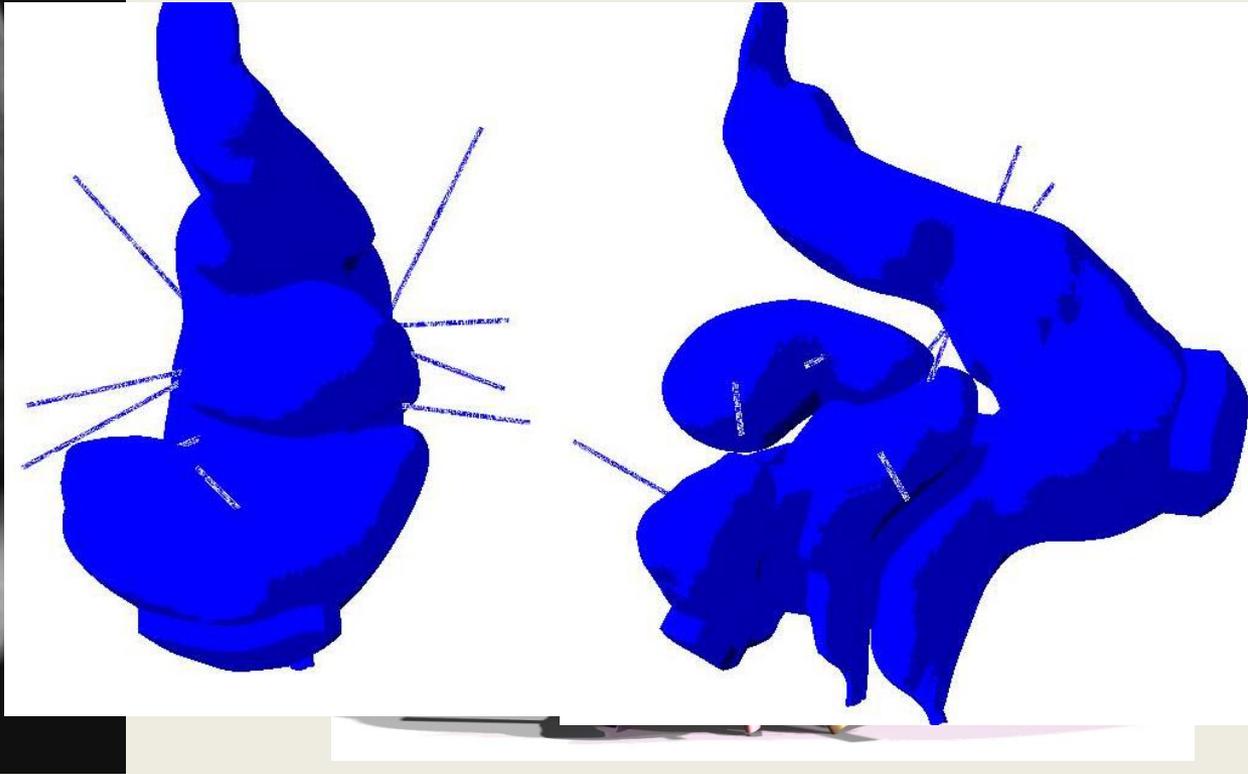
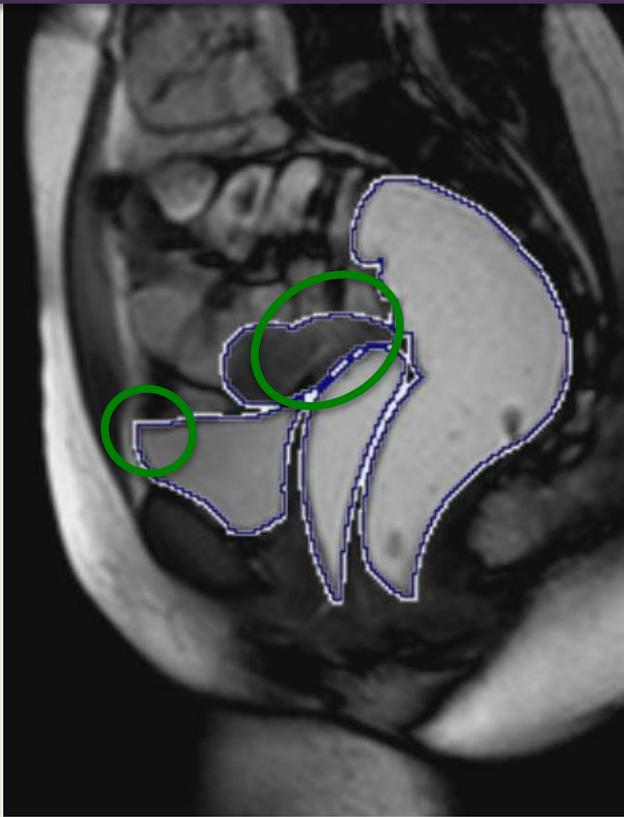
Reconstruction IRM + ligaments & fascia  
+ suspension paravaginale



