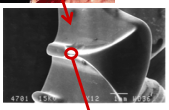
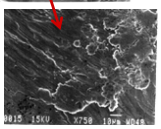
Bio – tribologie : quelles spécificités ?

Y. Berthier, A-M Trunfio Sfarghiu, M-H. Meurisse, M. Busquet, L. Baillet, M-C Baietto, I. Iordanoff

Éthique

Vivant





3°corps

Contact volet / support valve cardiaque
Pression réelle de contact ~ 1GPa

Couplage Mécanique – Physico-chimie
- Biocompatibilité
- Compatibilité avec l'environnement

Métabolisation des particules « d'usure »
- Inflammation
- Pollution

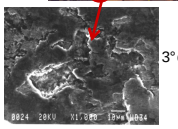
Milieu, composants et propriétés complexes
- Fluide non newtonien, nécrose de l'os - pression de contact, ….
- Gradients de propriétés, migration d'espèces chimiques….

Retour d'informations sur l'état tribologique des contacts
(Le mécanisme est instrumenté et intelligent)
- Modification de la cinématique pour réduire les sollicitations (cerveau)
- Régulation du système de freinage (ABS)

Les fonctionnement anormaux sont mieux connus que les fonctionnements normaux
- Études sur des pathologies
- Études sur des systèmes trop dégradés

Manque de connaissances

Non vivant



3°corps

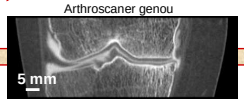
Contact roue / rail train
Pression réelle de contact ~ 1GPa

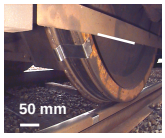
Une seule spécificité : l'éthique

Ordres de grandeur

Échelles

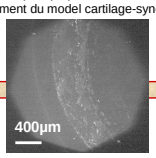
Arthroscaner genou



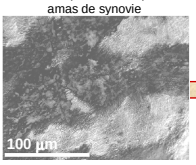


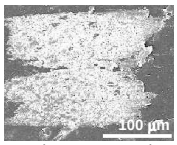
Contact roue-rail

Microscopie optique en fluorescence (frottement du model cartilage-synovie)



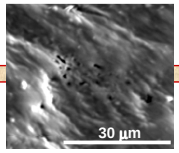
Microscopie électronique – amas de synovie

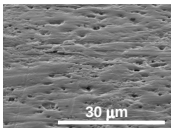




Microscopie électronique – troisième corps solide, frottement revêtement DGF

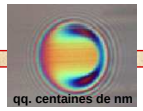
Microscopie électronique – surface du cartilage



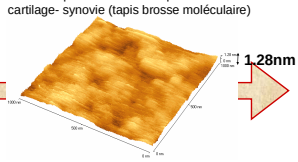


Microscopie électronique – revêtement DLC

Interférométrie optique – mesure d'épaisseur du film de lubrifiant



Microscopie de force atomique – interface cartilage- synovie (tapis brosse moléculaire)

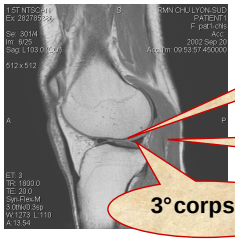


Pression théorique de contact
- Genou : 2 MPa
- Frein automobile : 1 MPa

Usure (perte d'épaisseur)
- Cartilage sain, ~ 60% dans un vie (cartilage genou ~3mm/70ans)
- Implant en polyéthylène, ~ 0,5 mm / an
- roue train qq. mm/an

Frottement
- Valeurs de frottement les plus faibles « connues / mesurables » ~ 0,005
- Tapis brosse moléculaire
- bicouche lipidique - cartilage
- tête lecture - disque dur ordinateur

Analyse tribologique



1er corps

Mécanisme

3°corps ?

Triplet tribologique

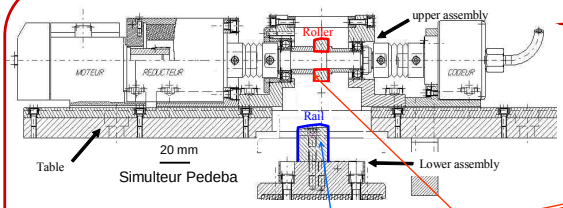
Quelles conditions tribologiques ?

Médecine
Biologie
Physico-chimie
Mécanique
Matériaux

Conditions locales de contact ?
↓
Instrumentation in-vivo délicate
↓
Reconstitution des conditions locales de contact
↓
Expérimentation ex-vivo | Modélisation
↓
Validation
↓
Analyse tribologique réaliste !

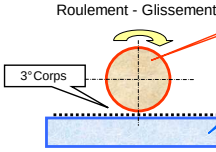
Outils de reconstitution des conditions locales du contact

Modèles expérimentaux



Condyle fémoral

Roulement - Glissement

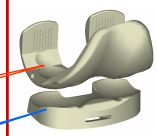


Plateau tibial

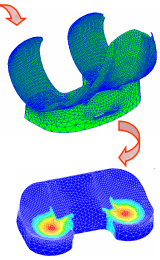
In-vivo : conditions de contact subies
Ex-vivo : conditions de contact contrôlées

Comment

Prothèse de genou

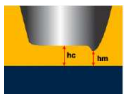


Modèle éléments finis d'une prothèse du genou

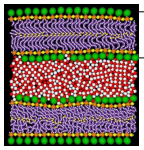


Modèles théoriques

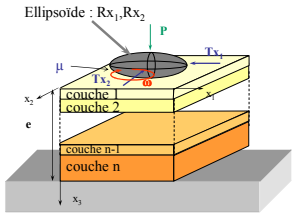
Modèle de lubrification (EHD, HD, squeeze, palier…)



Modèle moléculaire de l'interface cartilage-synovie



Modèle multicouches du contact plateau tibial – condyle fémoral



Laboratoire de Mécanique des Contacts et des Solides, UMR CNRS / INSA Lyon 5514
18-20, rue des Sciences, 69621 VILLEURBANNE CEDEX
http://lamcos.insa-lyon.fr/