

Institut français
des sciences et technologies
des transports, de l'aménagement
et des réseaux

L'inconfort des selles de vélo

GERI vélo – 14 octobre 2016

Laura DUBUIS



Plan

1. Contexte
2. État de l'art
3. Projet de recherche
l'inconfort de la selle de vélo
4. Conclusion et Perspectives



Confort des selles de vélo

Pourquoi ?

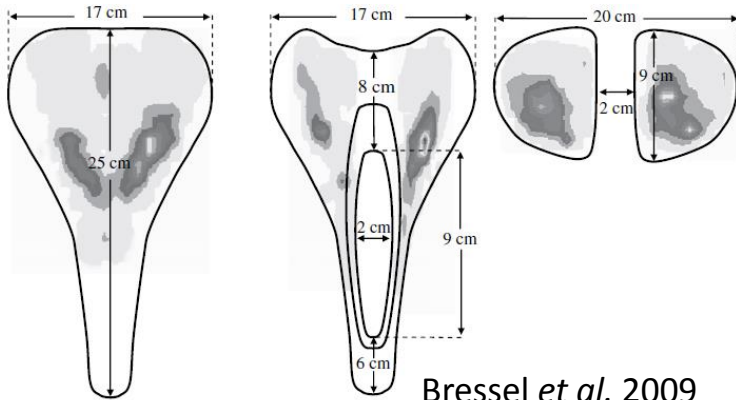
60% des pratiquants souffrent d'engourdissement génital, irritations, nodules, infertilité, ... (Leibovitch, 2005)

Objectifs :

- **Comprendre** l'origine des problèmes
- Connaître le **champ de contrainte** dans les tissus mous du bassin (périnée)
- Comparer les zones de forte contrainte avec **l'anatomie** (veines, nerfs, artères)
- Long terme : création d'un **outil de prédiction personnalisée** du confort

