

UR NAVIER

Laboratoire commun

- **Université Paris-Est/École des ponts**
 - **LCPC**
-

Université Paris-Est/UR Navier

École des ponts
6/8 av Blaise Pascal
Cité Descartes – Champs-sur-Marne
77455 Marne-la-Vallée cedex 2

Tél. : 01 64 15 37 27

Fax : 01 64 15 37 41

LCPC

58 bd Lefebvre
75732 Paris cedex 15

Tél. : 01 40 43 50 00

Fax : 01 40 43 54 98

directeur : Olivier Coussy

secrétaire générale : Adélaïde Féraïlle

directeur délégué UMR 113 : Philippe Coussot

secrétariat : Nadine Catoire

Effectifs

44 chercheurs,

45 doctorants,

13 post-doctorants

26 ingénieurs, techniciens et administratifs

BILAN QUALITATIF

L'unité de recherche Navier (UR Navier dans la suite du texte) est une unité de recherche commune à l'École des ponts et au Laboratoire central des ponts et chaussées (LCPC). Constituée au 1^{er} janvier 2007, elle est le regroupement de trois laboratoires, le CERMES (Centre d'enseignement et de recherche en mécanique des sols), le LAMI (Laboratoire d'analyse des matériaux et identification) et le LMSGC (Laboratoire des matériaux et des structures du génie civil). Le LMSGC constitue par ailleurs une unité mixte de recherche avec le CNRS (UMR 113).

L'UR Navier réunit des compétences générales sur la mécanique et la physique des matériaux et des structures et leurs applications à la géotechnique et au génie civil. De manière très générale, les enjeux sociétaux généraux dont relèvent principalement les thèmes de la recherche faite à l'UR Navier concernent l'énergie, à travers notamment les études de géotechnique portant sur le stockage des déchets radioactifs et l'ingénierie pétrolière, l'environnement, à travers notamment l'éco conception des structures et des matériaux du génie civil, et les dommages causés aux bâtiments par la sécheresse, le développement durable, à travers notamment des recherches sur la durabilité des matériaux hétérogènes du génie civil et leur ingénierie. Dans la recherche de la compréhension des lois physiques et de la caractérisation des comportements mécaniques liés à ces thèmes, les recherches sont à la fois expérimentales et théoriques.

Dans des perspectives générales ainsi dressées, le regroupement en une seule unité du CERMES, du LAMI et du LMSGC a amené une nouvelle organisation en 7 groupes ou équipes :

- Géotechnique (Resp. P. Delage)
- Dynamique des structures et identification (Resp. D. Duhamel)
- Comportement des structures hétérogènes (Resp. K. Sab)
- Micromécanique et calcul des structures (Resp. P. de Buhan)
- Physique et mécanique des milieux poreux (Resp. A. Azouni)
- Rhéophysique des pâtes et milieux granulaires (Resp. F. Chevoir)
- Imagerie par résonance magnétique (Resp. P. Coussot)

À travers le groupe « Géotechnique », l'UR Navier mène des recherches expérimentales, théoriques et numériques, en géotechnique et en géomécanique (mécanique des sols et des roches). Les applications de ces recherches concernent le génie civil, en particulier en milieu urbain, l'ingénierie environnementale, l'ingénierie pétrolière *offshore* et les risques naturels. Les travaux portent notamment sur les interactions statiques et dynamiques sol-structure (effets sismiques de site, vibrations des pieux, etc.) ; les couplages thermo-hydro-mécaniques dans les géomatériaux (stockage des déchets nucléaires, effets de la sécheresse, sédiments marins profonds, etc.) ; le comportement des sols et roches granulaires comme les sables, les sols grossiers ou le ballast (problèmes d'injection, étude des failles profondes). Les recherches vont de l'investigation *in situ* des sols et des roches à la modélisation de leurs lois de comportement et au calcul d'ouvrages géotechniques.

À travers son équipe « Dynamique des structures et identification », l'UR Navier traite de problèmes de dynamique sous des aspects variés : dynamique ferroviaire, vibro-acoustique, bruit des pneumatiques, vibrations de passerelles. Une attention spéciale est portée sur les techniques d'identification des paramètres clefs (paramètres d'une loi de comportement, nodaux d'une structure, etc.).

À travers son équipe « Comportement des structures hétérogènes », l'UR Navier aborde des recherches dans le domaine de la mécanique des matériaux et des structures. Les travaux théoriques portent sur l'élaboration de méthodes d'homogénéisation (périodique ou aléatoire), et de méthodes numériques appliquées aux matériaux hétérogènes et aux structures multicouches, en particulier du génie civil (plaques, dalles, chaussées...). Les travaux de l'équipe portent également sur la recherche de structures innovantes par la combinaison de matériaux choisis pour leurs performances à la fois mécaniques et environnementales (bois, polymères, composites, bétons spéciaux pouvant intégrer des liants verts).

À travers son équipe « Micromécanique et calcul des structures », l'UR Navier élabore des outils de calcul destinés aux ingénieurs en s'appuyant sur les méthodes de changement d'échelle pour formuler des modèles mécaniques utilisables, applicables

aux ouvrages du génie civil et principalement aux matériaux poreux et hétérogènes qui les constituent (matériaux à base cimentaire, argilités, ouvrages renforcés).

À travers son équipe « Physique et mécanique des milieux poreux », l'UR Navier conduit des recherches sur les processus physiques, chimiques, mécaniques (cristallisation confinée, séchage, hydratation des bétons, etc.) conduisant au vieillissement et à l'endommagement des matériaux poreux principalement du génie civil et l'identification des paramètres critiques qui les affectent le plus.

À travers son équipe « Rhéophysique des pâtes et milieux granulaires », l'UR Navier a pour objectif la description rhéologique des pâtes, suspensions et matériaux granulaires dans leurs régimes liquide et solide, et la compréhension de l'origine microscopique de leur comportement à l'échelle des particules et de leurs interactions. Les applications de ces travaux se situent dans la mise en œuvre des matériaux (en premier lieu du génie civil : bétons cimentaires, bitumineux) mais aussi dans le domaine des risques naturels (glissements de terrain, avalanches...).

À travers son équipe « Imagerie par résonance magnétique », l'UR Navier dispose d'un outil physique d'observation unique permettant l'imagerie directe ou l'observation indirecte des mouvements de convection ou de diffusion, de changements d'état, des interactions entre éléments, la structure, au sein des matériaux. Ces dernières années, les travaux ont essentiellement concerné l'étude de la circulation de liquide à travers les milieux poreux d'une part et la rhéologie des pâtes d'autre part. En relation avec les autres équipes, les lignes de recherche se dégagent pour les années qui viennent concernent l'étude de la structure du ciment et le suivi de ses évolutions, l'étude du gel et de la cristallisation dans les milieux poreux, l'étude des propriétés d'écoulement et aux interfaces des milieux granulaires sous pression, l'étude des propriétés des pâtes en cours d'extrusion, injection, filtration...

En plus des opérations de recherche du LCPC, les travaux de l'UR Navier sont le plus souvent co-financés par des contrats de recherche avec des institutions publiques ou des entreprises privées (ANDRA, ARCELOR, AIRBUS, BIC, BRGM, CETU, CETMEF, CLAROM, DANONE,

DECATHLON, EDF, EURIDICE, IFP, IFREMER, INERIS, INRA, ITAL CIMENTI, RST du MEDAD, LAFARGE, MAIF, SCHLUMBERGER, SNCF, TOTAL) ; dans le cadre de projets européens (ERIC, NR2C, TIMODAZ, RTN MUSE et GEOTECHNET) ou français (projets ANR, RGCU, R2D2 Île-de-France, projets IREX).

L'UR Navier a également une importante activité d'enseignement. Dans le cadre de la formation d'ingénieur à l'École des ponts, l'UR Navier assure l'enseignement de la géotechnique, de la mécanique et de physique. L'UR Navier est notamment un laboratoire ressources en terme d'enseignement expérimental. L'UR Navier participe activement à trois masters de recherche en relation avec l'université Paris-Est-Marne-la-Vallée (Mécanique des sols, des roches et des ouvrages dans leur environnement ; Génie parasismique, mécanique des matériaux et des structures). Il assure également la responsabilité de la chaire d'enseignement et de recherche Lafarge.

Faits marquants

L'UR Navier a répondu à un appel à propositions SESAME pour le projet suivant : Plateforme fédérative d'imagerie microtomographique pour l'analyse des matériaux et structures sous sollicitations thermo-hydro-mécaniques. Il s'agit de constituer une plateforme d'imagerie volumique par tomographie aux rayons X permettant d'analyser les matériaux et les structures mécaniques ainsi que leurs évolutions sous sollicitations thermo-hydro-mécaniques. Cette plateforme, portée essentiellement par l'École des ponts, bénéficie également du soutien de laboratoires de la Fédération francilienne de mécanique (Centre des matériaux de l'École des Mines et Laboratoire de Mécanique des Solides notamment) et de l'École polytechnique, au travers de la chaire Lafarge. Elle permettra de caractériser précisément, sans l'ambiguïté d'une observation surfacique, les géométries ou microgéométries des échantillons observés et de révéler, par la comparaison détaillée des images, les mécanismes élémentaires gouvernant les évolutions. Ces observations qualitatives et quantitatives permettront de construire des modèles de comportement et de les valider par une confrontation explicite à l'expérience. Le responsable scientifique de ce projet est M. Bornert. Ce projet a donc été accepté ; le Conseil

Régional d'Île-de-France s'engage à contribuer à son financement à hauteur de 470 K€.

AXES DE RECHERCHE

1. Équipe Géotechnique

- 1.1. Interactions sols – structures
- 1.2. Couplages dans les géomatériaux
- 1.3. Sols et roches granulaires

2. Équipe Dynamique des structures et identifications

- 2.1. Problèmes inverses et identification dynamique
- 2.2. Bruit des pneumatiques et structures périodiques
- 2.3. Problèmes divers en dynamique

3. Équipe Comportement des structures hétérogènes

- 3.1. Systèmes constructifs innovants
- 3.2. Structures utilisant le bois
- 3.3. Éco conception
- 3.4. Renforcement
- 3.5. Modèles numériques
- 3.6. Méthodes de changement d'échelle

4. Équipe Micromécanique et calcul des structures

- 4.1. Ouvrages et structures de génie civil
- 4.2. Micromécanique des milieux poreux et hétérogènes

5. Équipe Physique et mécanique des milieux poreux

- 5.1. Écoulement et transports
- 5.2. Changement de phase

6. Équipe Rhéophysique des pâtes et milieux granulaires

- 6.1. Pâtes
- 6.2. Suspensions non colloïdales
- 6.3. Matériaux granulaires

7. Équipe IRM

- 7.1. Vélométrie par IRM
- 7.2. Matériaux poreux

1. ÉQUIPE GÉOTECHNIQUE

Le groupe géotechnique de l'UR Navier, connu sous le nom de CERMES, mène des recherches expérimentales, théoriques et numériques dans les domaines géotechnique et géomécanique (mécanique

des sols et des roches). Les domaines d'application des recherches concernent le génie civil et urbain, l'ingénierie environnementale, l'ingénierie pétrolière *offshore* et les risques naturels. Les recherches concernent des problèmes appliqués, allant de la reconnaissance des sols et des roches *in situ* à la modélisation constitutive et au calcul d'ouvrages géotechniques.

Les chercheurs du groupe ont une activité d'enseignement importante à l'École des ponts et dans d'autres organismes et ils participent à deux masters recherche en relation avec l'université Paris-Est-Marne-la-Vallée (Mécanique des sols, des roches et des ouvrages dans leur environnement, Génie parasismique). En 2007, le groupe a accueilli comme professeur invité Marte Gutierrez, de Virginia Polytechnic Institute (VPI), qui a donné le cours de « Conception des ouvrages de géotechnique » (R. Frank) en anglais. R. Frank a pris la responsabilité du mastère « Génie civil européen » en remplacement de J.-A. Calgaro.

Six autres professeurs et un chercheur invités (Belgique, Brésil, Chine, Liban) ont séjourné au CERMES pour plusieurs mois et cinq post-doctorants ont participé aux programmes de recherche en cours (Iran, Italie, Vietnam, Liban).

Les recherches sont liées à la préparation des thèses de doctorat et sont le plus souvent financées par des contrats de recherche avec d'importantes organisations publiques ou privées (ANDRA, BRGM, CLAROM, EDF, EURIDICE, FFB, IFP, IFREMER, INERIS, INRA, IREX, MAIF, SNCF, TOTAL).

En 2007, les chercheurs du CERMES ont publié 21 articles dans des revues scientifiques internationales (avec 15 articles acceptés), 1 compte rendu de conférences, 2 chapitres de livres et 28 contributions écrites à des conférences. En 2007, on note une participation importante au 6^e Congrès européen de mécanique des sols et de géotechnique de Madrid, à l'organisation de laquelle R. Frank a joué un rôle majeur en tant que vice-président pour l'Europe de l'ISSMGE (Société internationale de mécanique des sols et de géotechnique).

Deux thèses (Bassel Seif el Dine et Yamen Maalej) ont été soutenues et 7 nouveaux doctorants ont démarré leurs travaux en 2007 : Irina Andria-Ntoanina, Truong Linh-Chau, Pooneh Maghoul (avec l'équipe Dynamique de l'UR Navier), Merdokht Mohajerani, Mohammad Monfared, José Munoz-Castebianco et Viet-Nam Trinh.

Enfin, deux doctorants provenant des universités de Blida (Hadj Bekki) et de Nanjing (Chao-Seng Tang) ont rejoint l'équipe respectivement pour 18 et 12 mois dans le cadre de leur thèse.

En 2007, des résultats significatifs ont été obtenus dans le domaine du comportement des sables injectés de coulis et des sols grossiers. Le CERMES participe à 6 projets soutenus par l'ANR et deux nouveaux projets ANR ont été acceptés en 2007 : SOLCYP sur les sollicitations cycliques et TerrD-Ouest sur l'amélioration des sols (pilotes respectivement par Fugro et le LCPC). P. Delage est membre du groupement de laboratoires (GL) qui pilote le nouveau programme de recherche 2007-2012 en géomécanique de l'ANDRA sur le stockage profond des déchets radioactifs (avec une nouvelle thèse sur le comportement thermo-hydro-mécanique de l'argilite de Bure et des travaux sur l'utilisation des argilites remaniées comme matériau de noyau de scellement). On note également l'encadrement par J. Sulem de deux thèses sur les tunnels, au CETU et au LRPC de Toulouse.

