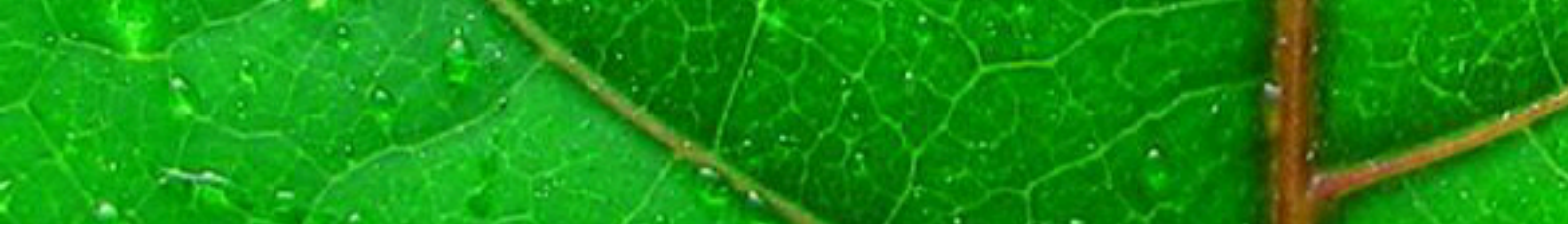


MPPM

Mécanique et Physique en Milieux Poreux

Présentation de l'équipe

Le groupe MPPM **(Mécanique et Physique en Milieux Poreux)**, piloté par David GREGOIRE, s'intéresse au comportement mécanique des milieux poreux, aux couplages fluides-solides et aux propriétés de transport dans ces milieux au sens large. Le groupe développe aussi bien des activités de caractérisation expérimentale que de modélisation tout en s'appuyant sur des outils de simulation numérique à différentes échelles.

Ses activités actuelles concernent principalement :

- La compréhension du comportement des fluides en milieux microporeux
- La modélisation poromécanique des milieux micro et méso-poreux et le passage de la nanoéchelle au milieu continu
- La compréhension des relations et couplages entre perméabilité et endommagement

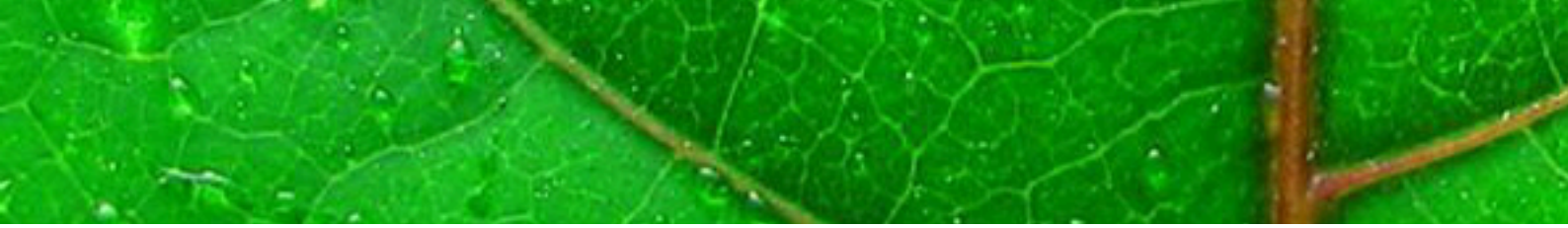
Activités de recherche

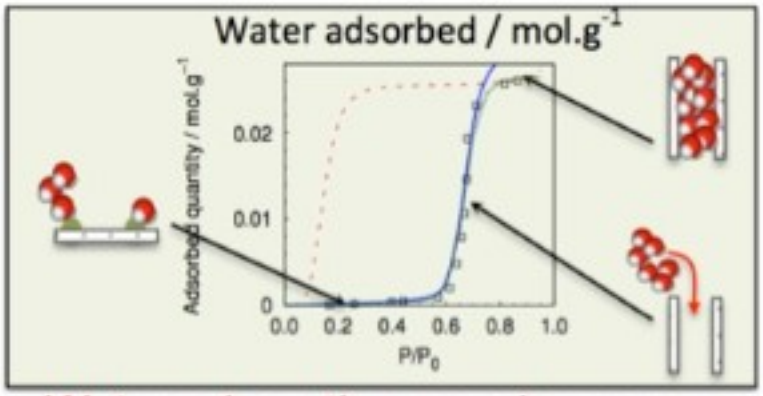
Compréhension du comportement des fluides en milieux microporeux

Il s'agit ici de développer les modélisations du comportement de fluides dans des milieux poreux pour lesquels le confinement extrême modifie de façon importante les propriétés thermodynamiques. Plusieurs directions sont privilégiées incluant la complexité des fluides adsorbés (eau, électrolytes, mélanges de gaz,…) ou le raffinement de la description de la géométrie des pores. La voie suivie par l'équipe est celle des modèles continus comme les théories fonctionnelles de la densité (DFT) couplés à des équations d'état performantes (type SAFT). La validation avec la simulation moléculaire sur des configurations simples fait l'objet de collaborations avec les autres équipes du laboratoire.

