

(Île du Ramier - Face au Parc des Expositions)
Institut Mécanique des Fluides de Toulouse
2 Allée du Pr Camille Soula - 31400 Toulouse

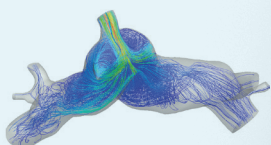
5^{èmes} Journées du GDR MécaBio 3570

10 - 12 Janvier 2018 - Toulouse

(Sessions plénières)

**Sang – Modélisation
Cellules et Capsules
Poumons
Sang – Imagerie
Tissus**

FOCUS > lien Mécanique - Clinique



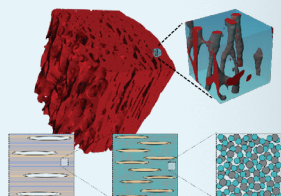
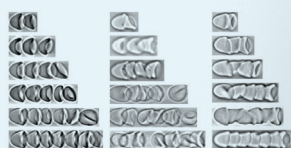
Mini symposia

> Mercredi 10 Janvier à 14h00

- > Écoulements sanguins et agrégation - aspects expérimentaux
- > Modélisation hémodynamique en clinique (Partie 1)

> Jeudi 11 janvier à 14h30

- > Modélisation multi-échelle et/ou multi-physique du tissu osseux
- > Modélisation hémodynamique en clinique (Partie 2)



l'inscription est gratuite mais obligatoire
(Dans la limite des places disponibles)

Lien d'inscription

Contact information : sig_communication@imft.fr

Comité d'organisation des Journées du GDR MÉCABIO 3570

Gwennou Coupier (LIPHY, Grenoble)

Anne-Virginie Salsac (UTC, Compiègne)

Comité d'organisation IMFT :

Pauline Assemat (pauline.assemat@imft.fr)

Franck Plouraboué (Franck.Plouraboue@imft.fr)

Muriel Sabater, Sylvie Senny (sig_communication@imft.fr)

Organisation des mini-symposia

Irène Vignon-Clementel (INRIA Paris)

Émilie Franceschini (LMA, marseille)

Vittorio Sansalone (MSME, Créteil)

Comité de direction du GDR MÉCABIO 3570 :

Directeur : Gwennou Coupier (LIPHY, Grenoble)

Directrice adjointe : Anne-Virginie Salsac (UTC, Compiègne)

Pauline Assemat (IMFT, Toulouse)

Karine Anselme (IS2M, Mulhouse)

Stéphane Avril (Sainbiose, Saint-Etienne)

Philippe Connes (LIBM, Lyon)

Valérie Deplano (IRPHE, Marseille)

Jose-Maria Fullana (Institut Jean Le Rond d'Alembert, Paris)

Ridha Hambli (Prisme, Orléans)

Stéphanie Pitre-Champagnat (IR4M, Orsay)

Claude Verdier (LIPhy, Grenoble)

Mercredi
10
Janvier

Mini-symposia > Écoulements sanguins et agrégation

Salle des Séminaires

14h00 > Dispersion et temps de transit de globules rouges dans un canal droit - Sylvain Losserand

Le temps de transit des globules rouges dans un organe est un paramètre important, il dépend principalement de la vitesse et du chemin suivi par le globule rouge. La position du globule rouge (dont dépend la vitesse) consiste en l'équilibre entre la migration depuis les parois et les interactions hydrodynamiques entre globules rouges. Ainsi en mesurant l'évolution d'un bolus de globules rouges dans un canal rectangulaire droit, une dispersion du temps de transit peut déjà être observé. Par une étude, à l'aide de modèles simples de l'évolution de cette dispersion on peut faire ressortir les grandeurs influençant le temps de transit tel que les vitesses de migration et les interactions hydrodynamiques.

14h30 > Dynamique de globules rouges sous cisaillement - Gwenou Coupier

15h00 > Structure et stabilité d'agrégats de globules rouges en écoulements modèles - Thomas Podgorski

L'agrégation des globules rouges, au-delà de ses implications sur la rhéofluidification du sang en rhéologie macroscopique, est un marqueur important de certains états pathologiques et joue un rôle essentiel dans la dynamique des écoulements microcirculatoires. Dans la plage de fonctionnement normal de la microcirculation (en termes de vitesses d'écoulement et de degrés d'agrégabilité des globules rouges) et à plus forte raison dans les cas pathologiques, la structure du trafic des globules rouges montre de fortes variations. Plusieurs études aux différentes échelles, depuis la morphologie des agrégats ou rouleaux jusqu'à la question de leur stabilité dans des écoulements élémentaires (cisaillement, Poiseuille) permettent de progresser vers la compréhension de ces phénomènes.

15h30 > Mesure expérimentale ultrasonore de l'anisotropie des agrégats de globules rouges - Julien Rouyer

16h00 Pause Hall Nougaro - Démonstration TOMO PIV 3D Hall Castex

16h30 > Emilie Franceschini

17h00 > Facteurs vasculaires de la maladie d'Alzheimer - Sylvie Lorthois

17h30 > An in vitro study of highly confined blood flows: From single bifurcations to 2D-networks - Adlan Merlo

Our study aims at providing in vitro quantitative data on the distribution of the RBCs in geometries of increasing complexity: from diverging bifurcations to 2D-channel networks, with squared cross-section ($W \times W$, $W=5, 10, 20 \mu\text{m}$). First, we have developed a calibration method that allows us to measure the hematocrit in situ, i.e. directly in the channel of interest, for a broad range of concentrations. Alongside with the hematocrit profiles, we are able to measure the RBC velocity profiles and thus deduce the RBC flow rate. By making simple assumptions on the suspending fluid, we deduce also the total blood flow rate. As a result, we have performed a parametric study of the phase separation (PS) effect, i.e. the non-proportional distribution of RBCs between the two daughter branches of a simple divergent bifurcation, and compared our results with the only in vivo empirically derived PS law [1].

Finally, we have designed 2D honeycomb networks and compared our experimental network perfusion with numerical simulations.