Les recherches en géotechnique sont structurées selon trois thèmes majeurs :

- **Interactions sol-structures**

En statique, les travaux concernent le comportement des fondations et des structures de soutènement. L'interface entre ces structures et le sol est considérée comme un constituant mécanique fondamentale de l'interaction. Les recherches sur les interactions sol-structure en dynamique concernent les effets de site et les conséquences possibles sur les structures pendant la propagation de séismes ou le vibrofonçage des pieux.

- **Couplages dans les géomatériaux**

Les couplages thermo-hydro-mécaniques dans les géomatériaux multiphasiques interviennent dans l'ingénierie environnementale (stockage des déchets nucléaires, effets de la sécheresse sur les constructions, stockage du CO₂), dans le génie civil (stabilité des ouvrages sur des sols sensibles aux changements de teneur en eau, stabilité des carrières de craie abandonnées) et dans la géomécanique pétrolière *offshore* (étude des gisements pétrolifères, sédiments marins profonds).

- **Comportement des sols et roches granulaires**

L'étude des paramètres physiques des sols et roches granulaires (sable, sols grossiers, ballast, grès) aide à mieux comprendre les

phénomènes tels que la circulation de fluides dans les matrices solides, avec des applications dans le domaine de l'injection des sols ou du comportement des failles profondes. L'instabilité des structures due à la liquéfaction et aux déformations est aussi étudiée.

1.1. Interactions sol-structure

La recherche dans les interactions sol-structure s'attache à quatre sujets : le comportement des interfaces, la modélisation numérique et physique de fondations, la modélisation du comportement dynamique de l'interaction et le renforcement des sols.

Comportement des interfaces

A. Corfdir, G. Koval

L'étude de la couche d'interface est menée par Georg Koval Junior (soutenance programmée en janvier 2008), en collaboration avec le LMSGC (François Chevoir, Jean-Noël Roux, Stéphane Rodts, François Bertrand, Pascal Moucheront). Cette thèse utilise la combinaison de diverses approches (ACSA, IRM, simulations numériques discrètes) pour approfondir la connaissance des phénomènes d'interface sur des matériaux modèles en géométrie de Couette. Avec l'ACSA, les expériences ont permis d'étudier l'effet de la rugosité normalisée et de tester l'effet géométrique de la taille des grains par rapport à celle de l'appareil. Des essais à l'IRM avec un mini ACSA ont permis de valider les profils de vitesse obtenus à l'ACSA sur la paroi inférieure ; ils ont montré que les profils de vitesse n'étaient pas affectés par la proximité d'une paroi inférieure lisse. Il a été possible de préciser la notion d'épaisseur de bande de cisaillement et de montrer pour diverses conditions expérimentales son évolution au cours de la localisation.

Modèles physiques et numériques pour le calcul des fondations

V. De Gennaro, R. Frank, I. Said, Y. Bouassida

En se basant sur les résultats expérimentaux relatifs à la caractérisation du comportement mécanique de pieux battus ou foncés obtenus au cours des deux dernières décennies, une nouvelle méthodologie de modélisation 2D et 3D par éléments finis (EF) d'essais de chargement

a été proposée dans le cadre de la thèse d'Imen Said (soutenue en décembre 2006). À partir des résultats bibliographiques existants sur les effets d'installation d'un pieu (rarement considérés dans les simulations EF), cette méthodologie tient compte du comportement de l'interface sol-pieu dans un cadre élastoplastique (modèles MEPI-2D et MEPI-3D). Deux codes EF ont été utilisés (CESAR-LCPC et ICFEP d'Imperial College à Londres, avec D. Potts et L. Zdravkovic) pour valider cette démarche *via* l'analyse 2D et 3D d'essais de pieux modèles en chambre d'étalonnage et sur site réel et de pieux en vraie grandeur.

Une nouvelle thèse CIFRE (Yosra Bouassida) consacrée à l'étude du comportement des dallages a démarré en octobre 2006 avec la Fédération française du bâtiment et le groupe Eiffage Construction (P. Vezole). À l'heure actuelle, la pathologie des dallages, notamment non armés, représente un coût important pour le domaine du génie civil. La norme récente « Dallages » (2005) propose une modélisation relativement lourde destinée à apprécier les efforts et déformations des dallages. Le but de cette recherche est de mettre au point un outil numérique ou des formules simplifiées pour le dimensionnement pratique des dallages. En 2007, une étude sur la pratique des dallages dans les entreprises a été menée, ainsi qu'une étude bibliographique sur les méthodes de calcul au niveau international. Par ailleurs, les premiers calculs aux éléments finis ont pu être lancés à l'aide du code ASTER d'EDF.

Renforcement et amélioration des sols

J. Canou, J.-C. Dupla, A.-Q. Dinh

Ces recherches sont menées dans le cadre du projet national ASIRI consacré à l'étude du comportement des inclusions rigides utilisées comme des éléments de renforcement pour des sols mous. Les travaux visent à mieux comprendre la transmission des charges depuis la structure vers le sol et les inclusions à travers un matelas de transfert de charge. Un modèle physique en chambre d'étalonnage (thèse de Anh-Quan Dinh) a été développé et validé en 2007, afin d'étudier les paramètres importants impliqués dans le processus : hauteur du matelas de transfert, matériau constitutif du matelas, diamètre des inclusions... Un ensemble d'essais préliminaires ont déjà permis de mettre en évidence l'influence significative de la hauteur du matelas et de son matériau constitutif sur le coefficient

d'efficacité obtenu (rapport entre l'effort repris par les inclusions et l'effort total appliqué). La caractérisation mécanique à l'appareil triaxial 300 mm de la grave utilisée comme matelas sur le site expérimental de Saint-Ouen l'Aumône (site pilote du Projet national) s'est poursuivie en 2007 avec la réalisation d'un ensemble d'essais asservis en extension.

Corrosion des armatures

A. Corfdir, T.-L. Chau

Une nouvelle thèse sur le problème de la corrosion des armatures des murs en terre armée a débuté en 2007 (thèse de Truong-Linh Chau) avec le soutien de la société Terre Armée. Ce sujet est motivé par la préoccupation des maîtres d'ouvrages face au risque d'une rupture brutale des murs due à la corrosion par les sels de déverglaçage. Cette thèse se déroule avec la collaboration d'E. Bourgeois (MSRGI) pour les aspects de simulation numérique et en relation avec le CETE de l'Est. Ce travail doit partir de l'évolution des propriétés mécaniques des armatures sous l'effet de la corrosion et remonter au comportement global de l'ouvrage pour évaluer l'évolution de sa stabilité.

Méthodes et outils de calcul

Les travaux sur le calcul à la rupture en milieu poreux soumis à un écoulement ont été complétés par une méthode permettant de construire par morceaux des champs d'écoulement à surface libre utilisables pour obtenir des bornes cinématiques. En collaboration avec E. Bourgeois (MSRGI, dans le cadre de l'opération 11MO51 « Maîtriser les mouvements liés aux travaux », une correction des calculs géotechniques 2D pour tenir compte partiellement de la longueur finie des ouvrages et une amélioration des conditions aux limites pour les calculs géotechniques en 2D et en 3D a été proposée. Certaines propriétés des solutions de type « *Holl* » pour le demi espace ont été également discutées.

Les travaux de la thèse de M.-T. Nguyen dirigée par G. Bonnet (LAM) donnent lieu à une collaboration sur la combinaison des méthodes intégrales et des éléments finis dans le cas statique. Il s'agit de permettre une prise en compte améliorée des conditions aux limites lors du calcul d'ouvrages géotechniques, ce qui permet de gagner en précision et de diminuer la taille des maillages. La mise en œuvre

pratique se fait avec le logiciel CESAR-LCPC et ses éléments spéciaux. Cette collaboration a aussi permis d'établir la validité de la méthode intégrale de frontière directe pour le problème externe d'un demi plan y compris dans le cas où la résultante des forces appliquées est non nulle. Une réflexion a été entamée sur le lien entre calculs 2D et 3D et sur les conditions à l'infini que doivent respecter les solutions élémentaires 2D pour approcher la solution d'un problème 3D.

1.2. Couplages dans les géomatériaux

Les recherches sur les couplages thermo-hydro-mécaniques dans les géomatériaux multiphasiques sont menées pour des applications géoenvironnementales (confinement des déchets nucléaires, stockage de CO₂), les risques (effets de la sécheresse sur les bâtiments, stabilité d'anciennes carrières de craie), le génie civil (stabilité des voies ferrées sur le loess) et agricole (compactage des sols par les engins agricoles) et la production d'énergie (craies pétrolifères, sédiments marins profonds, sols gazeux).

Stockage des déchets nucléaires

Y.-J. Cui, P. Delage, B. Gatmiri, J. Sulem, A.-M. Tang, C. Arson, T.-T. Le, M. Monfared, M. Mohajerani, J. Muñoz-Castebianco

Les recherches expérimentales et numériques réalisées sur le stockage de déchets hautement radioactifs à grande profondeur ont porté sur le comportement THM des barrières ouvragée (argile MX 80 compactée) et géologique (argile de Boom, Belgique, Opalinus, Suisse et Bure, France).

Le comportement thermo-mécanique de l'argile de Boom est étudié (thèse de Trung-Tinh Le) en coopération avec le groupe EURIDICE et dans le cadre des essais de chauffage grandeur nature effectués au laboratoire souterrain du SCK-CEN à Mol (projet Praclay). En appliquant la procédure de saturation d'échantillons développée en 2006, un grand nombre d'essais triaxiaux avec des chemins thermo-mécaniques différents ont été réalisés. Les résultats ont montré un comportement visqueux marqué, notamment à hautes températures. Ceci a amené à adapter le modèle thermo-mécanique de Cui *et al.* (2007) pour prendre en compte cet aspect lié à la

viscosité. Les résultats de simulation ont montré que le modèle adapté est capable de reproduire la variation volumique du sol sous des sollicitations couplées thermique et mécanique.

Afin de vérifier la pertinence de la conception du système d'isolation constitué d'une structure métallique et de la bentonite MX80 compactée, une étude de fracturation hydraulique a été réalisée sur la MX80 en utilisant des cellules œdométriques avec ou sans mesure de contrainte latérale. Les résultats ont montré que la MX80 est bien adaptée pour ce système puisqu'elle permet de colmater par gonflement les vides créés soit par la mise en place de blocs de bentonite compactée soit par la déformation du milieu géologique (argile de Boom) ; il n'aura pas de risque de fracturation hydraulique sous l'effet de la surpression interstitielle engendrée par le chauffage, même à très faible densité initiale.

En relation avec EDF, une étude préliminaire a été menée sur l'argile Opalinus (laboratoire souterrain du Mont Terri en Suisse) afin d'élaborer une technique adéquate de préparation d'échantillons à partir de carottes prélevées *in situ* d'une part et de vérifier l'existence du phénomène d'écrouissage thermique. Les résultats obtenus avec des essais de chauffage et de cisaillement sur des échantillons soigneusement préparés ont montré que ce sol, même à l'état non saturé, peut se contracter sous élévation de température, signe d'un éventuel écrouissage thermique. On note pourtant que le mécanisme de ce phénomène est encore mal connu, d'autres études plus approfondies sont nécessaires.

Dans le cadre du projet européen TIMODAZ sur l'impact de la température émise par les déchets sur la zone endommagée par l'excavation dans la roche hôte (coordonné par le groupement EURIDICE, Mol, Belgique), un modèle d'endommagement a été développé en considérant les aspects phénoménologiques et micromécaniques (thèse de Chloé Arson). L'intégration de ce modèle dans le code θ -STOCK est en cours de réalisation. En parallèle, la thèse de Mohammad Monfared consacrée à l'étude expérimentale et constitutive des couplages température/perméabilité/endommagement a démarré en 2007. Ce travail sera basé sur une nouvelle cellule triaxiale à cylindre creux inventée au CERMES et développée en 2007.

La thèse de Merdokht Mohajerani consacrée à l'étude du comportement thermo-hydro-mécanique de l'argilite de Bure a démarré en 2007 avec le soutien de l'ANDRA. Elle utilisera le même appareil triaxial thermique à cylindre creux.

À la suite de l'intégration du module de comportement thermo-hydro-chemo-mécanique (THCM) des géomatériaux multiphasiques dans le code θ -STOCK effectué cette année, une étude paramétrique a été menée dans le prolongement des travaux précédents dans le cadre du stage de Merdokht Mohajerani (master MSROE). Ce modèle THCM couplé intègre la formulation d'une phase polluante soluble dans le système d'équations THM des milieux poreux non saturés. Dans ce modèle l'effet de la chaleur et des couplages entre les différentes phases ont été considérés.

Comportement des craies multiphasiques

V. De Gennaro, P. Delage, H.-D. Nguyen

La présence en France de nombreuses carrières souterraines abandonnées dans la craie constitue un risque majeur pour la sécurité des personnes et l'intégrité des infrastructures de surface. Exploitées par la méthode dite « à chambres et piliers », leur stabilité est assurée principalement par la résistance mécanique des piliers. Ces derniers peuvent être secs, saturés, ou partiellement saturés en eau, en fonction des évolutions de la nappe phréatique et des conditions d'humidité relative régnant dans la carrière. La réponse mécanique des piliers peut fréquemment évoluer et être à l'origine de phénomènes d'effondrement soudains difficilement prévisibles. Dans le cadre de la thèse de Ha-Dat Nguyen, menée en relation avec l'INERIS, une étude approfondie du comportement hydromécanique et visqueux d'une craie non saturée est en cours (carrière souterraine d'Estreux, Nord). Le couplage hydromécanique entre le degré de saturation, la succion et l'état de contrainte est considéré avec l'étude des propriétés de rétention d'eau du matériau et la caractérisation de son comportement mécanique à l'état saturé, partiellement saturé et sec, en cours. Une étude originale basée sur des essais micromécaniques conduites au Microscope Electronique à Balayage Environnemental (MEBE) de l'INERIS a permis d'élargir cette caractérisation à l'échelle microscopique. Enfin, le modèle de comportement RASTRA,

capable de reproduire la réponse instantanée et différée de la craie, a été proposé. Ce modèle, validé sur les résultats expérimentaux disponibles, sera utilisé pour évaluer numériquement les risques associés à l'effondrement des piliers.