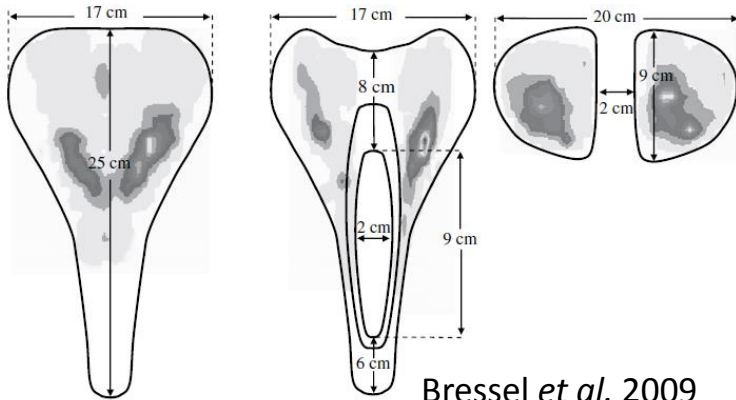
État de l'art

Mesure de la pression d'interface



État de l'art

Mesure de la pression d'interface



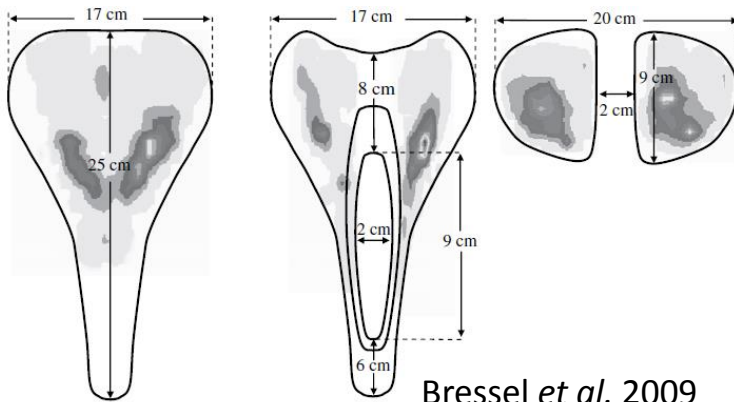
Bressel *et al.* 2009

Nappes de pression



État de l'art

Mesure de la pression d'interface



Bressel *et al.* 2009

Nappes de pression



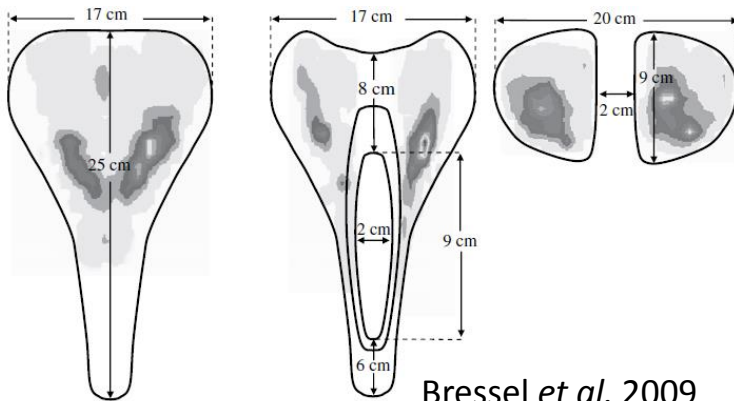
Avantages/inconvénients

- Facile à utiliser
- Dynamique
- Suppression
- Comparaison

- Dans les tissus ?
- Frottement ?
- Erreur de mesure
- Résolution

État de l'art

Mesure de la pression d'interface



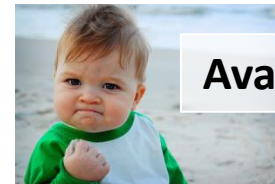
Nappes de pression



Quelques résultats

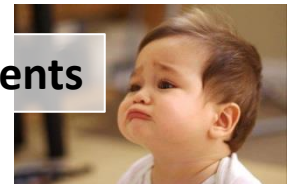
La pression dépend :

- De la puissance développée
- De la cadence de pédalage
- De la position
- Type de selle
- Morphologie/genre



Avantages/inconvénients

- Facile à utiliser
- Dynamique
- Suppression
- Comparaison



- Dans les tissus ?
- Frottement ?
- Erreur de mesure
- Résolution

État de l'art

Mesure de la pression d'interface

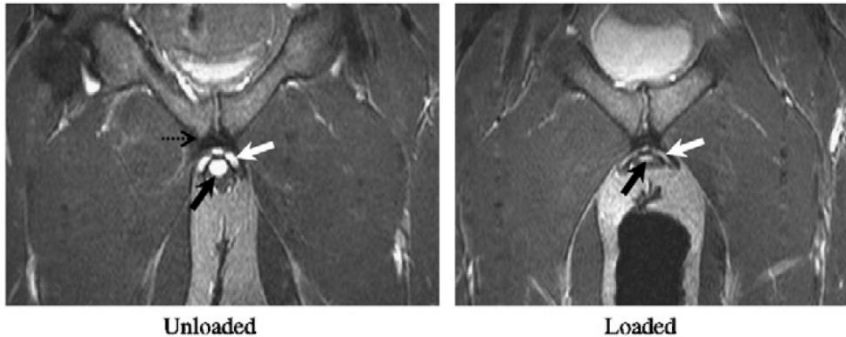
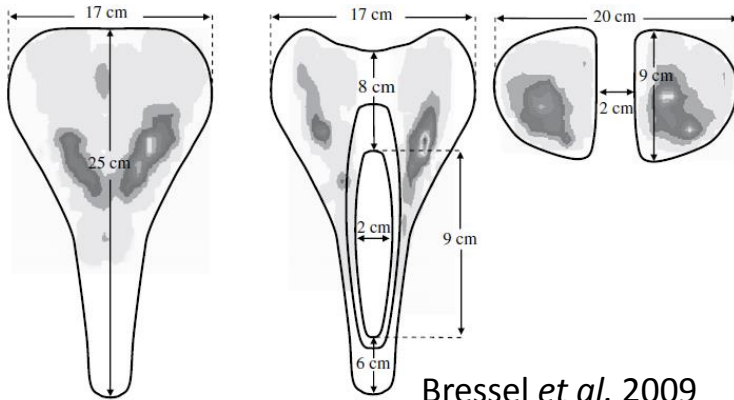
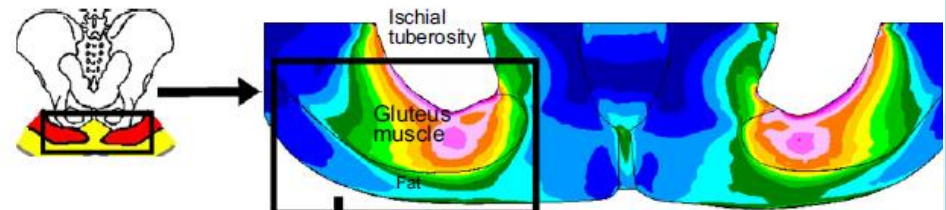


Fig. 3. Coronal plane images of the cavernous spaces of one subject recorded during unloaded and loaded conditions. The solid black arrows point to the corpus spongiosum and solid white arrows point to the left corpora cavernosa. The dotted black arrow points to most inferior aspect of pubic symphysis. **Bressel *et al.* 2007**