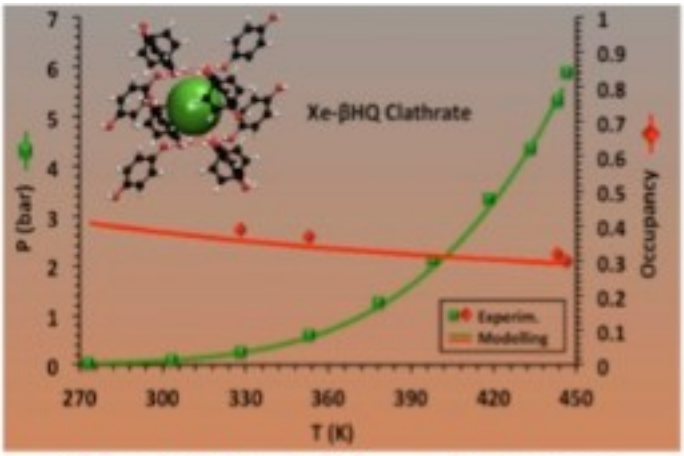
Le développement de techniques expérimentales permettant de caractériser ce phénomène est également réalisé sur de larges gammes de température et de pression en incluant les effets énergétiques induits et en abordant de façon plus systématique la problématique liée à l'adsorption sélective (vapeurs, mélanges eau-hydrocarbures). La décontamination de polluants (dont les Eléments Traces métalliques, type mercure ou aromatiques) présents dans les gaz de stockage et la synthèse de nanomatériaux pour la décontamination sont également parmi les applications visées.

Parallèlement, ces méthodes de caractérisation et les modélisations associées peuvent trouver de nouvelles applications. Le développement de nouvelles méthodes de porosimétrie par adsorption est envisagé en s'appuyant sur des mesures réalisées sur des gammes plus larges de température et pression, en utilisant des molécules sondes pouvant présenter des transitions de phase dans les conditions investiguées.



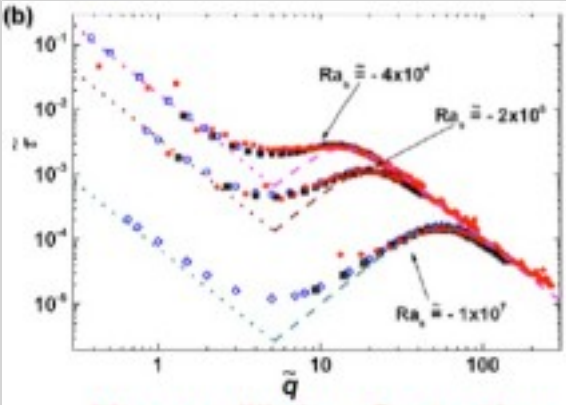


Water adsorption on microporous activated carbon (measurement and modelling)



Gas (CH_4, CO_2, ...) storage by organic clathrates (measurement and modelling)

Les travaux entrepris ces dernières années dans le domaine de la thermodiffusion appliquée à la caractérisation de la distribution des espèces chimiques dans les réservoirs s'orientent vers l'étude des mélanges ternaires dans des conditions critiques et dans des milieux poreux de très faible perméabilité. Par dynamique moléculaire il a été montré des séparations par effet Soret qui ne sont pas conformes aux prévisions des modèles classiques pour des diamètres de pores inférieurs à 5 fois le diamètre moléculaire. Il faut donc confirmer ces résultats par des observations expérimentales et comprendre les effets induits par le confinement des fluides.



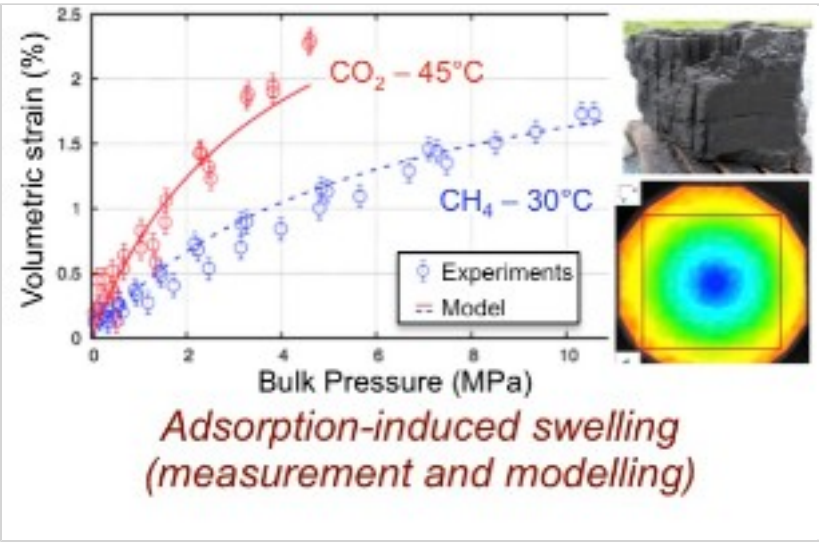
Non equilibrium fluctuation in confinement (measurement)