Effets de la sécheresse sur les bâtiments

Y.-J. Cui, P. Delage, B. Gatmiri, Y.-B. Gao, S. Hemmati, A.-N. Ta, A.-M. Tang, K. Bicalho, F. Collin

Cette étude s'inscrit dans le cadre de quatre différents projets de recherche sur la sécheresse (Fondation MAIF, BRGM, ANR-RGCU et Projet Île-de-France R2D2) et d'une opération LCPC (11M065 - effet de la sécheresse sur la construction).

Dans le cadre du séjour scientifique du Prof. K. Bicalho, on a utilisé le code de calcul développé par Y.-B. Gao lors de son séjour post-doctoral pour étudier les échanges hydriques en 2004 et 2005 entre l'atmosphère et le sol sur le site expérimental BRGM de Mormoiron. Les données météorologiques ont été fournies par Météo France, partenaire dans le projet ANR-RGCU; les paramètres du sol ont été obtenus expérimentalement à l'ECP ou à l'École des ponts. L'analyse des résultats obtenus a montré la nécessité de raffiner les conditions initiales en termes de profil de teneur en eau volumique ainsi que les propriétés de perméabilité du sol.

Dans le cadre de la thèse de Sahar Hemmati, l'effet d'arbres isolés est pris en compte dans l'analyse couplée thermo-hydro-mécanique de l'interaction sol-végétation-atmosphère. En 2007, on a implanté dans le code θ - Stock les modèles de Penman, de Choudhury et de Xu-Qiu pour les échanges sol-atmosphère sans végétation, ainsi qu'un modèle d'extraction d'eau par un système racinaire d'arbres isolés. Les premiers résultats de simulation ont montré que le code θ - Stock est capable de simuler de façon couplée le phénomène complexe d'interaction sol-végétation-atmosphère. Il reste maintenant à le valider en utilisant des données de mesures réelles de teneur en eau trouvées dans la littérature avant de l'appliquer aux sites de Mormoiron et du Deffend.

Afin d'approfondir la connaissance sur le comportement d'interface sol - atmosphère, un modèle réduit de cuve d'infiltration a été monté au laboratoire

dans le cadre de la thèse de Anh-Ninh Ta. On a effectué la mise en place du sol (argile verte de Romainville) par compactage ainsi qu'une instrumentation très complète (mesures locales de teneur en eau, succion, température, déplacements). La phase initiale de saturation avec suivi de teneur en eau, de succion et de tassement a été entreprise. En parallèle, des essais élémentaires visant à étudier les propriétés thermique et hydrique sont menés.

Certains développements réalisés dans ce contexte sont également utilisés pour étudier la compaction des sols agricoles par des machines pendant l'exploitation (Projet Gessol 2 et ANR-ADD) en collaboration avec l'Institut national de la recherche agronomique (INRA). En 2007, l'accent a été mis sur le couplage hydraulique et mécanique afin d'appréhender le changement de compressibilité lors de la compression d'un sol à partir d'un état non saturé. On s'est intéressé également, dans le cadre d'un séjour scientifique de F. Collin, à la modélisation de la formation d'ornière lors du passage d'un engin lourd sur un terrain saturé.

Instabilité de lignes TGV et comportement des loëss

J. Canou, Y.-J. Cui, P. Delage, J.-C. Dupla, J.-M. Pereira, J.-P. Karam, J. Munoz-Castelblanco, A.-N. Tang

Les recherches sur les instabilités de la ligne TGV Nord en zone de loëss (Picardie) ont concerné plusieurs aspects.

La validation de la méthode d'évaluation du risque d'instabilité des sols loëssiques développée dans la thèse de Jean-Paul Karam (2006) a été conduite. En relation avec la SNCF, une campagne d'essais *in situ* (pénétrömètre dynamique, pénétrömètre au cône, mesure de vitesse de propagation des ondes) et de prélèvement d'échantillons en blocs a été réalisé sur 3 sites loëssiques. Des essais de laboratoire (triaxial cyclique, mesure de vitesse de propagation des ondes) ont été effectués sur des échantillons préparés à partir des blocs prélevés afin d'évaluer la pertinence de la méthode.

Un modèle cyclique élastoplastique avec endommagement tenant compte des effets de la succion (thèse de C. Yang en co-direction avec Tong-Ji) a été développé. Les résultats de simulation ont montré que ce modèle, bien que complexe, est capable de décrire de façon satisfaisante le comportement cyclique des sols cimentés.

Afin de mieux appréhender la cause du soulèvement des voies du TGV Méditerranée à hauteur de Chabریان, une recherche sur le sol concerné, une argile marneuse, a été menée. Différents essais œdométriques ont été réalisés sur des carottes prélevées et les résultats ont été analysés ensemble avec les différentes mesures en place. On a ainsi mis en évidence l'effet du gonflement déclenché par le déchargement lors de la construction de la ligne par déblayage.

L'étude de l'optimisation de l'injection des loess a été poursuivie. Des résultats antérieurs ayant montré que les suspensions de ciment n'étaient pas adaptées, on s'est orienté vers un nouveau coulis à base de nano silice qui présente, une fois dilué, un pouvoir d'imprégnation équivalent à celui du silicate (avec un meilleur contrôle du temps de prise et un meilleur comportement d'un point de vue environnemental). L'évaluation de l'évolution du module de cisaillement au cours de la prise par mesure de vitesse de propagation d'onde a permis de mettre en évidence des gains de résistance quelques jours après l'injection. L'influence de paramètres de base (dilution du coulis, teneur en eau initiale du loess, hauteur des éprouvettes) a été étudiée et on a montré l'influence défavorable de l'augmentation de la teneur en eau initiale lors de l'injection. Les premiers résultats au triaxial non drainés ont montré que le matériau injecté n'était plus liquéfiable. Une seconde phase en cours de réalisation consiste à réaliser sur un bloc intact un essai d'injection radiale modèle, avec des paramètres d'injection optimisés (pression, dilution...). Cet essai permettra de se rapprocher des essais d'injection *in situ* (tubes à manchettes) et de valider la procédure expérimentale.

En 2007 a démarré la thèse de José Munoz-Castelblanco consacrée à une étude plus fondamentale du comportement du loess de Picardie.

Sédiments marins profonds

V. De Gennaro, P. Delage, B. Gatmiri, H.-V. Nguyen, M.-H. Le

Les recherches conduites sur le comportement mécanique des sédiments marins profonds visent à développer des modèles d'analyse des risques liés à la production d'énergie et des risques géoenvironnementaux.

Avec le développement des champs *offshore* grands fonds en Afrique occidentale (1 300 m, Golfe de Guinée), la caractérisation géotechnique des sédiments marins profonds est devenue une préoccupation majeure pour les opérateurs du secteur. Leur caractérisation mécanique a fait l'objet de recherches en collaboration avec le CLAROM (groupe réunissant l'ensemble des opérateurs pétroliers en France) et de la thèse de M.-H. Le, doctorant IFP également encadré par J.-F. Nauroy (soutenance prévue en janvier 2008). Les travaux en cours concernent la caractérisation de la déstructuration et de la restructuration des sédiments en relation avec l'interaction sol-acier. On a réalisé en 2007 une caractérisation exhaustive des propriétés mécaniques pré- et post-rupture des sédiments qui diffèrent nettement de celles d'autres sédiments connus. Il a été confirmé que le cadre conceptuel proposé pour les argiles terrestres naturelles est pertinent pour l'analyse des sédiments marins moyennant la prise en compte des phénomènes de structuration associés à la minéralogie, la physico-chimie, la biologie et la microstructure (collaboration en modélisation avec B. Baudet, University College London).

Les risques géoenvironnementaux marins ont été étudiés en relation avec la présence de gaz dans les sédiments. Les problèmes générés sont divers et le danger potentiel considérable, tant en termes de stabilité de pentes sous-marines (avec possibilité de tsunamis induits) que de sécurité des systèmes d'exploitation de produits pétroliers *offshore* profonds. Dans la thèse de H.-V. Nguyen (collaboration avec N. Sultan de l'IFREMER) on étudie la modélisation numérique de l'enfoncement d'une pointe piézocône en intégrant les effets dus à la présence de gaz dans le sol dans le but d'améliorer les méthodes de reconnaissance de ces sols gazeux et d'en quantifier la teneur en gaz. Une étude expérimentale et numérique de trois sédiments océaniques grands fonds en relation aux risques liés aux sols gazeux est entreprise dans le cadre du Joint Industrial Project (JIP) "Gassy Soils" démarré en octobre 2007 (partenariat IFREMER, N. Sultan, FUGRO, A. Puech et École des ponts,) soutenu par les sociétés pétrolières TOTAL, BP et EXXON-MOBIL. Enfin, l'instabilité des pentes sous-marines dans des zones de forte activité sismique est abordée dans le projet ANR ISIS (partenariat IFREMER, université de Bretagne occidentale, CEREGE-Collège de France). L'intérêt est porté sur les

processus d'instabilité par liquéfaction des sédiments saturés et partiellement saturés (gazeux), sa simulation physique à l'aide d'essais triaxiaux cycliques et sa modélisation.

Stockage CO₂

V. De Gennaro, J. Sulem, S. Ghabezloo

Séquestration du CO₂ par carbonatation bactérienne

Le CERMES est partenaire dans le programme ANR-CO₂ « Géocarbonate-Carbonatation », coordonné par l'IPGP Paris et le LMTG Toulouse, consacré à la caractérisation de la séquestration du CO₂ par carbonatation bactérienne (biominéralisation). L'effet de la biominéralisation sur le comportement mécanique macroscopique d'une roche carbonatée saturée a été étudié expérimentalement en utilisant des craies et des grès comme analogues de roches de réservoir. Des échantillons de craie ont été soumis à des périodes variables d'exposition à une solution interstitielle artificielle inoculée avec la bactérie Pasteuri B et testés mécaniquement sous chargement isotrope. Des essais de perméabilité avant et après chargement ont été également réalisés. Les résultats identifient clairement les effets macroscopiques associés au phénomène de bio-minéralisation : augmentation d'environ 25% du seuil d'écrouissage du matériau et réduction d'environ 46% de sa perméabilité à cause de la précipitation de la calcite et du colmatage des pores. L'effet d'une pression partielle en CO₂ et le fluage sont étudiés pour s'approcher des conditions *in situ* (collaboration avec LGIT Grenoble, Gratier J.-P. et Renard F.).

Intégrité des ciments des puits pétroliers lors du stockage du CO₂

Le stockage et la séquestration de gaz à effet de serre et des gaz résiduels dans des réservoirs pétroliers nécessitent le contrôle de l'étanchéité du puits le long de l'interface entre le cuvelage et la gaine de ciment ou à travers le ciment lui-même. L'écoulement d'un fluide à travers la matrice de ciment dépend de l'état d'endommagement de celui-ci, ce qui nécessite une recherche sur les propriétés poromécaniques des ciments pétroliers en conditions de fond de puits (fortes contraintes, hautes températures). C'est dans ce but qu'une étude du comportement

thermo-poro-mécanique des ciments pétroliers sous fortes contraintes pour des températures entre 20 et 90°C a été entreprise afin de mieux comprendre la relation entre l'endommagement et les propriétés de transferts dans les ciments en fond de puits (thèse de Siaviash Ghabezloo avec MSRGI, soutenue par TOTAL). Les dispositifs expérimentaux disponibles permettent de reproduire les conditions de puits très profonds (3 000 à 5 000 m) par la réalisation d'essais à fortes contraintes (200 MPa de confinement) avec contrôle de la température entre 20°C et 100°C. Le programme expérimental a permis de caractériser complètement le comportement thermo-poro-mécanique du ciment en chargement isotrope et d'évaluer l'effet de la contrainte isotrope sur la perméabilité. La réponse sous chargement déviatorique est actuellement en cours d'étude.

1.3. Sols et roches granulaires

Comportement mécanique des sables et des matériaux granulaires

J. Canou, J.-C. Dupla, K. Karraz, B. Seif El Dine

Le comportement mécanique des sables, des sols à granulométrie grossière et des ballasts est étudié sous des chargements monotones et cycliques afin de comprendre et de modéliser les mécanismes qui contrôlent la déformation et la densification.

La thèse de Bassel Seif El Dine, soutenue en juin 2007, co-dirigée avec l'université libanaise de Beyrouth (Y. Kazan, programme de collaboration Cèdre) a été consacrée au comportement de sols à granulométrie grossière. On a mis en évidence l'influence des paramètres de base (caractéristiques granulométriques, densité et état de contrainte) sur le comportement mécanique dans le domaine des petites et des grandes déformations. Les résultats obtenus ont permis de proposer une méthode de caractérisation des sols grossiers à matrice. Cette méthode consiste à réaliser des essais triaxiaux sur le sol écrêté et d'ajouter l'accroissement de la résistance au cisaillement des inclusions écrêtées à la rupture. Une première validation a été réalisée sur un sol grossier naturel.

Les mécanismes qui contrôlent les propriétés de déformation du ballast et du

microballast soumis à un grand nombre de cycles (jusqu'à plusieurs millions) sont étudiés pour mieux caractériser la détérioration des voies de chemins de fer dues aux trains à grande vitesse (thèse de K. Karraz avec G. Bonnet du LAM et D. Duhamel du LAMI). Le programme expérimental au triaxial 300 mm s'est poursuivi en 2007, avec la réalisation d'essais à grand nombre de cycles avec mesure locale des déformations qui donnent accès à l'évolution du module d'Young au cours des cycles.

Dans le cadre de l'ANR Belle-Plaine consacrée à l'étude de la liquéfiabilité d'un site sableux sismique à la Guadeloupe (site de Belle-Plaine), les travaux de caractérisation des propriétés de liquéfaction des sols du site ont démarré. Il s'agit de déterminer les courbes de résistance à la liquéfaction des sols à partir d'éprouvettes de sol non remanié testées à l'appareil triaxial cyclique.

La thèse de Xavier Clain en collaboration entre le LMSGC (P. Coussot) et le CERMES (J.-C. Dupla, J. Canou) et MSRGI (C. Chevallier) sur l'écoulement de fluides à seuil dans des matériaux poreux modèles a démarré en 2007. Elle vise à élaborer, pour les fluides à seuil, une loi d'écoulement analogue à la loi de Darcy.