[1] Pries et al., Microvascular Res., 38, 81-101 (1989)

14h00 > Modélisation «0D» des flux collatéraux dans le cas de coronaropathie très sévère ou de coarctation aortique
- Agnès Drochon

On se propose de présenter deux exemples d'application des modèles « 0D » à des situations cliniques : - la simulation de la collatéralité coronarienne chez des patients qui présentent des sténoses sévères ou même des thromboses sur les artères coronaires principales. - une étude (prospective à ce stade) pour comprendre la collatéralité qui se met en place chez des patients présentant une coarctation aortique congénitale. Les applications cliniques sont conduites grâce à une collaboration avec le groupe des Chirurgiens Cardio-Thoraciques du CHU Pont-Chaillou à Rennes.

14h30 > Assessment of intracranial venous sinus resistance to drainage in normal individuals with phase-contrast magnetic resonance angiography – Olivier Balédent

To quantify resistances to drainage (Rd) of blood across branch of the venous sinus tree, using phase-contrast MR angiography (PC-MRA) and to determine whether these correlated with internal jugular veins (IJVs) outflows. Methods: We performed whole head PC-MRA and two-dimensional phase-contrast MR imaging on thirty one healthy volunteers. Vascular segmentation was applied to the angiograms and IJVs velocities were quantified from the flow images. Rd across branch of the venous sinus tree were estimated from the segmented angiograms, using the laminar Poiseuille's law. Associations between the estimated Rd and IJVs outflows measurements were assessed using the spearman rho correlation coefficient. Results: Global Rd of the venous sinus tree Rd was 24 (± 7) Pa.s/cm³. The estimated Rd of right side of the venous sinus tree was 42% lower ($p < 0.00001$) than that of the left side. There were negative correlations between estimated Rd and IJVs outflows in each side of the venous sinus tree ($R^2 = 0.30$ for the left side ($p < 0.003$) and $R^2 = 0.44$ for the right side ($p < 0.0002$)). Conclusions: PC-MRA can provide a noninvasive means to estimate the Rd of blood across the venous sinus tree. Our approach for Rd quantification is potentially useful in understanding alterations of the cerebral venous sinus drainage system.

15h00 > A fluid -structure interaction model for the cerebrospinal fluid system – Stéphanie Salmon

significantly influence the intracranial CSF flows and then change the volume of the CSF compartments. Combining real MRI flows and anatomical measurements with numerical flow models give us a power tool, useful to investigate the complexity of the cranio spinal dynamics which still presents non elucidate pathologies touching CSF flows.

15h30 > The in vitro artery: an instrumented platform for optimizing stent performance and beyond - Chashchina Olga

Although vascular disease is a leading cause of mortality, in vitro tools for controlled, quantitative studies of vascular biological processes in an environment that reflects physiological complexity remain limited. We have developed a novel in vitro artery that mimics a real artery's multi-layer structure with an outer layer composed of a collagen hydrogel containing smooth muscle cells (SMCs) and an inner endothelial cell (EC) monolayer. The in vitro artery has physiological dimensions and allows the deployment of endovascular devices such as stents. It also reproduces physiological flow conditions and is compatible with automated high-resolution live imaging of both SMCs and ECs as well as the detailed measurement of flow velocity and luminal shear stress using particle image velocimetry. As a proof of concept, we have used this system to quantify endothelial wound healing rates post stent deployment and to evaluate stent-induced disturbance of the arterial flow field. Beyond its usefulness for studies of stent performance, the in vitro artery constitutes a versatile platform for a host of vascular

16h00 Pause - Hall Nougaro

16h30 > Intraventricular vector flow mapping ; a Doppler-based regularized problem with automatic model selection
– Damien Garcia

We proposed a regularized least-squares method for reconstructing 2-D velocity vector fields within the left ventricular cavity from single-view color Doppler echocardiographic images. Vector flow mapping was formulated as a quadratic optimization problem. The regularization parameters were determined automatically by analyzing the L-hypersurface. The performance of the proposed method was numerically evaluated using simulated intracardiac flow data from a patient-specific CFD model (IMAG, CNRS UMR 5149). The capability of our intraventricular vector flow mapping (iVFM) algorithm was finally illustrated on in vivo echocardiographic color Doppler data acquired in patients. The vortex that forms during the rapid filling was clearly deciphered. This improved iVFM algorithm is expected to have a significant clinical impact in the assessment of diastolic function.

9h00 > **Mot d'accueil**9h20 > **Therapeutic embolization by a cyanoacrylate liquid glue mixed with oil contrast agent: time evolution of the liquid emboli** - Anne-Virginie Salsac, Yongjiang Li, Dominique Barthes-Biesel

Glue embolization is a therapeutic treatment technique used to block the blood flow to specific targeted sites. Major applications comprehend the embolization of arterio-venous malformations, of tumors, of trauma or hemorrhage. Cyanoacrylate liquid glues, mixed with radio-opaque iodized oil, are widely used as embolic agents owing to their low viscosity, rapid polymerization rate and low tissue toxicity. Upon injection in the blood flow, the glue mixture simultaneously polymerizes and flows with the blood, leading to vessel occlusion. However, the procedure is difficult to control, because very little information exists on the polymerization kinetics of the glue-oil mixture. The objective of the present work is thus to analyze the polymerization process of n-butyl cyanoacrylate glues mixed with oil. A new in vitro experimental setup is designed to characterize the polymerization process of glue-oil mixtures on contact with an ionic or proteinaceous solution.

We show that glue-oil mixtures with glue concentrations larger or equal to 25% polymerize when put in contact with an ionic solution containing at least 4% of albumin.

The polymerization process includes two phases. A fast zwitterionic polymerization, induced by albumin molecules, takes place at the interface as soon as the two liquids are in contact. It is characterized by a time scale of the order of the minute. This process is followed a volumetric polymerization, during which a reaction front propagates within the mixture bulk with a characteristic time scale of the order of tens of minutes.

Correspondingly, the time for the glue mixture to polymerize over a 1 mm thickness varies from 5 s for pure glue to about 1 min for a 50% glue concentration, and 10 min for a 25% glue mixture.

Such information can help interventional radiologists understand the glue behavior upon injection, and thus control embolization.