Différence maximum Simulations / IRM = 7.8 mm

# TOWARDS A FUNCTIONAL MODEL

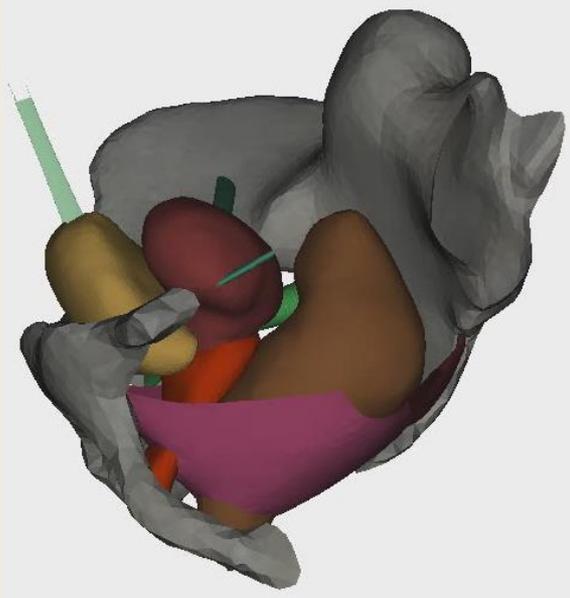
Modèle précédent + fascias inter organes



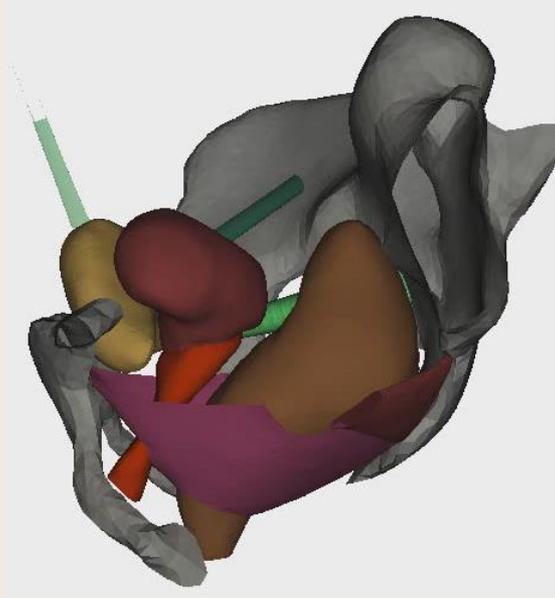
Différence max = 3 mm : résolution de l'IRM