État de l'art

Modèle déformable ?
Siège auto ou fauteuil roulant,



Linder-Ganz *et al.* 2008

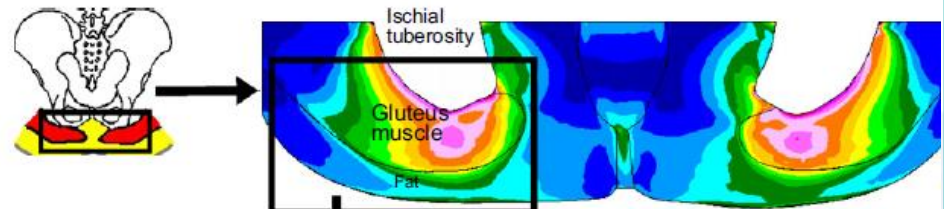
État de l'art

Modèle éléments finis (EF)

- Maillage (découpage géométrique)
- Équilibre mécanique pour chaque élément
- Loi de la mécanique du milieu continu

Modèle déformable ?

Siège auto ou fauteuil roulant,

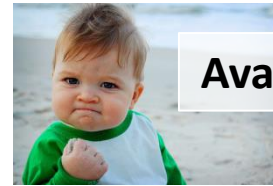


Linder-Ganz *et al.* 2008

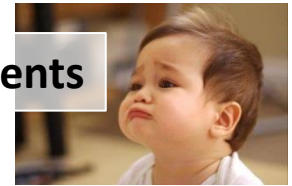
État de l'art

Modèle éléments finis (EF)

- Maillage (découpage géométrique)
- Équilibre mécanique pour chaque élément
- Loi de la mécanique du milieu continu



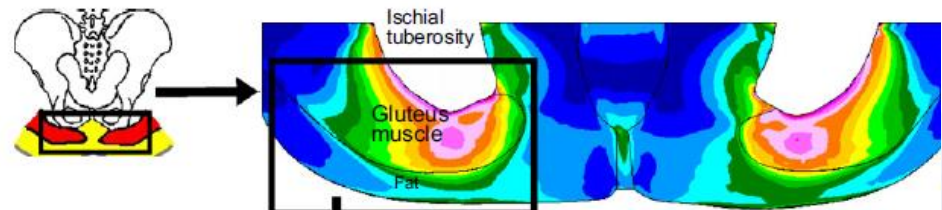
Avantages/inconvénients



- Déformation
 - Contraintes
 - Frottement
 - Personnalisable
- Propriétés ?
 - Conditions limites ?
 - Validation
 - Interprétation ?

Modèle déformable ?

Siège auto ou fauteuil roulant,



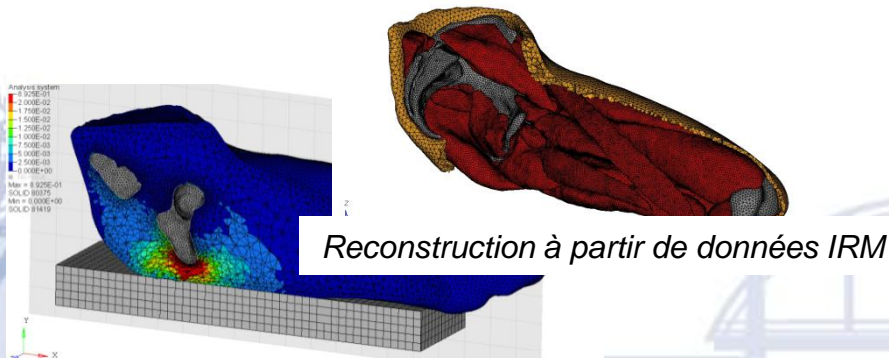
Linder-Ganz *et al.* 2008

État de l'art

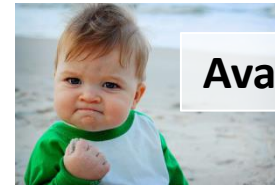
Modèle éléments finis (EF)

- Maillage (découpage géométrique)
- Équilibre mécanique pour chaque élément
- Loi de la mécanique du milieu continu

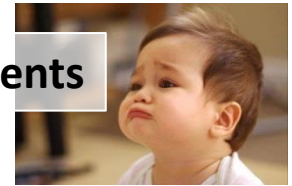
Évaluation de l'inconfort de l'assise
thèse CIFRE avec Zodiac Aerospace
Léo SAVONNET
co-encadrement : X. WANG, S. DUPREY