Rhéologie des failles

A. Corfdir, J. Sulem, P. Lazar, Y. Messen

L'étude du comportement des failles porte sur deux thèmes : le rôle de la loi de frottement dans les mécanismes de nucléation des séismes et le rôle de la circulation des fluides et des couplages thermo-hydro-mécaniques dans les processus de rupture lors des tremblements de terre.

L'appareil de cisaillement simple annulaire (ACSA) du CERMES permet de réaliser des expériences de cisaillement sur des gouges de faille synthétiques épaisses avec de grands déplacements (jusqu'à plusieurs mètres) qui sont plus représentatifs des grands glissements sismiques que dans la plupart des expérimentations existantes. Une collaboration a démarré dans le cadre de l'ANR MODALSIS consacrée à la faille anatolienne. Dans ce cadre, une thèse sur la nucléation des séismes a été entreprise en 2006 (Younès Messen) en relation avec l'Institut de physique du globe de Strasbourg (J. Schmittbuhl). Elle vise à réaliser une étude expérimentale à l'ACSA d'une faille modèle et à étudier le processus

de cicatrization mécanique. La mise au point d'un cylindre intérieur équipé de jauges de déformations permet maintenant de remonter à la contrainte normale au niveau de l'interface à l'ACSA. Une approche complémentaire a démarré dans le cadre d'un projet 3F, toujours en collaboration avec l'IPGS, et porte sur l'évolution de la perméabilité du matériau et sur l'étude par ultrasons des phénomènes d'interface.

Mécanique des failles : couplages THM dans les glissements sismiques

Lors d'un glissement rapide, comme c'est le cas pour un séisme ou un glissement de terrain où les vitesses peuvent atteindre plusieurs mètres par seconde, la chaleur produite par la dissipation de l'énergie de frottement est emprisonnée à l'intérieur de la zone de glissement sans avoir le temps de se dissiper en raison de la rapidité du processus. Il en résulte une augmentation importante de la température qui peut localement atteindre des valeurs conduisant à la fusion de la roche. Cette augmentation de température conduit aussi à une augmentation de la pression des fluides interstitiels contenus dans la faille et donc à une réduction de la résistance au frottement qui peut tendre au cas limite d'un glissement libre sur une base non frottante. Ce mécanisme peut expliquer le relâchement des contraintes observé lors d'un séisme. Dans la suite des études expérimentales et numériques sur le mécanisme de pressurisation thermique lors du cisaillement sismique de la gouge argileuse de la faille d'Aigion (Golfe de Corinthe, Grèce), une collaboration a été établie en 2007 avec l'Institut de physique du globe de Paris (V. Pamin) sur la prise en compte de couplages chimiques et en particulier sur la modélisation des phénomènes d'exsolution de CO₂ lors d'un glissement sismique en milieu carbonaté.

Tunnels en terrains tectonisés

Une nouvelle action de recherche a démarré en 2007, en coopération avec le CETU et le Politecnico de Turin, sur le creusement des tunnels en terrains fortement tectonisés tels que ceux rencontrés pour la liaison ferroviaire Lyon-Turin (thèse de T.-M. Vu débutant en octobre 2007). Les approches combinent le développement de modèles de comportement pour les roches « poussantes » et l'analyse des mesures de convergences et de contraintes dans les

revêtements afin d'optimiser les conditions de creusement et de soutènement. Une collaboration avec le LRPC de Toulouse sur le comportement des tunnels en milieu fracturé (thèse de T.-T.-N. Hoang débutant en octobre 2007) a également été initiée.

Approche multi-échelles des structures de blocs rocheux ; application aux structures de maçonnerie

Dans la continuité des travaux de Sulem & Mühlhaus 1997, sur l'homogénéisation des structures de blocs rocheux par un modèle de Cosserat 2D, l'extension à un modèle 3D est entreprise en collaboration avec l'université technique d'Athènes (programme franco-hellénique PLATON, thèse de I. Stefanou co-dirigée avec I. Vardoulakis). L'objectif est le développement de nouveaux outils de modélisation numérique pour l'étude du comportement mécanique des murs de maçonnerie des monuments anciens, appliqués à la partie du mur Sud-Est/Est de l'Acropole d'Athènes. Des développements théoriques pour la modélisation des structures de maçonnerie par milieu équivalent de Cosserat tridimensionnel ont été réalisés et ont abouti à la formulation des relations de comportement en élasticité. Le modèle obtenu a été étendu au cas du comportement non-linéaire des blocs et des joints, d'une part par la prise en compte de la dégradation des joints inter-blocs et d'autre part par la formulation des critères de rupture correspondant aux différents mécanismes de ruine : rupture des joints, basculement des blocs, rupture des blocs.

2. ÉQUIPE DYNAMIQUE DES STRUCTURES ET IDENTIFICATION

2.1. Problèmes inverses et identification dynamique

Méthodes d'identification modale

P. Argoul, S. Bedaoui, S. Erlicher, H. Yin

L'identification modale consiste à déterminer les fréquences propres et les taux d'amortissement modaux à partir des réponses dynamiques. La méthode la plus classique pour estimer l'amortissement est celle de la largeur de bande. On propose de déterminer cette largeur à une hauteur plus élevée que celle utilisée habituellement. Un

article incluant ces résultats a été proposé au *Journal Mechanical Systems and Signal Processing*. Une autre méthode qui s'avère efficace est la formulation des différences finies. Les formules à quatre et cinq points ont été établies et leur application aux données analytiques et expérimentales montre qu'elles sont nettement plus précises que les formules à deux ou trois points si l'amortissement est fort. La méthode d'identification modale à partir des réponses libres de structures utilisant la transformée en ondelettes (TOC) a été améliorée et on a pu montrer l'efficacité de la TOC dans l'identification des formes modales complexes et des taux d'amortissement très élevés (jusqu'à 30 %). Deux articles de référence ont été publiés au *Journal of Sound and Vibration* et au *Journal Mechanical Systems and Signal Processing*. Enfin, la TOC est proposée pour améliorer l'utilisation de la méthode impact écho afin de détecter des vides dans les gaines de précontrainte (projet RGCU ACTENA collaboration avec O. Abraham RMS LCPC Nantes et P. Roenelle LRPC Lyon).

Modèles d'hystérésis pour les matériaux et les structures

S. Erlicher, N. Point

On peut trouver différentes familles de modèles d'hystérésis (indépendant de la vitesse) dont les modèles de plasticité sont des cas particuliers. Les modèles « associés » de plasticité sont décrits à partir de l'énergie libre de Helmholtz et d'un potentiel de dissipation, qui définit les lois d'écoulement. D'autres modèles de plasticité existent que l'on peut définir comme étant « non-classiques », parce que leur formulation n'est pas fondée sur la définition d'un potentiel de dissipation. Dans un article de 2006, nous montrons que plusieurs modèles non-classiques admettent une formulation fondée sur un seul potentiel de dissipation. Plusieurs articles ont été publiés depuis sur ce sujet. Deux autres ont été soumis en 2007 au *Journal of Engineering Mechanics ASCE*, dont un est déjà accepté. Les modèles d'hystérésis sont aussi utilisés pour représenter de manière simplifiée le comportement cyclique de structures et/ou joints structurels pour des applications de génie civil. Le thème de l'identification des paramètres de ces modèles a récemment été abordé, en utilisant une technique d'identification « temps-fréquence » fondée sur la *Short-Time Fourier Transform* et les Séries de Volterra. Cette recherche est menée dans le cadre d'une collaboration

avec le Politecnico di Torino. Un article a été publié en 2007 au journal *Key Engineering Materials* et un deuxième a été soumis au *Journal Mechanical Systems and Signal Processing*.

Dynamique non linéaire - Modes normaux non linéaires

P. Argoul, T. Nguyen

La thèse de T.-M. Nguyen soutenue en janvier 2007 s'intéresse à l'extension au cas de la dynamique non linéaire des notions de modes propres ou normaux qui sont classiques en dynamique linéaire. On parle alors de modes normaux non linéaires (MNNL). Quatre techniques de calcul des MNNLs : l'approche de Shaw et Pierre, l'approche de Bellizzi et Bouc, l'équilibrage harmonique et la méthode de tir, ont été implémentées et comparées sur des exemples à quelques degrés de liberté. La combinaison des trois dernières méthodes avec la méthode de continuation permet de détecter les points de bifurcation et de trouver les nouvelles branches de solutions.

Capteurs longue base pour l'analyse dynamique des structures

P. Argoul

La thèse de G. Cumunel (encadrement : P. Argoul et S. Lesoille (MI-LCPC)) démarrée en octobre 2004 au LCPC traite de l'emploi de capteurs longue base pour l'évaluation dynamique de structures. Le calcul formel de la mesure effectuée par les capteurs à fibre optique de longue base de mesure continûment attachés montre que leur réponse dynamique dépend des non-linéarités géométriques de la structure. Ainsi, ces capteurs constitueraient un bon outil pour détecter des non-linéarités géométriques. La validation expérimentale débutée au second trimestre 2006 s'est achevée début 2007. Plusieurs communications et une publication visent à valoriser ces résultats.

Synthèse pour le génie civil

N. Point, P. Argoul

Un ouvrage collectif dont l'objectif est de faire un état de l'art sur différentes techniques inverses et sur leurs applications au génie civil est en cours de rédaction. Il comprendra plusieurs interventions rédigées par des membres du laboratoire.

2.2. Bruit des pneumatiques et structures périodiques

Bruit des pneumatiques

D. Duhamel, H. Yin, I. Kogevnikov, S. Erlicher, H.-H. Nguyen

Le bruit de contact pneumatique/chaussée est à l'heure actuelle la première source de bruit du trafic routier hors agglomération. Le problème peut être décomposé en une excitation qui trouve son origine dans la zone de contact et qui ensuite se transforme en vibration et en son rayonné. Les forces de contact conditionnent en effet la réponse vibratoire du pneu et par conséquent le niveau de bruit émis. Dans le cadre du projet DEUFRAKO P2RN, I. Kogevnikov, chercheur postdoctoral, a étudié l'influence du comportement viscoélastique sur le contact pneumatique/chaussée. Pour des formes complexes, comme les aspérités de la surface d'une chaussée, une méthode numérique s'impose. Celle qui a été mise en œuvre consiste à transformer le problème viscoélastique à un instant donné en un problème élastique avec un chargement modifié par l'ajout d'un terme traduisant l'influence de l'histoire du chargement passé. Concernant le comportement vibratoire des pneumatiques, la thèse de Hong-Hai Nguyen a pour but d'exploiter un modèle numérique dynamique de structure périodique mis au point les années précédentes pour le calcul des vibrations d'un pneumatique. Il est possible ainsi d'avoir un gain considérable en vitesse de calcul dans la modélisation des vibrations à moyenne et haute fréquence (500-5 000 Hz). Une des difficultés est l'identification des comportements des matériaux constitutifs d'un pneumatique. L'aspect rayonnement a aussi été abordé dans le cadre de DEUFRAKO. Une contribution à ce projet concerne un *benchmark* sur la propagation acoustique en milieu extérieur.

Structures périodiques

D. Duhamel, T.-M. Nguyen

Ce travail est issu du thème bruit des pneumatiques mais conduit à des résultats plus généraux ce qui amène à en faire un thème de recherche indépendant. Ainsi, une expression calculable pour les fonctions de *Green* a pu être obtenue pour un milieu linéaire quelconque homogène ou périodique à partir d'un modèle éléments

finis d'une seule période de la structure. Un article soumis à *Engineering Analysis with Boundary Element* décrit ces résultats. Une autre extension traitée durant le post-doctorat de T.-M. Nguyen est la détermination de conditions aux limites absorbantes pour des modèles éléments finis de milieux non bornés. Une approche très générale a pu être mise en œuvre et a été validée dans quelques cas simples. Elle permet de déterminer des conditions aux limites absorbantes pour des milieux de comportement très variés par une méthode purement numérique.

2.3. Problèmes divers en dynamique

Soudure par ultrason

D. Duhamel, S. Erlicher, D.-H. Minh

La thèse CIFRE de Duc Ha Minh a débuté en octobre 2006. Il s'agit de modéliser le processus de soudure par ultrasons et d'apporter une optimisation des techniques actuellement utilisées.

Vibrations des passerelles souples

P. Argoul, J. Bodgi, S. Erlicher, A. Trovato

Actuellement, les passerelles piétonnes, légères et élancées sont plus enclines aux phénomènes de vibration. Les piétons perçoivent les vibrations de la passerelle lorsque son comportement est peu amorti et vont modifier leur façon de marcher pour garder leur équilibre, d'où un couplage foule-structure. La thèse de Joanna Bodgi concerne les vibrations latérales lors du passage d'une foule de piétons et la modélisation du phénomène de synchronisation. Les efforts se sont concentrés sur un modèle fondé sur l'étude macroscopique du flux de piétons, dans lequel le comportement de la foule est considéré comme celui d'un fluide compressible avec prise en compte du phénomène de synchronisation sous forme d'une équation différentielle non linéaire. Plusieurs communications nationales et internationales ont été réalisées ainsi qu'un article publié dans le journal *Key Engineering Materials*.

Courbes de force dans un essai de microscopie de force atomique

P. Argoul, S. Erlicher

La microscopie à force atomique consiste à observer à proximité d'une surface, la

déformation d'une micro-poutre console à l'extrémité de laquelle se trouve une pointe de dimension nanométrique. Les courbes obtenues, appelées courbes de force, permettent de reconstruire une image de la rugosité nanométrique de la surface. Une collaboration avec le laboratoire de Physique de l'ENS de Lyon a démarré depuis 2005. Une analyse des courbes de force a été réalisée avec la mise au point d'un logiciel permettant d'identifier les paramètres physiques intervenant dans les lois de forces d'interaction entre la pointe et l'échantillon. Un article est en cours de rédaction.

Systemes dynamiques discrets

D. Duhamel, F. Legoll, K. Sab, A. Karrech, M. Hammoud

La thèse d'Ali Karrech sur le comportement de matériaux granulaires sous vibration a été soutenue en septembre 2007. Les résultats ont montré qu'un amas granulaire non confiné mis en vibration tasse environ 10 fois plus que le même amas confiné. La forme des grains a aussi une importance cruciale dans la vitesse de tassement, des grains sphériques tassent ainsi beaucoup plus vite que des grains anguleux. Enfin, on retrouve une accélération critique de l'ordre de grandeur de la gravité au delà de laquelle la vitesse de tassement est nettement plus importante dans le cas non confiné. Une autre approche concerne la thèse de Mohammad Hammoud qui vise à mettre en œuvre des méthodes numériques pour traiter des problèmes couplés entre milieux continus et milieux discrets. Un modèle continu peut en effet suffire dans les zones où la variation des champs est régulière alors qu'un modèle discret est nécessaire quand la variation est plus rapide. Le travail effectué a consisté à aborder l'exemple d'une poutre sur appuis élastique qui est un modèle simple de voie ferrée.