9h40 > **Modelisation of blood perfusion into a whole adipose tissue vascular network** - Jules Dichamp

Fat subcutaneous tissue is a densely vascularized parenchyma, the micro-vascular structure of which has been poorly documented. It has been shown that a 'core region' close to the lymphatic ganglion is the site of a heterogeneity in the tissue structure as it is composed of dense aggregates of cells and vessels called 'lobules'. In this work, we analyze those structures by first extracting the entire vascular network of the tissue. Then, we proceed with a structural analysis based on a typical clustering algorithm. Finally, we perform a full tissue blood flow simulation and study the functional properties of the clustered entities such as their hydrodynamic couplings relatively to their density or other tissue key parameters. This work reveals high heterogeneity both in the structure and the perfusion of the adipose tissue. Highlight, is made on the 'core region' of the tissue where most of the heterogeneities take place.

10h00 > **Usefulness of volumetric and computational fluid dynamic analysis in assessing small abdominal aortic aneurysms rapid growth risk.** - Olivier Meyrignac

Objectifs AAA is a common pathology where the need for surgical intervention is mostly determined on maximal diameter despite known limitations. The purpose of this study was to identify volumetric and computational fluid dynamics (CFD) parameters to predict abdominal aortic aneurysm (AAA) rapid growth risk.

Matériel and méthodes

In our multi-centric and prospective study, we included 78 patients with an AAA between September 2012 and June 2014. Patients underwent two CT examinations separated by a one-year interval to assess aneurysms growth. Fifty patients were eligible for CFD analysis. Based on a 10 ml threshold of total volume growth we classified patients into slow and rapid growth groups. Initial aneurysm morphological and functional parameters were analyzed including: maximal diameter and surface, thrombus and lumen volumes, maximal wall pressure and wall shear stress (WSS).

Résultats

There was a significant difference between the two groups regarding aneurysm lumen volume ($P=0.0051$) and mean WSS variation ($P=0.0240$) unlike maximal diameter ($P=0.71$). We found a significant correlation between lumen volume ($R=0.47$, $P=0.0015$), reduction of the mean WSS variation value ($R=-0.42$, $P=0.0062$) and total aneurysm volume growth. We further used these parameters to compute a model to predict the growth of AAAs, displaying better area under ROC than the only measurement of maximal diameter (0.78 vs 0.52, $P=0.0031$). Depending on the threshold, our model yields either excellent sensitivity (95.00% [IC95% 75.1, 99.9]) or specificity (90.00% [IC95% 73.5, 97.9]).

Conclusion

Combined analysis of lumen volume and WSS provides better information than maximal diameter to assess rapid volume growth risk.

11h20 > Récepteur des œstrogènes alpha comme senseurs du WSS, rôle sur la morphologie des cellules endothéliales : méthodologie - Ramiro Moreno

11h40 > FSI 3D modeling of aortic dissection - Fatima Khannous

12h00 Repas - Hall Castex

(Session plénière)

Cellules et Capsules - Amphithéâtre Nougaro

13h30 - Proper Orthogonal Decomposition of capsule deformation for real-time prediction - Carlos Quesada, Pierre Villon, Anne-Virginie Salsac

Microcapsules are liquid droplets enclosed by a thin elastic membrane. They are widely found in nature in the form of cells or eggs, and are artificially produced for multiple industrial purposes. Capsules are generally suspended in external fluids and, as they flow, undergo large deformations caused by the hydrodynamic forces they are subjected to. Their deformation may be solved numerically by simulating the complex fluid-structure interactions that govern their behavior. These are non-classical, as they are dominated by viscous effects and low inertia. They are characterized by long computation times, which are a strong limitation to determine, for instance, the mechanical properties of the capsule membrane from experimental results using inverse analysis algorithms. In order to have real-time prediction of capsule deformation, we propose to apply Model Order Reduction (MOR) techniques to capsule deformed shapes. We focus on the problem of a capsule that flows through a microchannel of similar size. A database composed of the three-dimensional deformed capsule shapes computed at steady-state for different values of the confinement ratio and capillary number (ratio of viscous to elastic forces) is generated. We apply Proper Orthogonal Decomposition (POD) to the database to determine the principal component basis. We then project the capsule shapes onto it and generate the hypersurface ("manifold") that, by definition, encloses all the admissible solutions for any parameter value. Several manifold walking algorithms, including interpolation, polynomial regression and diffuse approximation, are analyzed. The results show that it is possible to obtain accurate predictions within very short computation times of the order of a few seconds (or even tens of microseconds). This work was carried out and funded in the framework of the Labex MS2T. It was supported by the French Government, through the program "Investments for the future" managed by the National Agency for Research (Reference ANR-11-IDEX-0004-02).

13h50 - Étude numérique de la mesure d'impédance pour la caractérisation des GR - Pierre Taraconat

Le dénombrement et la mesure du volume des cellules sanguines se fait par mesure d'impédance, méthode introduite par Coulter en 1953. Cette méthode reste encore aujourd'hui la plus efficace pour répondre à cette demande essentielle au diagnostic de pathologies. Le principe est de faire passer les GR dans un micro-orifice autour duquel un courant électrique est maintenu constant à l'aide de deux électrodes. Lorsqu'un GR évolue dans l'orifice, une impulsion électrique est générée. La dynamique, la morphologie et la rhéologie des GR constituent un ensemble de paramètres influant sur l'impulsion électrique. Il existe une grande variété de signature de pulse contenant potentiellement des informations sur ces derniers. Nous nous intéresserons à l'étude par la simulation numérique de ce système de mesure pour comprendre comment les paramètres GR influent sur la signature de pulse.