High pressure mass transport properties (measurement)

Modélisation poromécanique des milieux micro et méso-poreux et le passage de la nanoéchelle au milieu continu

Cet enjeu recouvre la modélisation du gonflement lié à l'adsorption dans ces milieux et le comportement temporel (fluage) de ces mêmes matériaux en fonction de la taille des pores. Dans le premier cas, on quantifie l'impact du fluide sur la déformation du solide en déterminant les modifications de la pression du fluide dues au confinement avant d'écrire une théorie couplée adsorption/gonflement. Cette théorie suppose aussi une meilleure

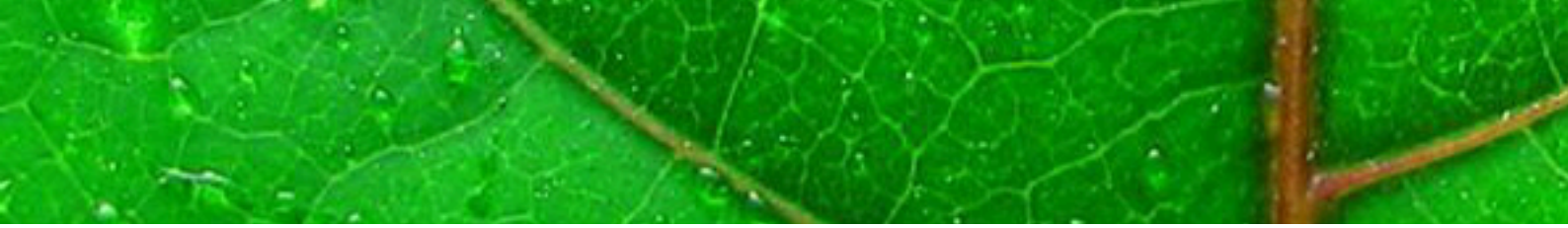
compréhension des effets de surface sur le comportement des milieux microporeux. Dans le cas du fluage des matériaux microporeux, il s'agit de déterminer l'effet induit par la présence de fluide confiné dans un assemblage microstructurel où le glissement entre les particules solides, qui serait à l'origine du fluage, est possible. La compréhension des phénomènes est basée sur des résultats de simulation moléculaire dans des configurations modèles. L'objectif final est d'arriver à un couplage avec la fissuration (et donc l'endommagement) et d'introduire dans les modélisations qui sont pour l'instant élastiques des effets non linéaire matériels.

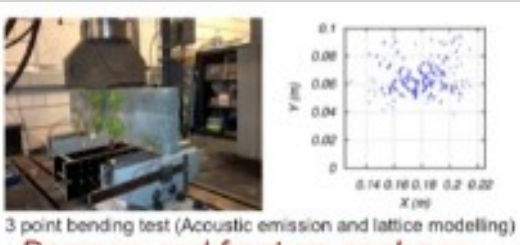


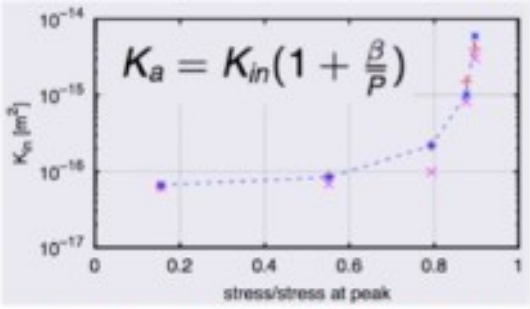
Compréhension des relations et couplages entre perméabilité et endommagement

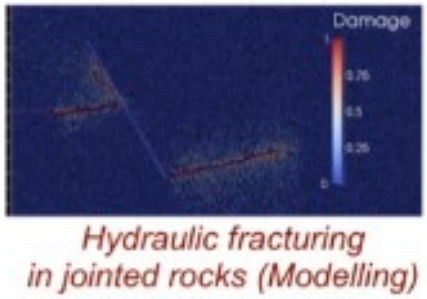
Lorsque la microfissuration se développe dans la phase solide du milieu poreux, sous l'effet d'un chargement mécanique, la perméabilité augmente car le réseau poreux est modifié. L'objectif est d'établir des relations entre le chargement mécanique appliqué, le développement de la micro-fissuration, et l'évolution de la perméabilité du milieu. En ce qui concerne le comportement non linéaire de la phase solide, l'emploi de modélisations discrètes (lattice) est privilégié. Les enjeux sont la compréhension de l'organisation du processus de rupture par microfissuration et localisation, les comparaisons avec les données d'émission acoustique et le passage au 3D.