# CRÉER DES PATHOLOGIES ET ÉVALUER LEURS TRAITEMENTS

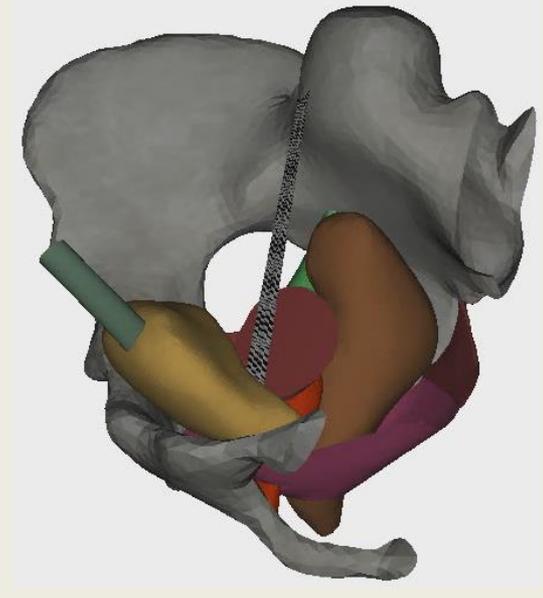
Simulation  
mobilités normales



Simulation des  
Cystocèle  
Différentes théories

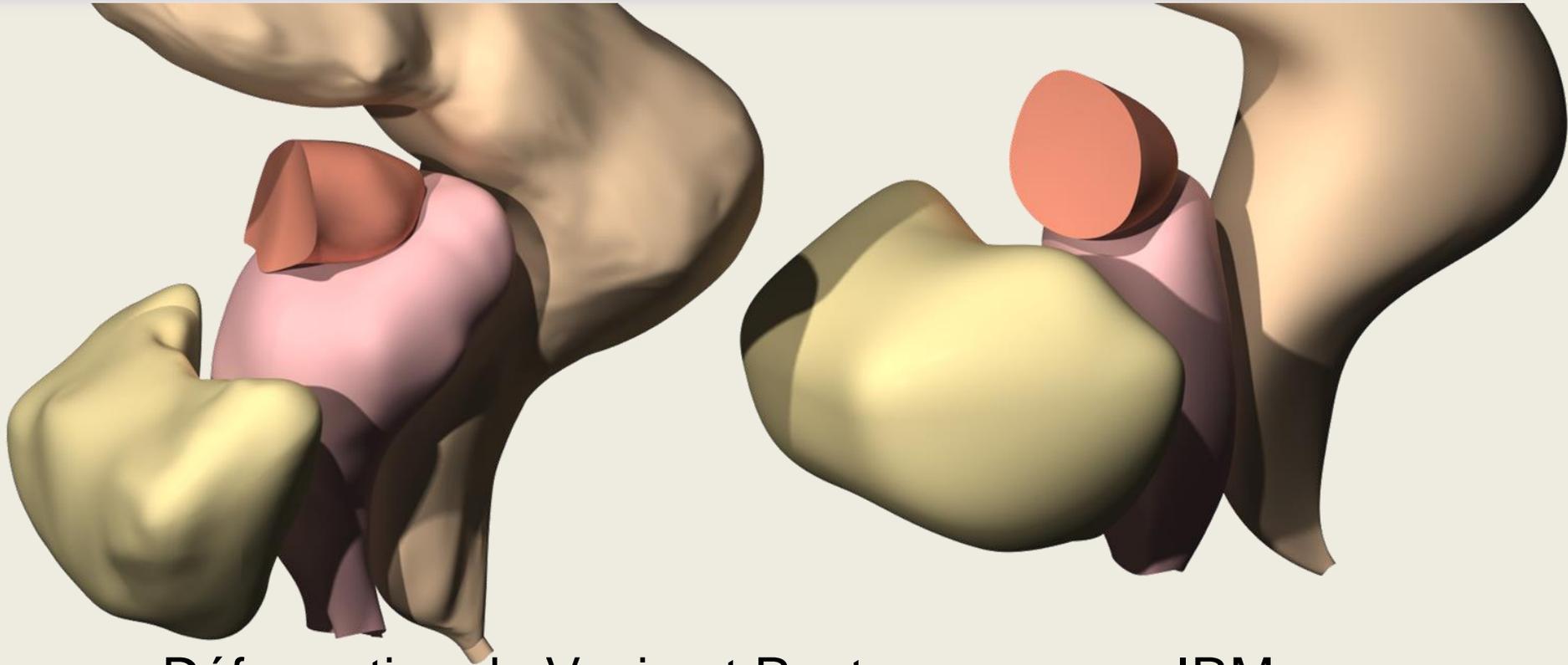


Chirurgies  
prothétiques



Simulations pour proposer des prises en charge  
personnalisées

# MODELE DE SIMULATION GENERIQUE



Déformation du Vagin et Rectum en cours IRM par remplissage gel

Vessie : possibilité de remplissage vésical

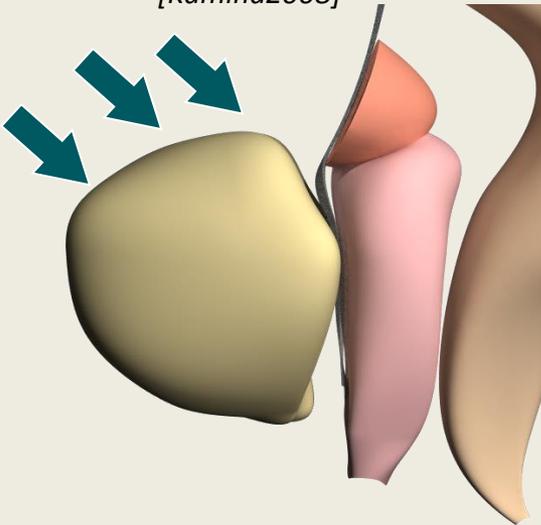
Personnalisation du modèle / latéralisation, taille utérus