3. ÉQUIPE COMPORTEMENT DES STRUCTURES HÉTÉROGENES

3.1. Systemes constructifs innovants

J.-F. Caron, O. Baverel, C. Douthe

L'objectif général de ce thème est de prospecter des utilisations pertinentes des matériaux composites dans le génie civil. Parmi les applications développées, les structures légères occupent une place

prépondérante. Certaines structures légères nécessitent des processus de recherche de formes spécifiques, résultats d'un couplage entre géométrie et sollicitations internes. Les membranes architecturales, les réseaux de câbles, les systèmes réticulés spatiaux appartiennent à la classe des structures légères. Pour garder une approche plus générale, on préférera les termes « systèmes constructifs innovants » plutôt que « structures légères » car certaines structures, en verre par exemple, utilisent des systèmes et procédés constructifs innovants mais n'entrent pas forcément dans la dénomination « structures légères ».

Lors des dernières années, deux applications ont fait l'objet de recherches approfondies. Les passerelles composites (thèse de S. Julich soutenue en 2006) et les couvertures avec des matériaux composites qui ont été plus étudiées en 2007 qui a vu la soutenance de thèse de Cyril Douthe.

Grid shell

Les *grid shells* sont des structures coque discrètes. Elles ont deux avantages prépondérants : la méthodologie de montage et le faible ratio de matière par mètre carré nécessaire pour reprendre les charges extérieures. De plus, cette typologie structurelle offre une grande liberté de forme au concepteur. Jusqu'à maintenant, seuls des *grid shell* en bois ont été construits, mais suite à une analyse du choix des matériaux pour la construction de ces édifices, on peut démontrer que les matériaux composites sont de très bons candidats à la réalisation de tels ouvrages. En 2006, il a été entrepris la réalisation d'un *grid shell* de 150 m² qui est la première réalisation de ce type dans le monde. Pour réaliser cet ouvrage, un outil numérique permettant de calculer des structures en grandes rotations a été développé. Avec l'aide de l'ENSG, la géométrie finale de la structure a été confrontée à celle trouvée numériquement. Ceci a permis de valider l'outil numérique. Un nouveau *grid shell* expérimental a été réalisé en 2007 aux grands ateliers de l'Isle d'Abeau¹, dans le cadre d'une semaine organisée par l'association ORGAGEC. Les aspects de couverture du *grid shell* ont été aussi abordés, associant au projet N. Pauli, professeur à l'École d'architecture de

Montpellier, spécialiste des structures textiles.

Nexorade (système de poutres se supportant mutuellement)

L'un des principaux problèmes des structures est de réaliser les assemblages entre les éléments porteurs. Une solution simple consiste à assembler les éléments deux à deux en les chevauchant, ceci permet de garder un assemblage simple et peu coûteux. À chaque assemblage une excentricité est créée. Le cumul de ces excentricités permet de créer une forme tridimensionnelle dépendant du diamètre des éléments et de la topologie du maillage choisi. Le problème principal de ces structures est la recherche de la forme finale en fonction des conditions d'assemblage. En modifiant légèrement le logiciel créé pour les *grid shells*, on peut maintenant réaliser la recherche de forme de telles structures.

L'ambition est maintenant de combiner l'avantage des *grid shell* avec celui des nexorades et de créer un *grid shell* nexorade. Les possibilités d'application de telles structures sont très importantes, et une nouvelle réalisation de ce type a permis de couvrir en 2007 la soufflerie du département GMM de l'école.

3.2. Structures utilisant le bois

R. Le Roy, J.-F. Caron, H.-S. Pham, T.-V.-A. Nguyen

Ce thème a pour objectif de développer l'utilisation du bois dans les ouvrages d'art par des recherches visant à utiliser au mieux la complémentarité des matériaux d'un point de vue mécanique et de durabilité.

Connexion entre bois et béton

La thèse de Hoai-Son Pham (2004-2007) s'intéresse à l'amélioration des ponts de type pont mixte à poutres. L'innovation est recherchée en terme d'économie de matière, de durabilité et de facilité de montage. Pour ce faire, à partir d'un choix aussi judicieux que possible des matériaux, la recherche s'est concentrée sur la tenue des systèmes de connexion entre des poutres bois et une dalle en béton. La thèse est scindée en deux composantes : une théorique et une expérimentale. Les expérimentations se sont déroulées en 2 étapes. Dans un premier temps, des essais

¹ Les grands ateliers de l'Isle d'Abeau regroupent certaines écoles d'architecture et d'ingénieurs. Ces ateliers offrent la possibilité de construire des maquettes à grande échelle et ils s'intéressent aux solutions constructives innovantes proposées.

sur l'ensemble des familles de systèmes de liaison ont été réalisés et se sont conclus sur le choix de l'assemblage par collage. La technologie du collage a été ensuite approfondie expérimentalement pour aboutir à une procédure de mise en œuvre prenant en compte le retrait du béton, son état de surface et le mode d'application de la colle. Dans un deuxième temps, il s'est agi de valider la durabilité vis-à-vis des phénomènes de fatigue. Des corps d'épreuve à l'échelle 1/3 ont été essayés en fatigue par flexion sur un bâti spécialement conçu et réalisé pour l'occasion. Le corps d'épreuve est constitué de 2 poutres en lamellé collé sur lesquelles est collée une dalle de béton ultra performant. La tenue en fatigue a été validée pour des charges de service d'un pont de 10m de portée réalisée par la même technologie et supportant 100 ans de trafic de l'autoroute A6. Le travail théorique a porté sur la prise en compte des interfaces imparfaites dans le calcul de la déformation d'éléments fléchis multicouches. Le modèle multi particulaire pour matériaux multicouches (M4) a été étendu au cas des interfaces partielles.

Pont « hybride »

L'autre voie explorée pour développer l'utilisation du bois dans les ponts s'intègre dans le Projet Européen *NR2C (new road construction concept)*. Un tablier de pont béton+bois+composites de 10 m de portée et 2,5 m de largeur a été conçu, monté et testé sur la plateforme des structures du LCPC à Paris. L'apport de l'Institut Navier dans ce programme a porté sur le choix de la structure initiale à étudier (pont comportant du bois), sur les solutions par collage, d'une part du béton sur le bois, d'autre part du carbone sur le bois, et, enfin, sur le dimensionnement du pont aux Eurocodes et la vérification des contraintes par un calcul aux EF (PFE de Delfino).

Ce travail se poursuit sur la conception d'éléments sandwichs intégrant du bois et ayant une bonne performance structurelle en flexion (thèse de Trung Viet Ha Nguyen, 2006-2009). Là encore on cherche à optimiser l'usage des matériaux. Un premier travail a consisté à connaître la rigidité de structures en nid d'abeille en bois et, en particulier, la raideur au cisaillement, nécessaire à l'obtention d'un tablier de rigidité adaptée à un pont. Les résultats théoriques ont montré clairement que la structure de type nid d'abeille est trop souple. L'utilisation du bois sous forme de poutres reste donc pour le moment la solution retenue. L'analyse expérimentale

des modes de rupture d'éléments hybrides « bois-béton-carbone » a mis en évidence la nécessité d'un renforcement du bois. Deux objectifs sont poursuivis. Le premier consiste à étudier l'effet d'un renforcement « léger » en flexion sur la dispersion des résistances, le second porte sur l'étude du renforcement au cisaillement. Les apports théoriques à produire toucheront le domaine des effets d'échelle dans le bois, en présence de renforcement, ainsi que la prise en compte de l'orthotropie du matériau à renforcer dans la modélisation.

3.3. Éco conception

A. Alaoui, R. Le Roy, A. Feraille, T. Desbois

Les recherches de cet axe visent à explorer et à mettre au point des matériaux à faible impact environnemental, du point de vue du CO₂ émis et de la dépense énergétique et à étudier les principes de conception d'ouvrages d'art qui minimisent (principalement) ces indicateurs d'impact.

Contribution au développement des nouveaux ciments au laitier de haut fourneau

Dans une première étude faisant l'objet d'un contrat avec la société HOLCIM on s'intéresse aux nouvelles possibilités offertes par les laitiers de haut fourneau. C'est un sous produit dont le bilan énergétique est faible par rapport au ciment Portland. L'industrie cimentière s'intéresse à de nouveaux marchés pour les laitiers de haut fourneau, notamment ceux des superstructures de bâtiment. L'UR Navier et le LCPC se sont intéressés aux conditions d'obtention d'une durabilité optimale de structures de bâtiment ou d'ouvrages d'art réalisés avec des bétons à base d'un nouveau liant au laitier - le CEMROC. Des éléments structuraux en vraie grandeur ont été réalisés en vue de mesurer la performance de durabilité grâce aux indicateurs retenus par l'AFGC. Les recherches des grandeurs physiques agissant sur la durabilité (perméabilité, porosité, etc.) et de l'influence des conditions de traitement de la structure au jeune âge (facteur très important pour les laitiers) sur ces grandeurs ont été réalisées. Ces expérimentations ont aboutis à la validation du matériau pour le bâtiment et ont montré la nécessité de combattre les risques de carbonatation pour un usage « ouvrage d'art ». Un programme spécifique pour améliorer cette sensibilité à la carbonatation est prévu.

Clinker sulfo alumineux

La seconde voie sur les « liants verts » concerne le clinker sulfo alumineux. Composé de silicates bicalciques et de yeelimite, le clinker sulfo alumineux présente un bilan énergétique et de production de CO₂ réduit par rapport aux ciments courants. Un travail amont est en cours dans la thèse CIFRE de Tiffany Desbois, réalisée en partenariat avec le centre de recherche d'Italcementi (CTG) et le LCPC (opération de recherche bétons environnementaux du LCPC). Il porte sur la recherche des conditions d'équilibre physico-chimiques du CSA en présence de gypse. Certains mélanges CSA-gypse produisent un gonflement tel que les éprouvettes se fissurent. Il se précise que ce gonflement serait dû à la formation différée d'étringite. Cette expansion dépend à la fois du rapport de la masse d'eau à celle de ciment et de la proportion de gypse.

L'étude de la valorisation des phosphogypses marocains est une autre voie d'utilisation du clinker sulfo alumineux. L'objectif est de contribuer à la valorisation de ressources locales, ici le gypse et le phosphogypse, en combinaison avec un clinker sulfo alumineux, pour la construction. On cherche ici à proposer des matériaux de constructions économiques pour l'habitat. Le projet est centré sur l'étude des propriétés de bétons formulés à base de gypses en remplacement total ou partiel en combinaison avec un clinker sulfo alumineux. La recherche a permis, dans une approche par plan d'expérience, de déterminer un domaine de formulation pour lequel le critère de durabilité (gonflement) est satisfait et la résistance suffisante.

Analyse du Cycle de Vie (ACV) des ouvrages d'art et éco conception

On s'intéresse à la prise en compte de critères environnementaux dans la conception de ponts en intégrant les données liées au cycle de vie de l'ouvrage. Certaines des données d'ACV sont à produire, ce qui exige un travail de recherche spécifique. Une recherche ciblée a porté en 2007 sur des ponts de 25 m de portée (la plus courante) conçue de 3 manières différentes : pont dalle précontraint courant, pont mixte bois-béton, et pont en béton fibré ultra performant précontraint (master de Lina Bouhaya). On a réussi à montrer que des matériaux *a priori* « peu séduisants » à

cause de leur bilan énergétique élevé, peuvent être au contraire très efficaces du point de vue environnemental dans des structures fortement sollicités. Le travail futur ira dans cette voie de développement d'outils de décision à la commande d'ouvrage du point de vue environnemental.

3.4. Renforcement

G. Foret, K. Sab, F. Sayed, J. Dallot

Le collage de matériaux composites sur les éléments de structure béton armé (BA) à renforcer (ou réparer) est actuellement une technique qui connaît un grand essor à travers le monde. En effet, de nombreux bâtiments ou ouvrages d'art nécessitent des travaux de renforcement (réparation) soit, parce qu'ils sont à rénover ou, soit parce que l'on souhaite prolonger leur durée de vie. L'étude du renforcement a débuté dans l'équipe lors de la thèse de Oualid Limam. L'objet de cette thèse soutenue en 2003 était de proposer un dimensionnement à l'ELU de poutres ou dalles BA renforcées par collage de matériaux composites.

Ce travail a été complété par la thèse CIFRE avec ARCELOR de Julien Dallot, soutenue en décembre 2007, dans le but de dimensionner des dalles et des poutres renforcées par des plats acier. À cette occasion la modélisation développée lors de la thèse de Oualid Limam a été améliorée et plusieurs essais de validation ont été réalisés.

Par ailleurs, une autre thèse portant sur le renforcement d'éléments de structure a débuté en septembre 2006 (Firas Sayed) et concerne le renforcement de béton fibré ultra performant (BFUP) par des matériaux composites. L'objectif de cette étude a consisté dans un premier temps à évaluer le potentiel que possèdent les joncs carbone (que l'on retrouve sous l'appellation PRFC dans la littérature scientifique) pour fabriquer des éléments de structure en BFUP précontraint ou non sans acier, de dimensions minimales. De plus, les conditions d'adhérence entre le BFUP et les joncs carbone ont été testées. Par la suite, la mise en précontrainte pourra se faire de deux manières ; précontrainte par adhérence et précontrainte par post tension. Ces deux solutions seront étudiées, l'équipe ayant déjà mené des recherches dans le cadre du collage, du renforcement d'élément en BA et de l'ancrage de joncs composites et ceci généralement dans le cadre de collaborations contractuelles. Ces éléments

de structure pouvant séjourner dans des ambiances sévères du point de vue de la corrosion pourront tout aussi bien être des poutres mais aussi des éléments pouvant renforcer des structures en béton armé.

3.5. Modèles numériques

B. Nedjar, J.-F. Caron, R. Le Roy, G. Foret, A. Alaoui, M. Bongué-Boma, V.-A. Duong, Q.-H. Ly

L'équipe a une compétence dans le développement de modèles numériques, le plus souvent en partenariat avec des industriels.