Exemple de simulation éléments finis



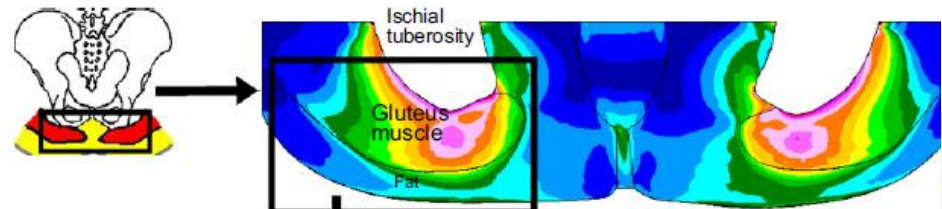
Avantages/inconvénients



- Déformation
- Contraintes
- Frottement
- Personnalisable
- Propriétés ?
- Conditions limites ?
- Validation
- Interprétation ?

Modèle déformable ?

Siège auto ou fauteuil roulant,



Linder-Ganz et al. 2008

État de l'art

Modèles corps rigides ou musculo-squelettique



Farahani *et al.*, 2014



État de l'art

Modèles corps rigides ou musculo-squelettique

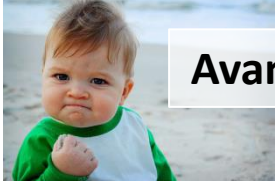


Farahani *et al.*, 2014

Modèle musculo-squelettique (MSK)

- Mouvement (MoCap) + efforts externes
→ efforts articulaires/tensions muscul.
- Efforts articulaires/tensions muscul.
→ mouvement (MoCap) + efforts externes

État de l'art



Avantages/inconvénients

- Efforts articulaires
- Tensions muscul.
- Personnalisable
- Mouvement du squelette



- Corps rigides
- MoCap + efforts ext.
- Artefact tissus mous
- Validation

Modèle musculo-squelettique (MSK)

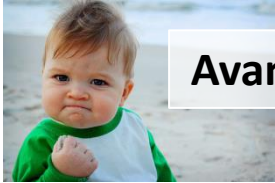
- Mouvement (MoCap) + efforts externes
→ efforts articulaires/tensions muscul.
- Efforts articulaires/tensions muscul.
→ mouvement (MoCap) + efforts externes

Modèles corps rigides ou musculo-squelettique



Farahani *et al.*, 2014

État de l'art



Avantages/inconvénients

- Efforts articulaires
- Tensions muscul.
- Personnalisable
- Mouvement du squelette



- Corps rigides
- MoCap + efforts ext.
- Artefact tissus mous
- Validation

Modèle musculo-squelettique (MSK)

- Mouvement (MoCap) + efforts externes
→ efforts articulaires/tensions muscul.
- Efforts articulaires/tensions muscul.
→ mouvement (MoCap) + efforts externes

Modèles corps rigides ou musculo-squelettique



Farahani *et al.*, 2014

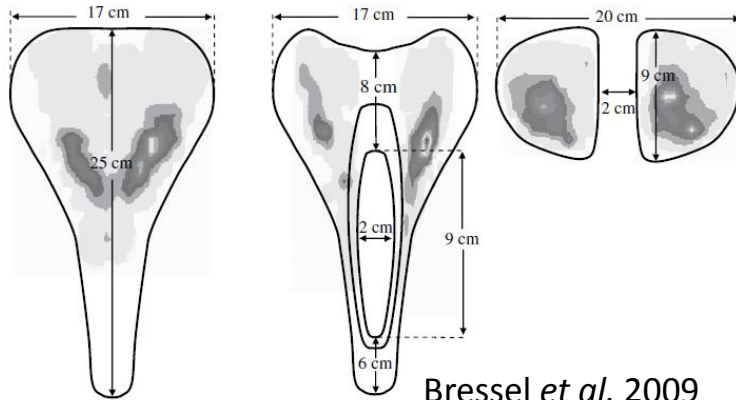
Résultats

Analyse de la posture pour :

- Optimisation pour performance/confort
- Risque de blessure (TMS)
- Accessibilité
- Fatigue