14h10 - Mécanismes cellulaires associés à l'augmentation de perméabilité des vaisseaux après électroporation : approche par microscopie intravitale - Elisabeth Bellard

L'application de champs électriques (électroporation) sur les tissus est une méthode physique permettant l'entrée de molécules qui, normalement, ne pénétreraient pas dans les cellules. Associée à des agents de chimiothérapie, par exemple, elle permet d'augmenter leur entrée dans les cellules tumorales pour le traitement de différents types de tumeurs. L'électroporation a aussi des effets sur les vaisseaux sanguins. En effet, le diamètre des vaisseaux exposés est immédiatement réduit induisant un ralentissement voire un arrêt du flux sanguin suivi par une augmentation de la perméabilité vasculaire. Dans cette étude, nous avons cherché à déterminer si cette perméabilité augmentée des vaisseaux était due à la perméabilisation de la membrane des cellules endothéliales ou à une altération de leurs jonctions. Pour cela, nous avons utilisé le modèle de chambre dorsale associé à la microscopie intravitale sur des souris C57BL6. Pour observer les effets de l'électroporation sur les vaisseaux, un anticorps fluorescent contre PECAM-1 a été injecté en iv pour visualiser les jonctions endothéliales, un dextran fluorescent 70kDa pour éclairer les vaisseaux et de l'iodure de propidium pour marquer les cellules perméabilisées par l'EP. Nous avons appliqué les paramètres utilisés en clinique et suivi dans le temps, le comportement des jonctions endothéliales ainsi que la fuite de dextran des vaisseaux par microscopie multiphotonique. Après EP, nous avons observé la constriction des vaisseaux sanguins suivie d'une augmentation de la perméabilité des vaisseaux sans perméabilisation majeure des cellules endothéliales, combinée à une diminution du volume des jonctions endothéliales marquées. Nos observations ont démontré, in vivo, un rôle important de l'altération des jonctions endothéliales dans la réponse vasculaire à l'électroporation.

Mini-symposia > Modélisation multi-échelle et/ou multi-physique du tissu osseux

Salle des Séminaires

14h30 > Clinicien - Diagnostics et pratiques cliniques associées à la dégénérescence des disques intervertébraux. - Pascal Kouyoumdjian

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a inclus la lombalgie dans sa liste de douze maladies prioritaires. Notamment, la maladie discale dégénérative présente un grand besoin médical non satisfait qui entraîne une perte invalidante de la fonction mécanique du rachis. Dans cette présentation, une revue du parcours médical d'un patient atteint de maladie discale dégénérative sera proposée, jusqu'au cas chronique allant jusqu'à l'opération, sans oublier les outils de diagnostic utilisés. Un exemple de technique chirurgicale utilisée sera exposée afin de comprendre les contraintes associées à la pose d'un implant et ces possibles complications. Enfin, une rapide revue des traitements chirurgicaux de la maladie discale dégénérative sera proposée, avec les conséquences (à moyen terme) connues (i.e. fusion, dégénérescence accélérée des segments adjacents, ...).

15h00 > Simulation numérique des effets des médicaments contre l'ostéoporose - Ridha Hambli

L'objectif du travail est de développer une modélisation numérique mettant en œuvre la méthode des éléments finis pour simuler les effets des médicaments contre l'ostéoporose sur la variation de la densité osseuse. Une stratégie de modélisation a été développée permettant de coupler les effets de la mécanotransduction et des médicaments agissant au niveau cellulaire dans des lois de comportement mécanique de l'os. L'algorithme de calcul permet ainsi de prédire l'effet des traitements médicamenteux sur l'amélioration de la qualité et des propriétés mécaniques de l'os. Des éléments de validation de l'approche proposée seront discutés en comparant leurs prédictions à des résultats de la littérature.

15h30 > Un modèle multi-échelle du mechanostat fondé sur la réponse biochimique des ostéocyte - Madge Martin

Le remodelage osseux est un processus continu régulé par l'environnement mécanique et biochimique du tissu osseux. Il est largement admis que les ostéocytes, cellules osseuses différenciées enfouies dans la matrice osseuse, répondent au chargement mécanique en modifiant les voies de signalisation contrôlant l'action des cellules ostéorésorbantes et des cellules ostéoformatrices. Nous présentons ici un modèle multi-échelle de remodelage osseux qui intègre la rétroaction biochimique des ostéocytes. En particulier, nous prenons en compte la sensibilité des ostéocytes aux stimuli mécaniques par la production de sclérostine et d'oxyde nitrique servant de facteurs de rétroaction mécanobiologique, régulant respectivement les voies RANK-RANKL-OPG et Wnt. Ce nouveau modèle permet de reproduire la perte osseuse due à l'ostéoporose, ainsi que les scénarios de sous-utilisation et de réutilisation.

16h00 Pause

16h30 > Modèles homogénéisés du remodelage osseux avec prise en compte des effets de gradient de déformation. - Jean-François Ganghoffer

Des modèles du remodelage osseux sont construits à partir d'analyses micromécaniques à l'échelle d'un volume élémentaire représentatif de l'architecture trabéculaire, prenant en compte les premier et second gradients de déformation. Les travées osseuses sont le siège d'apposition de minéral, un phénomène de croissance de surface modélisé par un champ de vitesse de remodelage externe exprimé en fonction d'un stimulus mécanique adéquat. Les propriétés statiques et évolutives homogénéisées d'un réseau périodique de travées osseuses sont évaluées sur la base d'une méthodologie combinant définition de la cinématique homogénéisée pour le milieu continu effectif de substitution de type second gradient et des simulations numériques avec un contrôle cinématique imposé sur la frontière du volume élémentaire représentatif. Une loi de comportement évolutive du tissu osseux est identifiée dans le contexte de la thermodynamique des processus irréversibles, qui relie en particulier les tenseurs de vitesses de croissance (premier et second gradient) aux contraintes et hyper contraintes. Les résultats obtenus quantifient les effets de gradients de déformation qui se développent à l'échelle microscopique et fournissent une loi de comportement du tissu osseux en croissance applicable à l'échelle macroscopique.

17h00 > Modélisation multi-échelles du remodelage osseux - Éléonore Perrin

L'os est un matériau complexe, présentant une structure multi-échelle, allant de l'échelle nanoscopique à l'échelle macroscopique. De plus, c'est un matériau vivant qui a la capacité de s'adapter à son environnement mécanique, grâce au remodelage osseux. Ce phénomène est permis par l'action de certaines cellules osseuses et à leur capacité à transformer un signal mécanique en signal chimique, appelée mécanotransduction. Il a récemment été mis en évidence que ces cellules osseuses sont particulièrement sensibles aux mouvements de fluide dans l'os. C'est pourquoi nous développons un modèle numérique biofidèle. Celui-ci est multi-échelle et a pour but de représenter l'aspect poroélastique de l'os, c'est-à-dire prenant en compte à la fois la partie solide et fluide. Il repose que la technique d'homogénéisation pour les structures périodiques basée sur l'hypothèse de séparation des échelles.