Cimentation des puits pétroliers

Des observations de fuites dans les puits de pétrole existants ainsi que l'utilisation des anciennes exploitations comme réservoir de gaz carbonique, lequel serait introduit par ces mêmes puits, nécessitant l'amélioration de l'étanchéité des puits pétroliers. Dans ce cadre, ce projet porte sur le calcul des contraintes initiales dans le coulis de cimentation, juste après prise du ciment, celle-ci s'effectuant dans des conditions de température et de pression élevée. Ce projet est mené en collaboration avec une société pétrolière et le service des méthodes numériques du LCPC.

Modélisation de la fissuration

Afin d'évaluer la perte d'étanchéité des structures en béton armé sous chargements mécaniques, Malika Bongué-Boma (encadrement : M. Brocato) a proposé une modélisation de la fissuration, lors de sa thèse en collaboration avec le Commissariat à l'énergie atomique. Cette thèse (soutenance en décembre 2007) s'inscrit dans un projet d'étude de l'évolution de l'étanchéité et de la résistance des structures de béton. Le modèle proposé décrit les changements géométriques de la microstructure du matériau sous chargement mécaniques lents. L'évolution de l'étanchéité du béton est déterminée à l'aide d'une approche de type Kozeny-Carman, à partir des variables géométriques décrivant le milieu micro-fissuré.

Modélisation multi particulaire des matériaux multicouches (M4)

La thèse de Van Ahn Duong démarrée en octobre 2005 se propose de développer la maille éléments finis multicouches orthotrope MPFEAP (thèse de Viet Hung Nguyen) en introduisant de la dynamique. La 1^{re} partie du travail a consisté à introduire les termes d'accélération et le temps dans les équations du modèle de matériau multicouches multi particulaires nommé M4-5n. La maille MPFEAP dynamique a été validée par comparaison avec des solutions analytiques et codes EF dans le cadre de la détermination de modes propres et intégrée dans GID. La suite de cette thèse consiste à développer la maille MPFEAP en lui intégrant des comportements non linéaires.

Multicouches d'élastomères compacts

Dans le cadre d'une thèse CIFRE avec la société DECATHLON (Quoc-Hung LY), on s'intéresse à la caractérisation et à la modélisation du comportement d'un système multicouches d'élastomères compacts et/ou cellulaires. L'application visée est le dimensionnement et l'optimisation des semelles de chaussures de course. La première étape consiste à caractériser et identifier les lois de comportement de chacun des matériaux constitutifs des semelles de chaussure *running*. Lors de la deuxième étape, ces lois seront utilisées dans un code Éléments Finis (ABAQUS et/ou ANSYS) afin de valider la modélisation du comportement des multicouches d'élastomères, en se penchant plus étroitement sur les conditions d'interface. Enfin, lors de la dernière étape, sera appliquée cette modélisation EF à la semelle de chaussure. L'objectif final sera alors de proposer des semelles et/ou concepts amortissants qui seront validés par rapport aux conclusions et préconisations issues d'une étude biomécanique menée parallèlement par la société Decathlon.

Milieux renforcés de fibres anélastiques en transformations finies

Il s'agit d'une première étude (publiée en 2007) sur le comportement viscoélastique des matériaux fibreux en transformations finies. Ce travail peut susciter de nouvelles collaborations, en particulier, avec l'industrie pneumatique.

3.6. Méthodes de changement d'échelle

K. Sab, F. Legoll, J. Dallot, F. Jouneid, T.-K. Nguyen

Ce thème regroupe des recherches qui sont dédiées au développement de nouvelles méthodes de changement d'échelle dans les matériaux et les structures.

Matériaux cellulaires

Fadi Jouneid, dont la thèse en collaboration avec le LaM (UPEMLV) sera soutenue début 2008, étudie les phénomènes de flambement élastique dans les nids d'abeille aléatoires avec comme problématique la détermination du Volume Élémentaire Représentatif (VER). On montre numériquement l'existence d'un VER pour le flambement des microstructures « faiblement aléatoires » obtenues par une faible perturbation des nids d'abeille réguliers. De plus, le seuil de flambement coïncide dans ce cas avec le régime de « plateau » caractéristique du comportement des mousses élastiques.

Plaques hétérogènes

L'homogénéisation des plaques en élasticité et en analyse limite a été poursuivie. Les applications visent l'homogénéisation des murs de maçonnerie soumis à des chargements hors plan (collaboration avec A. Cecchi de l'université de Venise), le dimensionnement des dalles et des poutres renforcées (thèse CIFRE de Julien Dallot soutenue en décembre 2007) et l'étude des matériaux fonctionnellement gradués (*functionally graded materials*, FGM) en vue d'une application aux structures du génie civil (thèse de Trung-Kien Nguyen en collaboration avec G. Bonnet du LaM-UPEMLV). De nombreux articles et communications sont parus. Les principales avancées concernent :

- a) l'identification d'un modèle homogène de Reissner-Mindlin pour les plaques élastiques périodiques,
- b) son application aux murs de maçonnerie,
- c) son application aux plaques FGM,
- d) l'homogénéisation en analyse limite des plaques multicouches,
- e) la prise en compte des cisaillements dans ces plaques,
- f) l'identification d'un modèle homogène de Reissner-Mindlin pour l'analyse limite des murs de maçonnerie,

- g) la proposition d'une méthode numérique basée sur les noyaux de Green et la FFT (*Fast Fourier Transform*) pour le calcul des propriétés effectives d'une plaque périodique.

Dynamique moléculaire

Plusieurs projets ont été menés sur le thème de la dynamique moléculaire et du calcul de moyennes thermodynamiques pour des systèmes à grand nombre de particules considérés à température constante. Tout d'abord, avec É. Cancès et G. Stoltz (CERMICS École des ponts), F. Legoll a comparé, en terme d'efficacité, les différentes méthodes numériques disponibles dans la littérature. Un autre projet, plus récent, concerne le développement de schémas numériques pour les systèmes hamiltoniens (équations de Newton conservatives) dans le cas raide (présence de composantes oscillant rapidement, ce qui impose un pas de temps très petit dans le cas d'un algorithme standard). A été construit, pour une certaine classe de systèmes hamiltoniens, des schémas qui permettent d'utiliser un grand pas de temps, tout en conservant une bonne précision dans le calcul de la trajectoire. De plus, l'énergie du système est bien conservée pour des temps très longs.

4. ÉQUIPE MICROMECHANIQUE ET CALCUL DES STRUCTURES

Les recherches conduites dans le cadre de cette équipe concernent principalement les domaines du génie civil et secondairement de l'industrie pétrolière, voire parfois de la biomécanique, où les problèmes rencontrés relèvent du dimensionnement et du calcul des structures ou d'ouvrages. Ces derniers sont le plus souvent constitués de « géomatériaux » (sols, roches, bétons, ?) pour lesquels il est indispensable de prendre en compte le caractère poreux et les couplages qui en résultent.

La démarche scientifique retenue est guidée par le souci permanent d'orienter les recherches vers l'élaboration d'outils de calcul destinés aux ingénieurs. De ce point de vue, les méthodes de changement d'échelle constituent une aide précieuse permettant de formuler les modèles mécaniques utilisables dans la résolution de problèmes. Les recherches conduites en

2007 peuvent être regroupées en deux grandes catégories.

4.1. Ouvrages et structures de génie civil

Modélisation et calcul des ouvrages de géotechnique renforcés par inclusions linéaires

Ce thème constitue un domaine de recherche actif depuis plus de dix ans, dont le développement est appelé à se poursuivre dans les années à venir. L'une des avancées récentes les plus marquantes est le développement d'un modèle qualifié de multiphasiques, qui consiste à remplacer le composite sol renforcé par deux milieux homogènes superposés, dénommés « phases », en interaction mutuelle. Une telle modélisation est particulièrement pertinente dans le cas où les renforcements forment un réseau suffisamment dense (terre-armée, massifs cloués ou boulonnés, fondations sur groupes ou réseaux de pieux ou micropieux, ?), sa mise en œuvre numérique conduisant alors à des gains considérables en termes de temps de calcul. La valorisation des travaux précédents s'est effectuée cette année dans plusieurs directions complémentaires.

- La poursuite de l'intégration de ce modèle dans le logiciel CESAR-LCPC (projet CASTOR) en coopération avec la division MSRG I du LCPC (E. Bourgeois). Ce travail est en cours de valorisation et d'exploitation dans le cadre d'un programme pluriannuel (2007-2010) de recherche et de développement de l'ANDRA sur le stockage à grande profondeur des déchets radioactifs, pour lequel a été constitué un groupement de laboratoires « Géomécanique » dont fait partie le laboratoire Navier à travers ses équipes « Micromécanique et calcul des structures » et « Géotechnique ». Les compétences de l'équipe sont notamment mobilisées sur la question du dimensionnement des galeries renforcées par boulonnage.
- Son application à l'élaboration de méthodes de calcul et de dimensionnement des ouvrages renforcés par inclusions rigides : radiers de fondation ou stabilisation de pentes instables (coopération avec le bureau d'étude GdS dans le cadre du projet européen Lessloss).
- Sa contribution au Projet national ASIRi (renforcement par inclusions rigides),

devant donner lieu à une méthode de calcul simplifiée de ce type d'ouvrages, prenant notamment en compte les interactions entre les inclusions et le sol. La thèse de Quang Thai Son, démarrée l'année dernière, vise en particulier à développer, tant au plan fondamental que numérique, une telle modélisation, l'accent étant mis sur la modélisation de ces interactions.

Il convient enfin de signaler que ce thème du renforcement des sols donne lieu depuis plusieurs années à une collaboration avec des chercheurs de l'École nationale des ingénieurs de Tunisie (ENIT) sur le thème des sols de fondation renforcés par colonnes, traité à travers une méthode d'homogénéisation. Le travail s'est poursuivi cette année, aboutissant à des résultats significatifs dans le domaine du comportement élastoplastique.

Stabilité des massifs rocheux fracturés

Dans le cadre du calcul d'ouvrages en milieu rocheux, un projet de recherche concerne l'étude de la stabilité d'ouvrages constitués de roches dont la résistance est décrite par un critère homogène (Hoek & Brown). Plus exactement, il est le résultat d'une homogénéisation basée sur une étude expérimentale. L'analyse de la stabilité de galeries, creusées dans ce type de matériaux, stockant du gaz à haute pression avait déjà fait l'objet d'un travail, il y a quelques années dans l'équipe. Une nouvelle étude a redémarré en 2005 sur la capacité portante de fondation superficielle posée sur ce type de roche, au moyen de la théorie du calcul à la rupture, et fait l'objet d'une coopération avec Z. Saada, enseignant à l'ENIT (Tunisie) et S. Maghous, professeur à l'université de Porto Alegre (Brésil). Depuis, d'autres types d'ouvrages ont été étudiés : stabilité de pente, stabilité de front de taille de tunnel. Un autre axe de recherche concerne l'analyse du dimensionnement de murs en pierres sèches. Ces travaux font l'objet d'une collaboration avec un chercheur de l'École nationale des travaux publics de l'État (ENTPE) (J.-C. Morel) notamment dans le cadre d'une thèse (A.-S. Colas). Ces ouvrages ont la particularité d'être constitués d'empilement plus ou moins régulier de pierres. Ces murs sont généralement utilisés comme soutènement, mais aussi dans la construction de bâtiments. Parallèlement à une étude expérimentale, la modélisation du mur est appréhendée par une méthode d'homogénéisation en calcul à la rupture. Elle consiste, à partir des caractéristiques

mécaniques des constituants du mur (pierres et interfaces), de construire le comportement d'un matériau homogène équivalent. À partir de la connaissance de ce comportement, on peut alors s'intéresser au dimensionnement de l'ouvrage en pierre, à l'aide de l'approche cinématique du calcul à la rupture.

4.2. Micromécanique des milieux poreux et hétérogènes

L'année 2007 a vu la soutenance de la thèse de Yamen Maalej, consacrée aux propriétés mécaniques des sables injectés par des coulis de ciment. Ce travail a été l'occasion de réfléchir au développement d'extension du schéma d'homogénéisation auto cohérent pour les milieux granulaires en général. L'accent a notamment été mis sur la prise en compte des propriétés mécaniques des interfaces (élasticité et résistance) dans un tel schéma. Yamen Maalej a désormais rejoint l'ENIT dans le cadre d'un poste de maître-assistant.

Les travaux de la thèse de Julien Sanahuja (CIFRE avec Lafarge Centre de recherches) s'achèveront au cours de l'année 2007 (soutenance prévue en janvier 2008). Cette année a permis de finaliser le modèle morphologique pour la pâte de ciment au jeune âge. Elle a également été mise à profit pour se pencher sur une approche micromécanique des matériaux de type « mousse », dans le domaine de l'élasticité et de la résistance. Ce type de description de la microstructure semble bien adapté aux silicates de calcium hydratés, mais aussi au plâtre pris, ainsi qu'à certaines phases rencontrées dans les tissus osseux. Ce dernier point a fait l'objet d'une fructueuse collaboration avec les travaux de thèse de Andréas Fritsch (co-tutelle École des ponts/TU Wien).

2007 est également une année de montée en puissance pour la thèse de Sophie Cariou, en collaboration avec l'École centrale de Lille. Des résultats expérimentaux et théoriques nouveaux sur les diverses contributions au phénomène de gonflement dans les smectites, précieux dans la perspective de l'utilisation de ce matériau dans les sites de stockage de déchets radioactifs.

À noter que plusieurs de ces recherches sont actuellement valorisées au sein du groupement de laboratoires « Géomécanique » de l'ANDRA dans le cadre du programme pluriannuel précédemment cité.