## Pressions

Modifications des contraintes

Exemple:

*toux = pressions 10-3 MPa  
orientation 45 degré  
[Kamina2008]*



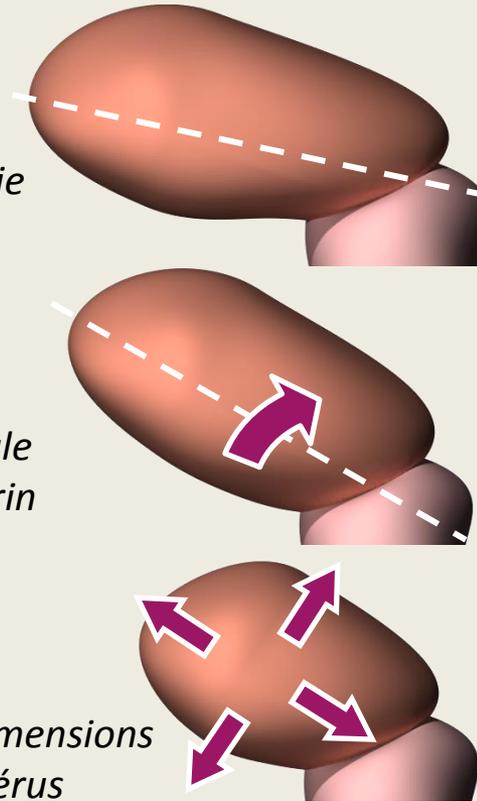
## Géométrie

Modèle paramétré du pelvis  
Exemple:  
Géométrie utérine

Géométrie  
initiale

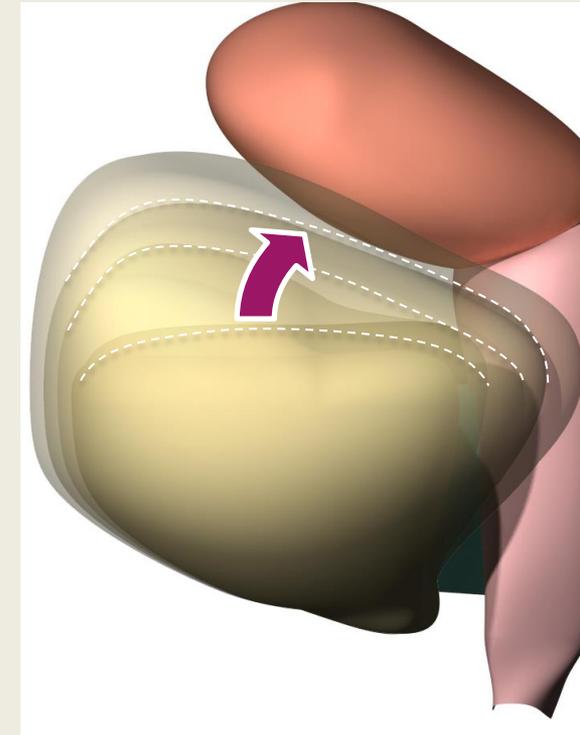
Angle  
utérin

Dimensions  
utérus



## Volume vésical

Influence sur mobilités organes



# CONCLUSIONS

- Organes pelviens hyper mobiles avec des zones de mobilité très variables
- Rôle +++ physiologie vésicale, rectale, obstétricale et sexuelle
- Tissus conjonctifs hyper élastiques composés de collagènes et d'élastines
- Vieillessement tissus pelviens : enraidissement et allongement, plus marqué pour les tissus sollicités
- Modélisation anatomie à partir IRM et reconstruction des suspensions et du périnée
- Utilisations pédagogiques des reconstructions anatomiques 3D
- Utilisation des modèles de simulation / physiologie, traitements
- Ouvre la possibilité de prise en charge personnalisée des patientes avec simulation des possibilités thérapeutiques +++