17h30 > Casting bone remodeling in the generalized continuum mechanics - Vittorio Sansalone

Le remodelage osseux est un phénomène complexe traduisant le renouvellement continu ainsi que l'adaptation fonctionnelle du tissu osseux à son environnement biologique et mécanique. Dans ce travail, le tissu osseux est modélisé comme un milieu continu dont la microstructure peut changer au cours du temps. Le remodelage, exprimé comme une évolution des propriétés élastiques du matériau, est donc couplé avec les contraintes macroscopiques. Ce modèle s'inscrit dans le cadre formel de la mécanique des milieux continus généralisés : ainsi, une cinématique enrichie par les paramètres de remodelage est accompagnée par un principe des puissances virtuelles généralisé permettant d'obtenir les lois de bilan et, suite à des hypothèses constitutives sur la nature du remodelage, les lois d'évolution de ce dernier. Le modèle est ici appliqué à quelques problèmes simples afin d'illustrer les capacités descriptives de cette approche.

18h00 > Etude mécanobiologique de tissus osseux par analyse modale à l'échelle tissulaire: application à l'ostéosarcome - Yara Abidine (Poster)

Il existe un couplage entre la croissance d'une tumeur et les effets mécaniques dans le microenvironnement tumoral. Ce lien a été largement mis en évidence à l'échelle microscopique, mais très peu d'études se sont intéressées à ce couplage à l'échelle du tissu, alors que la majorité des effets s'y traduisent. Notre équipe explore cette problématique multi-échelle avec une approche numérique poromécanique, alimentée par des mesures expérimentales d'explants. Nous utilisons le modèle de l'ostéosarcome, tumeur maligne de l'os, caractérisé par la formation de tissu tumoral et qui peut être considéré comme un milieu poreux, réactif, déformable et hétérogène. Le tissu osseux étant particulièrement sensible aux chargements, un des paramètres clés pour étudier les effets mécaniques est l'élasticité. Nous avons donc développé une méthode originale d'analyse modale appliquée à des explants biologiques petits et hétérogènes, qui permet de mesurer les modes de vibration et d'extraire les propriétés mécaniques par méthode inverse.

Mini-symposia > Modélisation hémodynamique en clinique (partie 2)

Amphithéâtre Nougaro

14h30 > Hemodynamics modeling and medical interventions: a few examples from congenital heart disease

- Irène Vignon-Clementel

Hemodynamics modelling has become mature enough to simulate local fluid dynamics changes due to a surgery or device implantation, as well as their interactions with the rest of the circulation. We will illustrate through several examples of congenital heart disease how this can be done. We will also open the discussion concerning challenges for more impactful medical transfer.

15h00 > Anatomical and synthetic cortical capillary networks have equivalent flow and transport properties: from mouse to human - Amy Smith

A computational method is presented for generating synthetic, 3D cerebral capillary networks, enabling us to stochastically generate multiple networks while controlling volume and density. Our approach, based on the physiological assumption that capillary spacing is limited by the diffusion distance of oxygen, exploits Voronoi diagrams to create space-filling networks that are locally randomized but have homogeneous properties at the network scale. In 3D, the initial network has many capillaries per vertex; to mimic the cortical capillaries which consist almost entirely of bifurcations, vertices and capillaries were systematically merged or removed. Geometrical, topological, hemodynamic and mass transfer metrics were compared to those of capillary regions extracted from human and mouse cerebral anatomical data sets, overall showing excellent agreement.

15h30 > Évaluation numérique de la vulnérabilité et sévérité des plaques d'athérosclérose carotidiennes

-Lina Zouggar

Dans le but d'évaluer la vulnérabilité des plaques d'athérosclérose au niveau de la bifurcation carotidienne, nous proposons des modèles d'hémodynamiques et d'interaction fluide structure permettant d'obtenir la distribution des contraintes au niveau du tissu artériel ainsi que l'évaluation du comportement du fluide à différents stades de sténose.

16h00 Pause

16h30 > Closed-loop lumped parameter modeling of hemodynamics in cirrhosis - Chloé Audebert

Cirrhosis is the common end-stage of any given chronic liver disease. From 3D hepatic vascular re-construction, morphological parameters were estimated. It provided an estimation of vascular resistances for a lumped parameter model of the rat liver (ODE). This model was coupled to a closed-loop model of the entire circulation of the rat. Hemodynamics were simulated in physiological and pathological circumstances. The simulations explain how vascular changes due to cirrhosis severely disrupt both hepatic and global hemodynamics. Finally the link with clinical applications will be studied.

17h00 > Simulation hémodynamique pour l'Imagerie fonctionnelle vélocimétrique : contrôle qualité, diagnostic et pronostic thérapeutique - Thomas Puiseux

L'hémodynamique est aujourd'hui considérée comme un marqueur prépondérant dans l'occurrence et l'évolution de certaines pathologies cardiovasculaires (thrombose, anévrisme, sténose...). Les récents progrès technologiques ont permis d'adapter l'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) à l'exploration vélocimétrique du système cardiovasculaire grâce à l'IRM 4D Flow, devenant par la même un standard incontournable au diagnostic et suivi patient en routine clinique. Dans ce cadre, être capable de contrôler la qualité des mesures par IRM 4D Flow devient crucial. Pour ce faire, l'hémodynamique d'un écoulement complexe et physiologique généré par un fantôme IRM est simultanément mesurée par IRM 4D Flow, et comparée avec l'écoulement

17h30 > Non invasive blood flow features estimation in cerebral arteries from uncertain medical data - Franck Nicoud

A methodology for non-invasive estimation of the pressure in internal carotid arteries is proposed. It uses data assimilation and Ensemble Kalman Filters in order to identify unknown parameters in a mathematical description of the cerebral network. The approach uses patient specific blood flow rates extracted from Magnetic Resonance Angiography and Magnetic Resonance Imaging. To make the approach computational efficient, a reduced order zero-dimensional compartment model is used for blood flow dynamics. The predicted blood flow rates in the internal carotid arteries and the predicted systolic and diastolic brachial blood pressures are found to be in good agreement with the clinical measurements.