État de l'art

Mesure de la pression d'interface

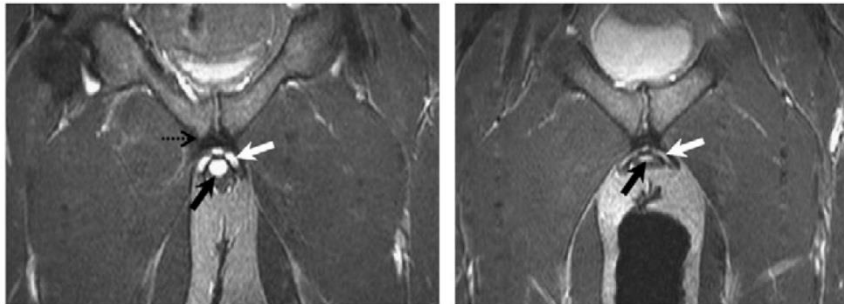


Bressel *et al.* 2009

Modèles corps rigides ou musculo-squelettique



Farahani *et al.*, 2014



Unloaded

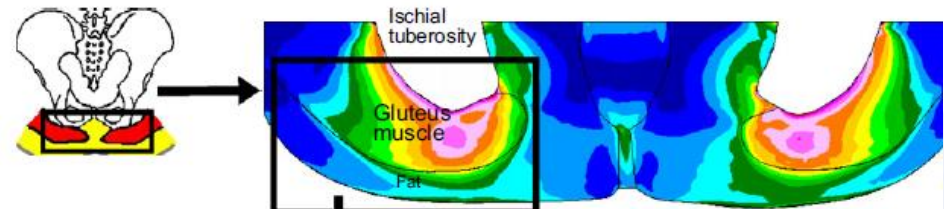
Loaded

Fig. 3. Coronal plane images of the cavernous spaces of one subject recorded during unloaded and loaded conditions. The solid black arrows point to the corpus spongiosum and solid white arrows point to the left corpora cavernosa. The dotted black arrow points to most inferior aspect of pubic symphysis.

Bressel *et al.* 2007

Modèle déformable ?

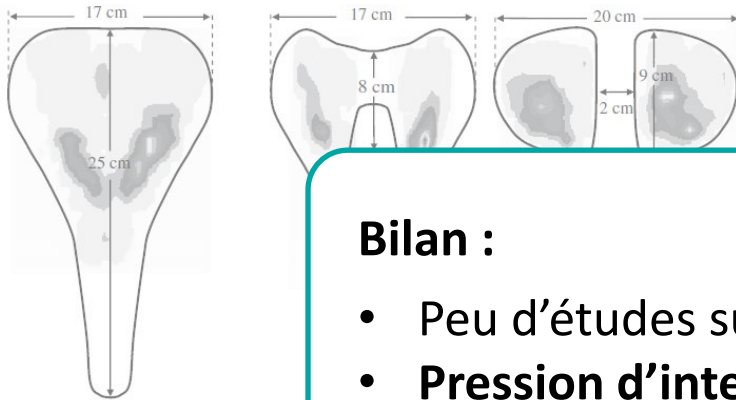
Siège auto ou fauteuil roulant,



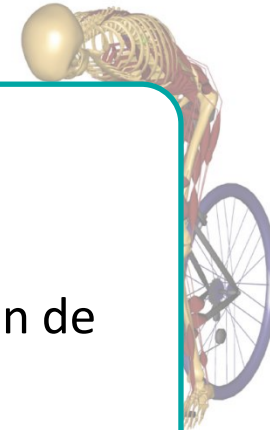
Linder-Ganz *et al.* 2008

État de l'art

Mesure de la pression d'interface



Modèles corps rigides ou musculo-squelettique



Bilan :

- Peu d'études sur les **tissus mous**
- **Pression d'interface** = seul moyen de prédiction d'inconfort
- Effet des **vibrations et du cisaillement** peu (pas) étudié

hani et al., 2014

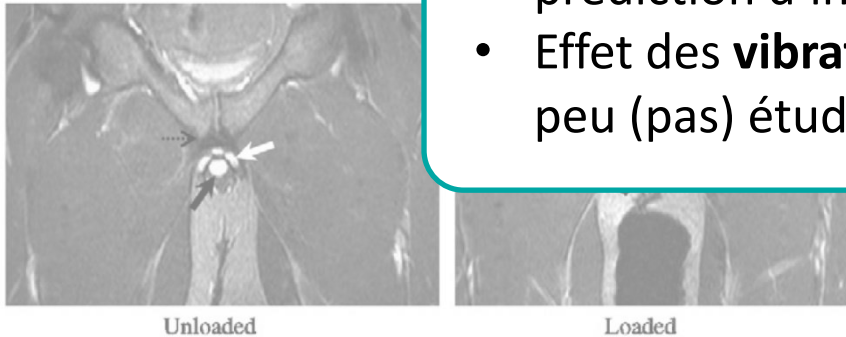
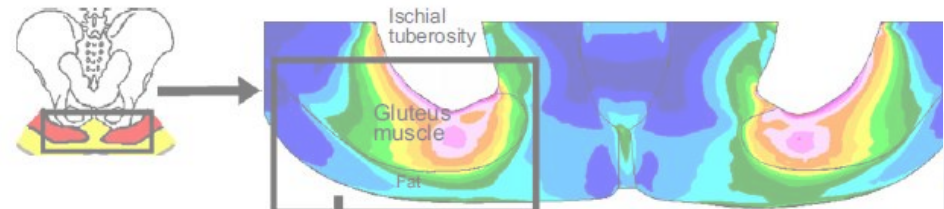


Fig. 3. Coronal plane images of the cavernous spaces of one subject recorded during unloaded and loaded conditions. The solid black arrows point to the corpus spongiosum and solid white arrows point to the left corpora cavernosa. The dotted black arrow points to most inferior aspect of pubic symphysis. Bressel et al. 2007

Modèle déformable ?