5. ÉQUIPE PHYSIQUE ET MÉCANIQUE DES MILIEUX POREUX

5.1. Écoulements et transports

Diffusion des chlorures dans les matériaux cimentaires

P. Dangla, T.-Q. Nguyen

La thèse de T.-Q. Nguyen (soutenue le 7 décembre 2007) répond au besoin de mieux maîtriser la durabilité des structures en béton armé exposées aux embruns d'eaux de mer ou aux projections de sels de déverglaçage. Elle propose une modélisation de la pénétration des ions chlore dans les matériaux cimentaires lors des cycles de séchage-imbibition tenant compte de la cristallisation des chlorures, de la fixation des ions chlore par les constituants solides du ciment et plus généralement des interactions physico-chimiques entre les ions et la matrice cimentaire. Cette description physico-chimique des interactions a permis de mettre en évidence que les isothermes de fixation des ions chlore, mesurés expérimentalement, sont l'addition d'une partie dépendant seulement des teneurs initiales en composants solides issues de l'hydratation du ciment et d'une partie dépendant seulement de la nature intrinsèque des CSH produits. La pertinence de cette description est démontrée en comparant les résultats du modèle avec ceux de nombreux d'essais effectués sur plusieurs ciments et bétons en conditions saturées. L'extension de ce modèle d'interaction aux conditions non saturées n'introduit aucune donnée supplémentaire. Le reste du travail l'a démontré à travers la modélisation et la simulation de nombreux essais de séchage, d'imbibition ou de cycles d'imbibition-séchage sur des matériaux de construction ou cimentaires de caractéristiques structurales différentes. Cette dernière partie a permis de mettre en évidence plusieurs phénomènes importants à prendre en compte tels que l'effet de la force ionique de la solution sur les courbes capillaires du matériau ou le colmatage des pores dû à la cristallisation des chlorures. Enfin le modèle a servi à expliquer les mécanismes physiques à l'origine de certains phénomènes observés lors du séchage et de l'imbibition de matériaux poreux en présence de sels.

Corrosion des armatures dans les bétons carbonatés

P. Dangla

Cette recherche, démarrée en 2006 avec le post-doctorat de W. Dridi et poursuivie en 2007, s'intéresse à la modélisation de la cinétique de corrosion des barres d'armatures dans les bétons carbonatés. Elle vise à décrire et quantifier les rôles relatifs du transport ionique dans la couverture de béton et du transport de charge à l'interface métal-béton. Elle a permis d'expliquer l'origine physique du pessimum d'humidité relative observé expérimentalement par Tuutti. D'autre part, le modèle permet de simuler les courbes de polarisation potentiostatique en présence de bétons non saturés. Les résultats de ces simulations qui font l'objet d'un article en cours de rédaction ont montré la possibilité de mesurer expérimentalement le courant de corrosion par la mesure du courant en zone cathodique.

Fissuration du béton sous l'effet de la corrosion des armatures

S. Caré, Q.-T. Nguyen (ENS Cachan)

Les travaux de thèse de Q.-T. Nguyen (thèse Paris VI réalisée au LMT Cachan en partenariat avec le LMSGC et soutenue le 18 octobre 2006) ont permis de contribuer à la compréhension des phénomènes d'endommagement de structures de béton armé soumises à des tests de corrosion accélérée. Dans ce travail deux aspects principaux ont été abordés : les mécanismes d'endommagement au niveau du béton d'enrobage ont été analysés et l'effet de la corrosion sur la capacité portante des structures a été étudié, tant du point de vue théorique que expérimental. Ces résultats ont été valorisés en 2007 par la rédaction de deux articles (1 accepté dans CRAS mécanique, 1 soumis).

L'analyse commencée dans la thèse de Q.-T. Nguyen concernant les mécanismes locaux de fissuration a été poursuivie. À l'aide de la mesure du déplacement de l'interface acier/béton (obtenue par inter-corrélation d'images) et d'un modèle mécanique adéquat (cylindre creux sous pression), les effets mécaniques de la rouille au niveau de l'interface ainsi que ses propriétés mécaniques ont été évalués (en cours de révision dans CCR).

5.2. Changements de phase

Physico-mécanique des milieux poreux soumis au gel/dégel

T. Fen-Chong, O. Coussy, A. Azouni, S. Rodts (axe IRM), S. Caré, P. Dangla, Qiang Zeng (UPE / U. Tsinghua, Beijing, Chine), J. Petković (financement Chaire Lafarge), M. Cita (université Paris 13)

Les travaux de thèse d'Antonin Fabbri (soutenue le 2 octobre 2006) ont montré la possibilité d'écaillage sous fort gradient thermique mais sans sels de déverglaçage. Ceci fait l'objet d'un article en cours de révision au *Journal of Engineering Mechanics* où l'on montre comment on peut évaluer l'influence de paramètres matériaux tels que les constantes élastiques de chaque constituant du milieu poreux, la perméabilité (objet d'un article publié dans la Revue européenne de génie civil), la présence de bulles d'air entraîné et les caractéristiques microstructurales (distribution de tailles de pore, énergies d'interfaces, connectivité). Celles-ci, en particulier, sont indirectement prises en compte par la mesure de la teneur en eau non gelée en fonction de la température par les méthodes capacitive, BJH à partir des isothermes de sorption/désorption de vapeur d'eau (appareil AGLAE au LMSGC), et acoustique (collaboration avec l'équipe du Professeur J.-F. Thimus à l'université catholique de Louvain-la-Neuve en Belgique et qui fait l'objet d'un article en cours de révision au *Journal of cold regions engineering*).

Toutes les techniques utilisées précédemment permettent essentiellement de faire des mesures macroscopiques et nécessitent des préparations invasives des échantillons. Aussi, afin d'analyser et de quantifier les phénomènes physiques et mécaniques accompagnant, à différences échelles spatiales et temporelles, le changement de phase eau/glace en milieux poreux, une nouvelle technique d'étude du gel/dégel est en cours de mise au point dans le spectromètre-imageur par résonance magnétique dans le cadre du post-doctorat de Jéléna Petković, avec la collaboration de l'équipe IRM. Dans un premier temps, une étude de faisabilité a été effectuée afin de trouver des paramètres de séquences RMN appropriés pour distinguer la glace de l'eau en milieu poreux ou non : la méthodologie et les résultats font l'objet d'un article soumis aux Comptes-rendus mécanique. Ensuite, la recherche, conception et fabrication d'un premier système thermostaté, adapté aux

caractéristiques géométriques actuelles du spectromètre, ont été réalisées. On cherche à évaluer l'évolution (locale et globale) de la quantité d'eau non-gelée en fonction de la température. Ceci devrait permettre d'affiner la compréhension et la prédiction du comportement au gel/dégel des milieux poreux.

Afin de compléter et d'étendre la compréhension actuelle du comportement de ces matériaux à leur endommagement sous cycles de gel/dégel, il est nécessaire de pouvoir évaluer quantitativement l'évolution de leur microstructure, laquelle en retour va modifier le comportement hydromécanique et le processus de transition de phase. C'est pourquoi, une étude de faisabilité sur des pâtes de ciment par microscopie optique et porosimétrie au mercure a été effectuée dans le cadre d'un projet de fin d'étude d'élève-ingénieur de 7 semaines de M. Cita avec S. Caré. Les premiers résultats indiquent que ces méthodes permettent *a priori* d'étudier l'endommagement des matériaux cimentaires à un stade avancé.

Enfin, sur le plan théorique, on n'a pas encore tenu compte de l'alcalinité de l'eau des bétons, ni pris en compte la présence éventuelle de sels de déverglaçage en surface du matériau. Or, l'écaillage en présence de sels est le problème le plus couramment rencontré en France. C'est pourquoi on cherchera aussi à mieux comprendre et quantifier le couplage entre l'action des sels et les phénomènes précédemment évoqués, en s'appuyant notamment sur les concepts et outils numériques développés par P. Dangla. On espère ainsi pouvoir se rapprocher encore plus des activités de l'équipe gel du CETE de Lyon (Sylvie Arnaud et Mickaël Dierkens).

Ces travaux se font actuellement dans le cadre d'une ANR « Jeunes Chercheurs, Jeunes Chercheuses » (intitulé : Physique et Mécanique de la Cristallisation Confinée en Milieu Poreux) et bénéficient aussi de l'apport d'une thèse commune UPE/U. Tsinghua (codirection par P. Dangla et Kefei Li) depuis novembre 2007.

Structuration des matériaux à matrice cimentaire

S. Caré, P. Faure (axe IRM), S. Rodts (axe IRM), J. Magat (axe IRM)

Les travaux réalisés en 2007 portent essentiellement sur la thèse en cours de Julie Magat dont l'objectif est d'étudier la structuration des matériaux cimentaires à l'aide de l'outil IRM du LMSGC. L'originalité de ce travail est d'étudier les

caractéristiques microstructurales par RMN/IRM avec pour appui les méthodes classiquement utilisées en génie civil.

L'effort de recherche a porté essentiellement sur la caractérisation de la taille des pores par les méthodes classiques (méthode capacitive développée au LMSGC, porosimétrie au mercure) et par le suivi RMN *via* des mesures de temps de relaxation (T_1). La comparaison entre les résultats fournis par la RMN et ceux fournis par les autres techniques n'est pas immédiate mais on a pu identifier les pics T_1 observés en terme de gamme de pores (Magat *et al.* [2007]). On a également caractérisé avec cette méthode les modifications de porosité induites par le séchage (couplage hydratation/séchage). De plus, l'amélioration du traitement de données des mesures RMN est en cours.

Cristallisation des sels dans les matériaux poreux : effet des propriétés interfaciales

N. Shahidzadeh-Bonn, S. Rafai (WZI-UVA)

Ce projet de recherche s'effectue dans le cadre d'une collaboration européenne entre l'Institut Navier et le *Van der Waals-Zeeman Institute for experimental physics* de l'université d'Amsterdam. La cristallisation des sels dans les matériaux poreux (pierres, briques, bétons) entraîne l'effritement, l'écaillage et provoque dans certains cas la brisure en profondeur de ces derniers. La détérioration, dont le mécanisme n'est pas entièrement élucidé, semble principalement dûe, sous l'effet de changements des conditions environnementales, à la cristallisation des sels à l'intérieur du matériau créant ainsi une pression mécanique vis-à-vis des parois des pores. La différence de dégradation observée pour différents types de sels reste cependant mal comprise. L'étude est centrée sur les dommages dus à la cristallisation de différents types de sels dans les matériaux poreux. L'objectif est d'étudier plus particulièrement l'influence de la tension interfaciale (cristal)-liquide (solution saturée), solide (pore)-liquide et liquide-vapeur et par conséquent, l'importance des propriétés de mouillage sur les effets dégradants des différents types de sels. Les résultats montrent que pour un même type de sel (sulfate de sodium), les formes cristallines hydratées et non hydratées se comportent différemment à cause de la différence d'affinité des cristaux respectifs pour la surface solide. La présence des films de mouillage accélère l'évaporation et joue un rôle important sur la formation

d'efflorescence (cristallisation à la surface) de la forme non hydratée.

Dessalement des matériaux poreux par séchage de compresses

N. Shahidzadeh-Bonn, A. Azouni, S. Rodts (axe IRM), P. Coussot (axe rhéophysique), E. Bourguignon

Afin de réduire l'endommagement des matériaux poreux par les sels, un certain nombre de méthodes cherchent à inactiver leur cycle de cristallisation-dissolution ou à extraire ces derniers, comme la méthode des compresses. Les compresses sont des pâtes granulaires saturées en eau que l'on applique sur un matériau poreux contenant des sels. L'eau de la compresse pénètre à l'intérieur des pores et dissout les sels solubles. Sous l'effet du séchage et de la différence de concentration en sels entre l'intérieur du matériau et la compresse, les ions migrent du matériau vers la compresse et s'y cristallisent.

Cette étude a pour objectif d'améliorer la compréhension des phénomènes physiques qui contrôlent le transport de l'eau et des ions à travers le matériau poreux vers la compresse et leur cristallisation, en fonction des paramètres décrivant le milieu poreux, de la nature du sel, de la nature de la compresse et des conditions environnementales. Différentes techniques d'analyses telles que l'IRM du proton (avec F. Bertrand de l'axe IRM), la chromatographie et la conductimétrie ont été utilisées dans cette étude afin de comparer les profils de saturation, la cinétique d'évaporation et le processus de cristallisation. Dans la première partie de cette étude, le mouvement de l'eau et des ions durant l'évaporation a été étudiée, d'une part dans le milieu poreux, d'autre part, dans des compresses modèles. Dans la deuxième partie on a étudié l'assemblage matériaux poreux-compresse. Les expériences mettent en évidence deux points clés nécessaires pour un bon dessalement : un taux d'évaporation faible (séchage lent), essentiel pour que la compresse reste humide pendant toute la durée de séchage du substrat et le maintien d'une bonne continuité hydraulique entre le substrat et la compresse afin d'assurer un bon transport des ions à travers le système.

6. ÉQUIPE RHÉOPHYSIQUE DES PÂTES ET MILIEUX GRANULAIRES

De nombreux matériaux du génie civil et de l'environnement (boues argileuses, pâtes cimentaires, enrobés bitumineux, poudres, granulats, sable, ballast, neige ...) se présentent sous la forme d'assemblées de particules plongées dans une ou plusieurs phases fluides. Suivant la nature des interactions entre particules (colloïdales, hydrodynamiques, ou de contact), on distingue dans la suite les pâtes, les suspensions de particules non colloïdales et les matériaux granulaires. Les recherches visent à comprendre le comportement mécanique macroscopique de ces matériaux, en liaison avec les phénomènes mis en jeu à l'échelle des particules. Cette bonne connaissance de la rhéophysique est cruciale dans la maîtrise de divers procédés du génie civil (compaction, vibration, malaxage, pompage, injection ...).

6.1. Pâtes

X. Château, P. Coussot, A. Lemaître, G. Ovarlez, L. Tocquer, F. Gaulard, A. Ragouilliaux

Les matériaux dont le comportement est dicté par leur phase colloïdale sont « coincés » et hors équilibre ce qui leur confère deux propriétés mécaniques essentielles : un seuil de contrainte et la thixotropie (décroissance de leur viscosité apparente sous cisaillement, augmentation au repos). Les travaux se focalisent sur l'étude d'écoulements particuliers intervenant dans des applications pratiques ou susceptibles d'être utilisés pour caractériser le comportement des matériaux de manière simple (affaissement, étirement, étalement sur un disque en rotation, translation d'une sphère), la distinction de propriétés rhéologiques génériques de ces matériaux et les propriétés particulières de matériaux réels (bétons, boues de forage, boues résiduelles).