Pour les inscrits
repas du soir à partir de 20h00



La Cendrée
11 rue des Tourneurs 31000 Toulouse
Parking et Métro ligne A : Esquirol
Téléphone 05 61 257 697

Vendredi
12
Janvier

(Session plénière)

Poumons - Amphithéâtre Nougaro

9h00 > Clinicienne - Mucoviscidose : le point en 2018... - Marlène Murris

9h20 > Écoulement du mucus pulmonaire: modélisation, simulation et influence de la mucoviscidose

- Robin Chatelin

9h40 > Spatiotemporal organization of cilia drives multiscale mucus swirls in model human bronchial epithelium

- Annie Viallat

10h00 > Caractérisation du battement ciliaire par vidéomicroscopie à haute vitesse dans le cadre du transport mucociliaire normal et pathologique - Bruno Louis

L'épuration mucociliaire, première ligne de défense de l'appareil respiratoire, est une fonction fondamentale des voies aériennes qui doit assurer l'épuration de l'air inspiré en le débarrassant des aérocontaminants. Le transport de la couche de mucus qui recouvre la surface épithéliale des voies aériennes est assuré par le battement synchronisé des cils situés à la surface des cellules constituant l'épithélium respiratoire. Une anomalie du mouvement des cils peut être une des raisons du défaut d'épuration mucociliaire avec pour conséquence des obstructions de degré variable et des infections chroniques des voies aériennes. Une méthodologie de caractérisation systématique de la mécanique ciliaire à partir de prélèvements biologiques issus de patients observés par vidéo-microscopie à haute vitesse a été développée parallèlement au développement d'un modèle numérique intégrant le couplage entre battement ciliaire et transport de fluide. Ceci nous a permis de proposer un nouvel index utilisable par les cliniciens pour caractériser l'efficacité du battement ciliaire.

10h20 > Clinicien - Étude du mouvement ciliaire par video-microscopie à haute vitesse: application aux dyskinésies ciliaires primitives. - Sylvain Blanchon

Les dyskinésies ciliaires primitives (DCP) sont des maladies génétiques rares dues à une anomalies de structure et/ou de fonction des cils de l'épithélium des voies aériennes. L'absence d'efficacité du battement ciliaire est responsable d'un défaut d'épuration muco-ciliaire conduisant à des infections respiratoires chroniques et/ou récidivantes. Le diagnostic des DCP est particulièrement difficile car il n'existe pas de « gold standard » diagnostique. Nous proposons une analyse quantitative du battement ciliaire par vidéo-microscopie à haute vitesse à partir de l'étude ex-vivo de brossage de l'épithélium des voies aériennes hautes ou basses. Cette technique permet de mesurer 14 paramètres objectifs de mouvement: fréquence de battement ciliaire, durée de la phase aller et de la phase retour du battement, distance parcourue par l'extrémité du cil par battement et par seconde, etc... Appliquée à une cohorte de patients en cours d'investigation pour une éventuelle DCP, cette technique a permis d'améliorer significativement le rendement des investigations diagnostiques. Appliquée à une cohorte de patients présentant une DCP confirmée, cette technique a permis d'orienter la caractérisation phénotypique de la maladie et d'orienter les analyses moléculaires.

10h40 Pause & session poster

(Session plénière)

Sang – Imagerie (partie 1) - Amphithéâtre Nougaro

11h20 > Intravital microscopy reveals new insight on vascular effects induced by electropermeabilization

- Muriel Golzio

Electropermeabilization (EP) is a physical method allowing the delivery of molecules into tissues. Several studies have reported blood flow modifying effects of EP on normal and tumor vasculatures under electrical parameters used in clinics mainly for Electrochemotherapy (ECT) but also for Electrogenotherapy (EGT) (when millisecond pulses were used, more effective for gene transfer). The aim of our study was to investigate the effects of millisecond pulses on normal blood vessels in the skin. A thorough investigation was performed by intravital microscopy in a mouse dorsal window chamber (DWC) model. Direct visualization at the vessel level revealed the dependence of the vessel permeability and vasoconstriction according to their nature and size with respect to the electric field orientation. Based on these experimental data, we proposed a predictive model of EP-induced changes in blood flow of the skin vascular network.

11h40 > Modifications des flux artériels dans les branches de l'artère carotide externe avant et après microanastomose de lambeaux libres - Agnès Paasche

La face est essentiellement vascularisée par des branches de l'artère carotide externe. Une première étude de cette arborescence par IRM de flux a été menée chez le volontaire sain et a permis de caractériser les flux artériels dans 5 branches collatérales de la carotide externe, démontrant la faisabilité de cette imagerie fonctionnelle dans l'étude de la vascularisation faciale. Nous nous focalisons maintenant sur l'étude des modifications de ce flux après microanastomose de lambeau libre. Nous avons mesuré les paramètres hémodynamiques caractérisant le flux artériel (débits moyens et maximaux, vitesses moyennes et maximales et surface intraluminaire du vaisseau) de ces 5 branches collatérales (droites et gauches) de l'artère carotide externe, en pré et en post-opératoire chez des patients bénéficiant d'une reconstruction cervico-faciale microchirurgicale. Les premiers résultats montrent une augmentation des débits du côté homolatéral à l'anastomose du lambeau.

12h20 Repas - Hall Castex

14h00 > **Étude de l'écoulement sanguin avant et après pose de stent flow-diverter** - Isabelle Claude, Cécile Legallais.