Siège auto ou fauteuil roulant,



Linder-Ganz et al. 2008

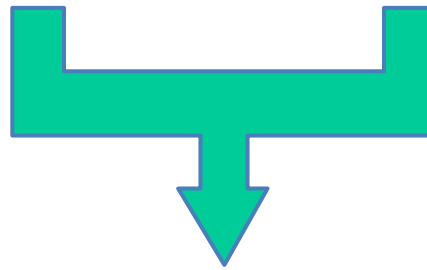
Idée du projet de recherche

Modèle EF

→ Contraintes et déformations
dans les tissus

Modèle MSK

→ Mouvements et forces
musculaires



Couplage de modèles



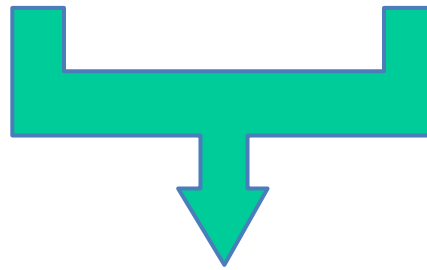
Idée du projet de recherche

Modèle EF

→ Contraintes et déformations dans les tissus

Modèle MSK

→ Mouvements et forces musculaires



Couplage de modèles

Difficultés du couplage

- Communication entre logiciels
- Dynamique

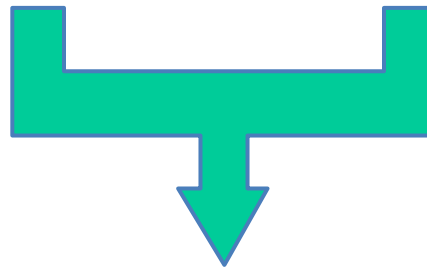
Idée du projet de recherche

Modèle EF

→ Contraintes et déformations dans les tissus

Modèle MSK

→ Mouvements et forces musculaires



Couplage de modèles

Difficultés du couplage

- Communication entre logiciels
- Dynamique

Développement du modèle EF

À définir

Difficultés

Géométrie

Image médicale → idéal mais long, cher, intrusif
Body Scan → facile mais géométrie interne ?

Conditions aux limites

Appui sur la selle, mouvements → Fournies par le modèle MSK
→ Mesures expérimentales

Propriétés des matériaux

Identification des propriétés ? → long, erreur, généralisation ?
D'après la littérature → approprié pour les tissus étudiés ?

Générique ou personnalisé/paramétrique?

Générique personnalisable → industrialisable, long à développer
Personnalisé → ok pour validation, non extrapolable



Développement du modèle EF

À définir

Difficultés

Géométrie

Image médicale → idéal mais long, cher, intrusif
Body Scan → facile mais géométrie interne ?

Conditions aux limites

Appui sur la selle, mouvements → Fournies par le modèle MSK
→ Mesures expérimentales

Propriétés des matériaux

Identification des propriétés ? → long, erreur, généralisation ?
D'après la littérature → approprié pour les tissus étudiés ?

Générique ou personnalisé/paramétrique?

Générique personnalisable → industrialisable, long à développer
Personnalisé → ok pour validation, non extrapolable



Développement du modèle EF

À définir

Difficultés

Géométrie

Image médicale → idéal mais long, cher, intrusif
Body Scan → facile mais géométrie interne ?

Conditions aux limites

Appui sur la selle, mouvements → Fournies par le modèle MSK
→ Mesures expérimentales

Propriétés des matériaux

Identification des propriétés ? → long, erreur, généralisation ?
D'après la littérature → approprié pour les tissus étudiés ?

Générique ou personnalisé/paramétrique?

Générique personnalisable → industrialisable, long à développer
Personnalisé → ok pour validation, non extrapolable



Développement du modèle EF

À définir

Difficultés

Géométrie

Image médicale → idéal mais long, cher, intrusif
Body Scan → facile mais géométrie interne ?

Conditions aux limites

Appui sur la selle, mouvements → Fournies par le modèle MSK
→ Mesures expérimentales

Propriétés des matériaux

Identification des propriétés ? → long, erreur, généralisation ?
D'après la littérature → approprié pour les tissus étudiés ?