L'emploi de modèle discret est généralisé en introduisant un couplage entre l'endommagement et la perméabilité au niveau local (éléments lattice). La prise en compte de la saturation du milieu poreux (mélange de fluides, perméabilités relatives, phénomènes de perçage capillaire,…) et des changements de phase de la partie fluide (liquide-vapeur) sont abordés dans ce contexte. Les applications visées sont la fracturation induite par la phase fluide (statique et/ou dynamique), la qualification de l'étanchéité de massifs rocheux et/ou parois de confinement, mais aussi la simulation et la compréhension de l'histoire géologique en comparant avec des données d'observation, en collaboration avec nos collègues géologues du laboratoire.









Développement d'un sonoréacteur haute pression / étude de la cavitation générée par onde ultra-sonore.

L'utilisation de la cavitation générée par onde ultrasonore haute puissance présente un grand intérêt à la fois pour la recherche fondamentale et pour son utilisation en procédés dans l'industrie. De nombreux domaines comme l'agro#alimentaire, le médical et le pharmaceutique utilisent déjà largement cette technique dans des sonoréacteurs. Dans ce cadre, une plateforme expérimentale UPPASON est développée. Ce dispositif de sonoréacteur haute puissance ultrasonore, travaillant sous haute pression, doit permettre à terme une analyse fine phénoménologique et des mesures quantitatives, en utilisant conjointement la calorimétrie, la spectroscopie acoustique et optique, la chromatographie phase gaz ou la mesure de conductivité électrique.

Creation of stationary
implosive cavitation bubbles
(measurement)

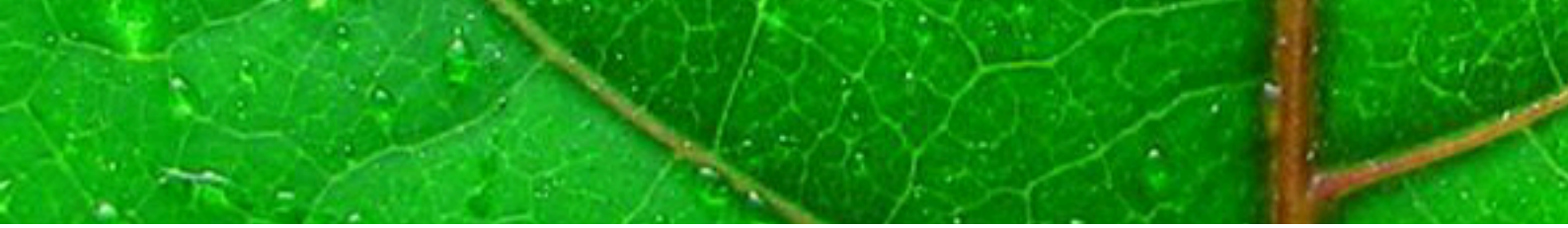
Membres permanents

Henri BATALLER, Maître de Conférences

Hannelore DERLUYN, CR CNRS

Marie FERREIRA, Assistant Ingénieur gestion administrative et financière (50%)

David GREGOIRE, Maître de Conférences (habilité à diriger des recherches)



Christelle MIQUEU, Maître de Conférences (habilité à diriger des recherches)

Pierre MOCHO, Maître de Conférences

Laurent PERRIER, Maître de Conférences

Gilles PIJAUDIER-CABOT, Professeur des Universités

Frédéric PLANTIER, Maître de Conférences (habilité à diriger des recherches)

Membres non permanents

Antoine BARTHES, Doctorant

Syrine BEN ELHADJ HAMIDA, Doctorante

Dan Esli BOUYOU BOUYOU, Doctorant

Tinhinane CHEKAI, Doctorante

Valentine COMBAUDON, Doctorante

Fabrizio CROCCOLO, Post-doctorant (habilité à diriger des recherches)

Toussaint DONO NGARTA, Doctorant

Ahmed GRIM, Doctorant

Tematuanui a Tehei HANTZ, Doctorant

Hapiness IMUETINYAN, Doctorant

Akli KAHLAL, Doctorant

Youssef KHALDOUNI, Doctorant

Kanchana KULARATNE, Post-Doctorante

Rafik MALLEK, Post-Doctorant

Benhur MEKONNEN, Doctorant

Rizwan MINHAS, Doctorant

Christian OKO, Doctorant

Victor OKUMKO, Doctorant

Alex PENNETIER, Doctorant

Omar RODRIGUEZ VILLARREAL, Doctorant

Andrew WILSON, Doctorant