Dans le contexte de l'évaluation des procédures de traitements endovasculaires innovants des anévrismes intracrâniens, un projet collaboratif entre différentes équipes cliniques coordonnées par le Pr Damien Bresson, neurochirurgien, et l'équipe Interactions Fluides-Structures (IFSB) du laboratoire de Biomécanique et Bioingénierie de l'Université de Technologie de Compiègne, a permis de développer des outils temps-réel de traitements d'images angiographiques 2D, acquises en cours de traitement. D'un point de vue clinique, des caractéristiques hémodynamiques ont été calculées, dans la carotide et l'anévrisme, avant et après pose du stent, afin de déterminer des paramètres prédictifs de guérison secondaires. D'un point de vue plus scientifique, l'exploitation de ces caractéristiques, notamment en simulation numérique, permet de mieux comprendre la modification du flux induite par la pose du stent flow diverter.

14h20 > **Pulsatility evolution's of the cerebrospinal fluid and blood flow through the cranium** - Olivier Balédent

Introduction: Systolic cerebral arterial blood flow (ABF) have to be dampened as soon as possible by the cerebral venous outflow (VBF) and by the small but rapid CSF' oscillations. Because this pulsatility mechanism is not well understood and could lead to hydrocephalus or intracranial hypertension we propose to quantify the pulsatility's evolution of the CSF, ABF and VBF through the intracranial compartment. Methods: 19 healthy elderly underwent a 3T MRI to quantify CSF flows in the aqueduct and the spinal canal. The internal carotid, the vertebral and the basilar arteries, the internal jugular veins and the straight and sagittal sinuses were also investigated to quantify ABF and VBF at the intracranial and extracranial levels. Maximal, minimal and mean values of the vascular flows were calculated to obtain a pulsatility index ($PI = (max-min)/mean$) for ABF and VBF for each intracranial and extracranial level. Based on ABF-VBF the Intracranial blood volume change (IBVC) during the cardiac cycle was calculated. Results: IBVC (1 ± 0.27 ml) was not correlated with aqueduct CSF oscillations (0.053 ± 0.03 mL) but was well correlated ($R = 0.75$; $p < 0.001$) with the spinal CSF oscillations (0.44 ± 0.24 mL). Intracranial arterial PI (1.1 ± 0.2 [$0.8 - 1.5$]) was significantly ($p = 0.01$) smaller than extracranial arterial PI (1.3 ± 0.3 [$0.9 - 2$]). Extracranial venous PI (0.8 ± 0.3 [$0.3 - 1.3$]) was significantly ($p = 0.02$) higher than intracranial venous PI (0.5 ± 0.2 [$0.3 - 0.8$]). Conclusions: CSF oscillations reflect how the cerebral venous outflow flushes the arterial input flow. Poorly investigated, cerebral venous flows play an important role in understanding CSF dynamics physiology and its pathologies.

14h40 > **Clinicien - Mechanobiologie du vieillissement cerebral** - Éric Schmidt

Notre projet vise à une meilleure compréhension des processus du vieillissement cérébral par l'étude de l'évolution de la microstructure et de la constitution biologique du cerveau suite aux modifications de son environnement mécanique lié à l'avancée en âge. Par une étude combinatoire multi-échelle, multi-physique et biologique, ce travail ambitionne de mieux appréhender le développement des maladies neurodégénératives, du vieillissement pathologique et de la dépendance. Nous voulons initier une dynamique Régionale autour de l'ingénierie du vieillissement cérébral en combinant les Sciences de l'ingénieur, les Sciences biologiques et la recherche clinique.

15h00 > Caractérisation histomécanique du tissu vocal - Lucie Bailly

Les propriétés vibromécaniques remarquables du pli vocal, mal comprises à ce jour, sont liées à sa structure multicouches et à l'architecture de ses réseaux fibreux. La caractérisation 3D de chaque élément constitutif aux échelles micrométriques est un challenge actuel en microscopie confocale, en micro-IRM et en microtomographie à rayons X. Cette étude présentera une base de données morphologiques et histologiques obtenue pour la première fois sur 10 pièces anatomiques excisées, grâce à des images haute résolution obtenues par microtomographie à rayons X synchrotron. Sur la base d'analyses de microstructure permettant de quantifier les géométries et orientations 3D des réseaux fibreux ainsi identifiés, une modélisation biomécanique multi-échelles du pli vocal sera proposée. Ces premiers résultats ouvrent des perspectives prometteuses pour une meilleure compréhension des micromécanismes impliqués en phonation.

15h20 > Mécanique multi-échelle de la peau - Jean-Marc Allain

Les propriétés mécaniques et le remodelage des tissus mous sont liés aux mouvements à l'échelle de la cellule à l'intérieur du tissu, et en particulier au mouvement des fibres de collagène. Nous avons utilisé un dispositif couplant une machine de traction avec un microscope de Génération de Second Harmonique pour mesurer l'évolution des fibres de collagène dans le derme lors d'un chargement mécanique. Nos observations ne sont pas reproduites par les modèles microstructuraux classiques, qui supposent un comportement affine du collagène. Cela nous amène au développement d'un nouveau modèle qui inclue la microstructure et qui reproduit le comportement non-affine des fibres de collagène lors de sollicitations mécaniques.

15h40 > Clinicien - Les stimuli mécano-biologiques influencent-ils les propriétés de transport dans le segment vertébral ? Études in-vivo sur modèles animaux - Franck Accabled

L'homéostasie du segment vertébral est conditionnée par les échanges de flux en lien avec la vascularisation. Le disque intervertébral, structure fortement hydratée et non vascularisée est dépendant des propriétés de transport des structures adjacentes et notamment du plateau vertébral. Les stimuli mécaniques, normaux et pathologiques peuvent avoir un rôle essentiel sur le développement équilibré du rachis ou son instabilité de courbure comme dans la scoliose idiopathique chez l'enfant. Nous présentons des applications in-vivo sur modèles animaux qui ont permis de mettre en évidence les couplages mécanobiologiques mais également de susciter des questions scientifiques et cliniques amonts.

16h00 > Caractérisation biomécanique de cartilage de synthèse obtenu à partir de cellules souches mésenchymateuses. - Gilles Dusfour

Une procédure expérimentale a été développée pour étudier les caractéristiques mécaniques, la géométrie ainsi que l'expression génétique de « pellets » de cartilage obtenues par différenciation de cellules souches mésenchymateuses (CSM). L'impact du facteur de croissance TGF- β 3 et du temps a été étudiés.