Générique ou personnalisé/paramétrique?

Générique personnalisable → industrialisable, long à développer
Personnalisé → ok pour validation, non extrapolable



Développement du modèle EF

À définir

Difficultés

Géométrie

Image médicale → idéal mais long, cher, intrusif
Body Scan → facile mais géométrie interne ?

Conditions aux limites

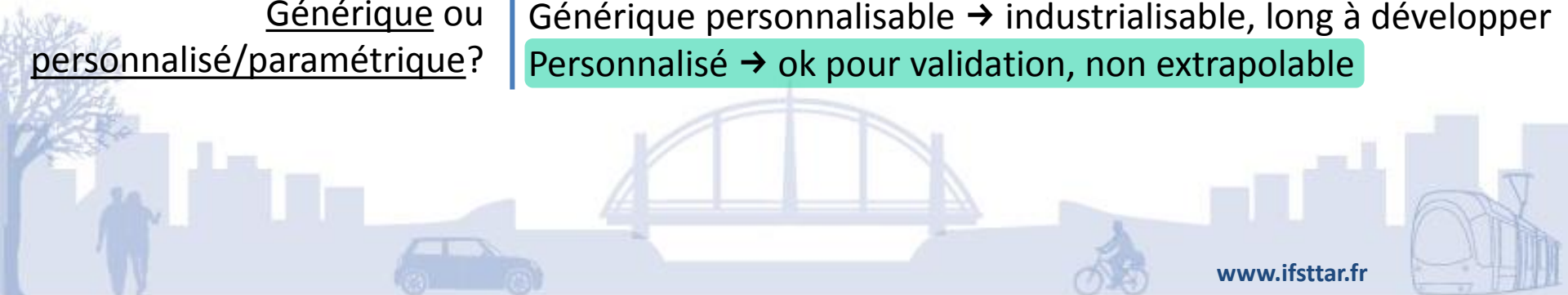
Appui sur la selle, mouvements → Fournies par le modèle MSK
→ mesures expérimentales

Propriétés des matériaux

Identification des propriétés ? → long, erreur, généralisation ?
D'après la littérature → approprié pour les tissus étudiés ?

Générique ou personnalisé/paramétrique?

Générique personnalisable → industrialisable, long à développer
Personnalisé → ok pour validation, non extrapolable



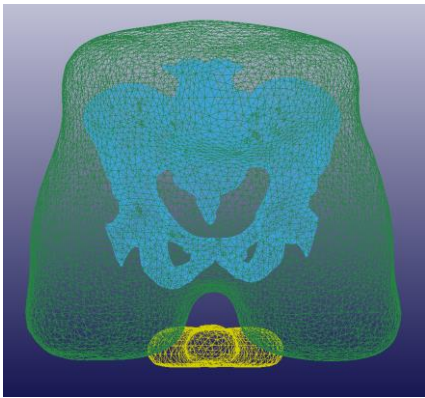
Développement du modèle EF



Body Scan 3D
(optique)



Développement du modèle EF



Modèle semi-personnalisé
Selle rigide

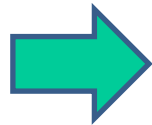
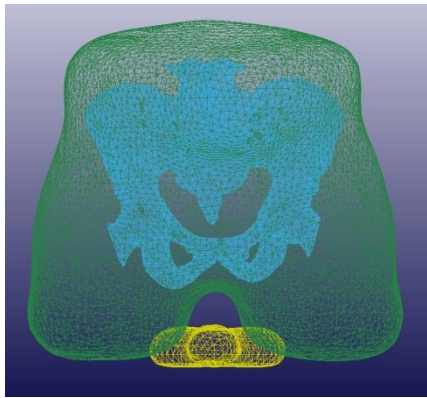
Force extérieure = poids du sujet
Résolution quasi-statique



Body Scan 3D
(optique)



Développement du modèle EF



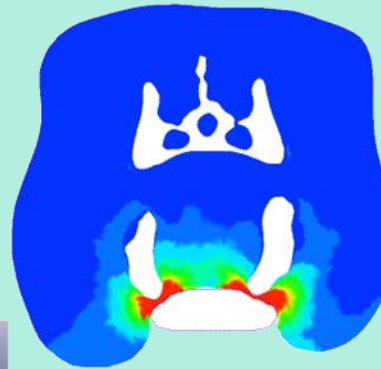
Modèle semi-personnalisé

Selle rigide

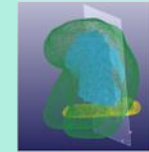
Force extérieure = poids du sujet

Résolution quasi-statique

Von Mises



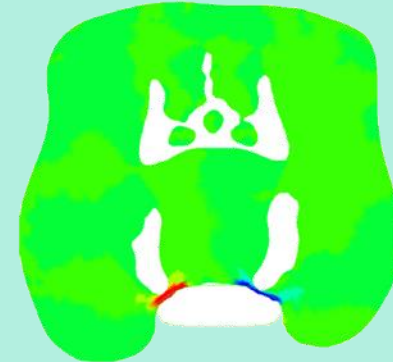
Ischions



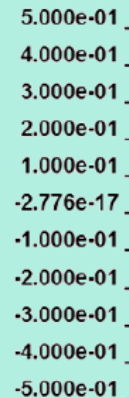
Fringe Levels (in MPa)



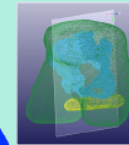
Cisaillement



Fringe Levels (in MPa)



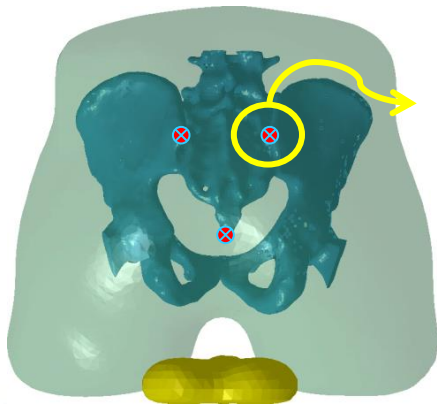
Périnée



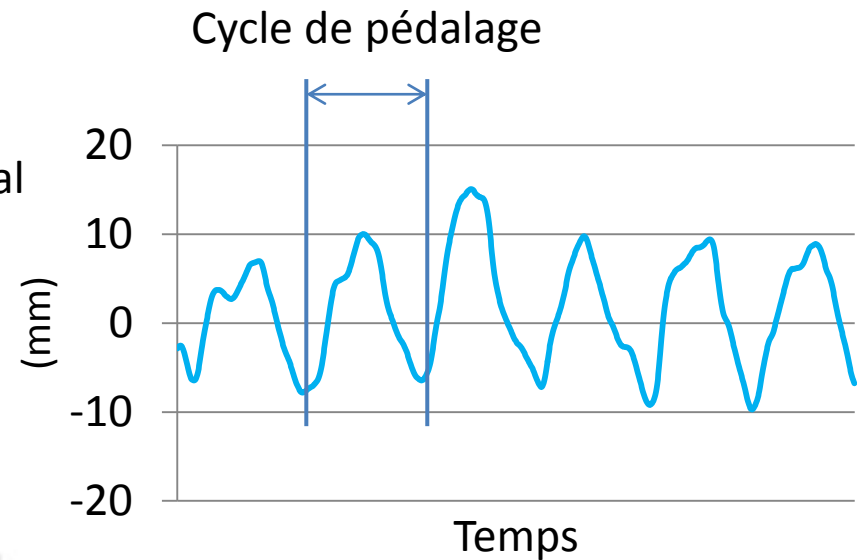
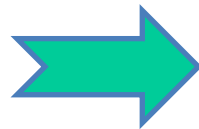
Mesures expérimentales



1^{eres} expérimentations: analyse du mouvement
étude préliminaire



Déplacement horizontal



Sujet équipé de capteurs
Installé sur vélo stationnaire

Conclusion

- Confort de la selle de vélo peu étudié malgré les troubles
 - Manque d'information dans les tissus
 - Critère de confort ?
- Nécessité de construire un modèle numérique pour avoir accès à des données non mesurables
 - Connaissance des contraintes de cisaillement et de pression
 - Comprendre l'origine des troubles
 - → Choix des paramètres du modèle
 - → Validation complexe



Perspectives

Thèse IFSTTAR (2016-2019)

- Modèle EF réaliste du périnée
- Couplage avec analyse du mouvement

Sur la thématique du confort de la selle de vélo

- **Imagerie**
 - Construction géométrique
 - Validation modèle
- **Dynamique**
 - Mouvements des jambes
 - Vibrations
- **Réseau**
 - Industriels (fabricants selles, cuissards)
 - Médical (gynécologue)
 - Fédération

D'une manière générale

Interprétation des résultats EF (contraintes) ?

➔ Relation biologie/physiologie des tissus et contraintes mécaniques



Merci de votre attention

Laura.dubuis@univ-lyon1.fr

Laboratoire de Biomécanique et Mécanique des Chocs (LBMC)
UMR-T 9406 – IFSTTAR / Université Lyon 1



www.ifsttar.fr