L'ajout de facteur de croissance TGF- β 3 a montré un impact direct sur l'expression des gènes chondrogéniques, avec une nette augmentation du gène ACAN et SOX9 ainsi que l'apparition du gène COL2B responsable de la synthèse du collagène de type II. De même la rigidité apparente, la dissipation d'énergie et le rayon des pellets ayant subi un traitement avec le facteur de croissance TGF- β 3 sont respectivement multipliés par 14, 19 et 1,23 en comparant avec des pellets n'ayant pas subi de traitement avec facteur de croissance.

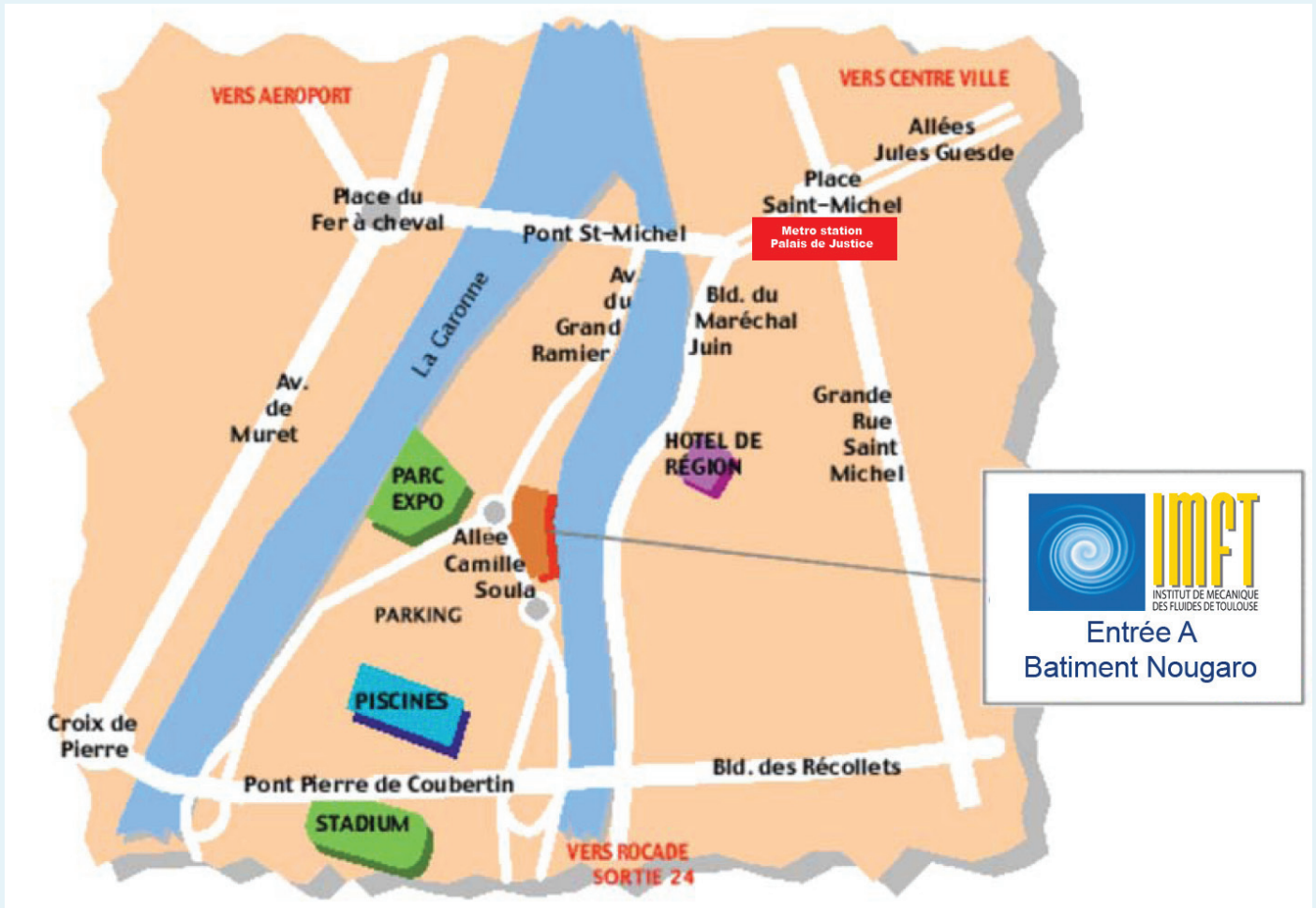
La même procédure a permis d'observer une augmentation puis une stabilisation de la rigidité, de la dissipation d'énergie et du rayon au cours du temps.

Enfin, l'ensemble des expérimentations met en avant une corrélation entre rigidité apparente et l'expression du gène COL2B.

Les résultats préliminaires permettent de dire que les pellets obtenues à partir de CSM représentent de bons modèles in-vitro de croissance de cartilage.

Comment venir à l'IMFT

2 Allée du Professeur Camille Soula (Face au parc des Expositions)



En avion à l'aéroport de Toulouse-Blagnac :

- Prendre le tramway T2
- Descendre à la station île du Ramier

En train à la gare SNCF Matabiau :

- Prendre le Métro ligne A direction Basso Cambo
- Descendre à la station Jean Jaures pour changer de ligne
- Prendre Métro Ligne B direction Ramonville
- Descendre à la station Palais de Justice (10 minutes à pied) ou
- Prendre le tramway T2
- Descendre à la station île du Ramier

En voiture :

- Vous arrivez de L'A64, prendre périphérique extérieur direction Montpellier, sortie 24 (Empalot).
- Vous arrivez de L'A62, prendre périphérique extérieur direction Montpellier, sortie 24 (Empalot).
- Vous arrivez de L'A61, prendre périphérique intérieur direction Foix Tarbe, sortie 24 (Empalot).
- Vous arrivez de L'A68 prendre périphérique intérieur Montpellier puis bifurquer direction Foix Tarbe, sortie 24 (Empalot).

Au premier feu, tourner à gauche pour traverser la Garonne sur une passerelle métallique.

Au bout de la passerelle, tourner à droite puis longer la Garonne sur environ 500 m.

Après être passé sous un pont, les locaux de l'IMFT se trouvent sur la droite.