Écoulement de pâtes

En vue de prédire les lois d'étalement des boues sur les disques d'épandage, on a étudié les caractéristiques de l'étalement d'un gel sur un disque en rotation (thèse d'H. Tabuteau). Les différentes phases de l'étalement ont été distinguées et ont montrées qu'elles étaient prévisibles d'un point de vue théorique [Tabuteau *et al.*

(2007 b)]. En collaboration avec J. de Bruyn (université de Western Ontario) et H. Tabuteau, on a étudié la chute d'une bille dans des matériaux pâteux modèles représentant des bétons frais. On a identifié les régimes solide et liquide du matériau autour de la bille. Avec un fluide à seuil simple, on a mesuré la force s'exerçant sur la bille en mouvement permanent en fonction de sa vitesse [Tabuteau *et al.* (2007 a)]. Avec un fluide thixotrope, nous avons montré l'effet du temps de repos préalable. Tout se passe alors comme si la sphère se déplaçait en liquéfiant une fine couche de matériau autour d'elle alors que le reste du matériau est simplement déformé dans son régime solide. Il en résulte qu'à seuil de contrainte apparent identique, le coefficient de traînée est beaucoup plus faible dans un fluide thixotrope que dans un fluide à seuil simple et la sédimentation beaucoup plus rapide [Tabuteau *et al.* (2007 c)]. Ces travaux sur les écoulements de pâtes se poursuivent actuellement dans le cadre d'une ANR Programme Blanc sur la physique de l'extrusion des pâtes en collaboration avec C. Lanos de l'INSA de Rennes (post-doctorat de B. Rabideau).

Thixotropie et/ou vieillissement

On a montré que le vieillissement d'une large gamme de « fluides coincés », dont les pâtes de ciment, peut-être décrit à l'aide d'un paramètre unique fonction de la température, de la fraction volumique des divers éléments, et de la contrainte appliquée. Ce paramètre reflète l'état de structuration du matériau. On a en effet constaté que les évolutions des modules élastiques au cours du temps de diverses formulations d'un matériau sont analogues, *i.e.* les courbes correspondantes s'expriment uniquement en fonction du temps divisé par un temps caractéristique θ qui reflète la vitesse de restructuration du matériau [Ovarlez et Coussot (2007)]. La dépendance de θ avec la température et la formulation reflète la compétition entre les effets de l'agitation thermique et des interactions entre particules. On a ainsi montré que θ décroît lorsque la température augmente, ce qui signifie que la restructuration est plus rapide quand l'agitation thermique augmente. Il devient alors possible de modifier la vitesse et l'amplitude de la transition liquide-solide d'un matériau en jouant sur ses composants tout en conservant le même comportement en écoulement [Roussel *et al.* (2007), soumis]. Il s'agit de la première

approche scientifique fournissant directement des outils de formulation de matériaux, et en particuliers des bétons frais, en fonction des caractéristiques rhéologiques et thixotropiques visées. Ces travaux bénéficient depuis janvier 2006 d'un financement de l'ANR dans le cadre de son programme Jeunes Chercheurs.

Simulations numériques et modèles de comportement au seuil

On souhaite, à terme, pouvoir définir des lois constitutives pour les « fluides coincés », basées sur une phénoménologie de leur réponse mécanique à petite échelle. Il a été proposé depuis longtemps que la déformation plastique de tels systèmes résulte d'une série de réarrangements localisés. Des observations numériques ont permis de déduire une phénoménologie basée sur l'existence de zones chargées élastiquement vers un seuil d'instabilité où elles se réarrangent et l'idée que les réarrangements génèrent des fluctuations du champ de contrainte, qui peuvent elles-mêmes induire d'autres réarrangements. Les événements locaux sont ainsi couplés par un bruit élastique intrinsèque provenant des autres réarrangements [Lemaître et Caroli (2007 a)]. Un modèle basé sur cette phénoménologie permet de rendre compte de l'existence de fluctuations de la contrainte moyenne qui, près du seuil, dépendent de la taille du système étudié. Cependant le modèle indique aussi que la forme analytique de cette dépendance est très sensible aux détails des couplages élastiques entre réarrangements [Lemaître et Caroli (2007 b)]. Par ailleurs, des méthodes d'homogénéisation ont été développées pour évaluer le module élastique d'une suspension colloïdale, en considérant des interactions de paire dérivant d'un potentiel. Ces calculs ont permis d'obtenir le module élastique haute fréquence d'une suspension colloïdale en fonction du potentiel d'interaction de paires, de la fonction de distribution de paires et du tenseur de localisation [Chateau et Pasol (2007)].

Applications

Pour améliorer la description des matériaux cimentaires et de leur mise en œuvre, on a proposé un modèle permettant de calculer les contraintes exercées par un matériau thixotrope sur les parois d'un coffrage à l'issue de sa mise en place. Lorsque la vitesse de coulage est faible, le matériau déjà mis en place se fige, ce qui permet la

mobilisation aux parois d'une contrainte de cisaillement égale à son seuil. Les parois reprennent ainsi une partie du poids du matériau, ce qui diminue les contraintes exercées à la base du coffrage. On a prédit la valeur de ces contraintes en fonction de la vitesse de coulage ainsi que leur évolution au cours du temps suite au vieillissement du matériau. Les résultats de ce modèle se sont avérés capables de reproduire des mesures obtenues sur chantier sur matériaux réels [Tchamba *et al.* (2007)] et permettent désormais la prédiction et le dimensionnement de coffrages réels sur chantier utilisés par diverses entreprises. On s'est intéressé à la rhéologie des boues de forage aux bas gradients (thèse d'Alexandre Ragouilliaux). On a étudié de façon systématique le comportement par IRM et rhéométrie conventionnelle d'émulsions réelles et modèles à diverses concentrations en argile et en eau. On a ainsi mis en valeur l'instabilité de l'écoulement en-dessous d'un gradient de vitesse critique et la transformation d'une émulsion inverse d'un fluide à seuil simple à un fluide thixotrope avec l'ajout d'argile [Ragouilliaux *et al.* (2007)].

6.2. Suspensions non colloïdales

X. Château, A. Lemaître, G. Ovarlez, F. Gaulard, L. Tocquer, A. Fall, A. Hammouti, K.-L. Trung, F. Mahaut, T.-S. Vu

On étudie le comportement des assemblées denses de particules sans interactions colloïdales immergées dans un fluide Newtonien ou à seuil (éventuellement thixotrope), du point de vue expérimental et au moyen d'approches numériques ou théoriques.

Approche expérimentale

On a collaboré à une étude du rhéo-épaississement de suspensions de particules non colloïdales (thèse d'Abdoulaye Fall). Ce phénomène se caractérise par une augmentation de la viscosité apparente du matériau avec le taux de cisaillement. L'observation des profils de vitesse par IRM montre que l'écoulement est localisé à basse vitesse de cisaillement ; le rhéo-épaississement apparaît à la fin du régime de localisation et est accompagné par une brusque augmentation des différences de contraintes normales. L'interprétation est que la zone morte qui existe à basse vitesse constitue un réservoir de dilatance

qui empêche le matériau de rhéo-épaissir. Cette hypothèse est confirmée par des expériences de rhéométrie classique où l'on montre que le taux de cisaillement de rhéo-épaississement est d'autant plus important que le matériau est confiné, qu'il est plus élevé si on laisse un surplus de matériau autour de la géométrie de mesure, que le rhéo-épaississement disparaît si on laisse l'entrefer augmenter sous l'effet des contraintes normales. Toutes ces observations permettent de conclure que le rhéo-épaississement est une conséquence de la dilatance de Reynolds [Fall *et al.* (2007)]. Dans le cas où le matériau est un fluide à seuil, on a étudié par rhéométrie l'évolution des propriétés linéaires de la suspension (à travers son module élastique) et de son seuil de contrainte avec la concentration en particules non colloïdales (thèse de Fabien Mahaut). On a formulé des matériaux permettant de se placer dans le cadre de l'homogénéisation et mis au point des procédures assurant l'étude de matériaux homogènes et isotropes. À cette fin, on a formulé des fluides à seuil dont la taille caractéristique de la microstructure est petite par rapport à la taille des particules en suspension. Afin de ne mesurer que la contribution mécanique (*i.e.* indépendante des interactions physico-chimiques) des particules au comportement des pâtes, on étudie des particules de diverses natures et tailles plongées dans des fluides à seuil dont l'origine physico-chimique du comportement diffère, et on a vérifié la cohérence des résultats obtenus avec l'ensemble des matériaux. On a observé que le module élastique diverge lorsque la fraction volumique en particules augmente suivant une loi de puissance (loi de Krieger-Dougherty), qui est comparable aux lois observées pour la viscosité des suspensions de particules non-colloïdales dans des fluides Newtoniens. Le seuil de contrainte suit quant à lui une évolution beaucoup plus modérée avec la concentration en particules. On a montré que l'évolution de la contrainte seuil avec la fraction volumique est reliée à l'évolution du module élastique suivant une loi obtenue par des calculs d'homogénéisation (*cf.* Approche théorique) [Mahaut *et al.* (2007)].

Approche numérique

Les simulations numériques permettent d'étudier en détail les relations entre interactions hydrodynamiques et microstructure de la suspension. Les méthodes de la littérature qui tentent de

prendre en compte le fluide interstitiel en simplifiant la modélisation des interactions hydrodynamiques, conduisent à des problèmes mal posés et à des codes instables. L'objectif (thèse d'Abdelkader Hammouti) est de construire un outil numérique permettant d'aborder cette question. Ce travail s'effectue en collaboration avec R. Ruben Rosales et J.-C. Nave du département de mathématiques appliquées du MIT (bourse MIT-France en 2007). L'algorithme, qui vise à intégrer les équations de Navier-Stokes en présence de grains, se fonde sur la méthode dite des « fluides fantômes », permettant de traiter des interfaces abruptes entre deux phases de propriétés différentes. Elle est beaucoup plus rapide que les méthodes traditionnelles par éléments finis et fait appel à un champ de "level/set" pour modéliser la présence de grain, ce qui permet en principe de traiter le cas d'objets de formes quelconques immergés dans le fluide. On a défini et implémenté des tests permettant de valider un algorithme de ce type, en particulier l'écoulement bidimensionnel autour d'un cylindre dans un canal. On étudie comment bien contrôler les conditions de bord en vitesse lors de la résolution de l'équation de Poisson pour la pression.

Approche théorique

On a modélisé le comportement de suspensions de particules dans des fluides à seuil en utilisant une théorie d'homogénéisation non linéaire (thèse de Trung-K. Luu). Le comportement du fluide porteur est décrit par un modèle de Herschel-Bulkley ; les particules sont des solides indéformables infiniment résistants, auxquels le fluide adhère parfaitement, en interaction hydrodynamique. Deux relations (Einstein et Krieger-Dougherty aux fractions volumiques respectivement faibles et fortes) ont été utilisées pour estimer le comportement global de la suspension linéaire de comparaison. Dans les deux cas, on obtient un comportement macroscopique décrit par une loi de Herschel-Bulkley de même exposant que celui du fluide porteur. Ce résultat s'explique sûrement par le fait que l'on a négligé les hétérogénéités du taux de déformations au sein du domaine occupé par la phase fluide. Pour les deux schémas, la valeur de la contrainte seuil macroscopique ne dépend que du seuil d'écoulement du fluide porteur et de la fraction volumique en particules, conformément à l'intuition physique. On obtient pour les deux schémas des valeurs de la viscosité macroscopique qui ne

dépendent pas de la contrainte seuil du fluide porteur [Chateau *et al.* (2007)]. Ces résultats théoriques ont été comparés à ceux de la littérature scientifique et à des résultats expérimentaux obtenus en utilisant une procédure assurant que le matériau testé est « le plus isotrope possible » (*cf.* Approche expérimentale). Les résultats obtenus pour le seuil et le module d'élasticité complexe des suspensions testées se comparent très bien aux résultats théoriques [Mahaut *et al.* (2007), Chateau *et al.* (2007)].

Blocage granulaire

La présence de grosses particules au sein du béton peut bloquer le remplissage des coffrages dans les zones contenant une densité importante d'armatures métalliques. Un ensemble de tests a été réalisé avec des matériaux modèles (suspensions concentrées, mélanges dispersés de grains secs) au passage de tamis de différentes dimensions qui ont permis d'extraire des caractéristiques générales du blocage [Roussel *et al.* (2007) ; Chevoir *et al.* (2007)] : le blocage d'un orifice se produit lorsque le diamètre de l'objet est égal à une fraction du diamètre de l'orifice, la probabilité de blocage augmente avec la concentration en objet et avec le volume de suspension passant à travers le tamis. On a mis en place un modèle probabiliste permettant de calculer la proportion de particules restant bloquées en fonction du volume de matériau, de la concentration en particules et du rapport de diamètres. Ce modèle s'est avéré capable de très bien reproduire les résultats expérimentaux. Son grand intérêt est qu'il peut être utilisé dans des situations variées, telle la filtration en milieu poreux. Ces résultats ont fait l'objet de brefs articles dans *Pour la Science*, *Physical Focus*, et le *Journal du CNRS*. Dans le cas des mélanges granulaires dispersés [Chevoir *et al.* (2007)], on a généralisé la loi connue pour les écoulements mono dispersés à travers un orifice, montré la réduction importante du seuil de blocage, et déterminé la dynamique du colmatage progressif.

6.3. Matériaux granulaires

F. Chevoir, A. Lemaître, J.-N. Roux, F. Gaulard, L. Tocquer, F. Froiio, G. Koval Junior, P.-E. Peyneau

On étudie le comportement mécanique des matériaux granulaires, constitués de grains

macroscopiques assemblés en interaction à leurs contacts, par élasticité, frottement, collision ou cohésion. Ces matériaux, selon l'histoire des sollicitations subies, peuvent présenter des comportements très divers, de type solide ou fluide. La description des origines de leurs propriétés mécaniques, liées à la géométrie des assemblages de grains, échappent aux intuitions et aux démarches de changement d'échelles familières en physique statistique et en mécanique des systèmes désordonnés. Les simulations numériques ont permis de classer les régimes de comportement rhéologique, de mieux comprendre l'influence des paramètres micromécaniques et de proposer des améliorations des lois constitutives macroscopiques. Ces travaux numériques sont confrontés à des expériences sur des matériaux modèles, en interne (IRM couplée à la rhéométrie, écoulements sur plan inclinés...) et au travers de collaborations.

Assemblage et déformation quasi-statique de matériaux non cohésifs

Les propriétés mécaniques des matériaux granulaires de type solide en régime quasi-statique dépendent du procédé d'assemblage, qui conditionne la structure initiale. On a porté une attention particulière, en simulation, à l'influence sur la microstructure de différents procédés de fabrication. On a étudié la géométrie de configurations d'équilibre isotropes de grains sphériques produites par compression dans une situation de lubrification idéale (suppression du frottement) ou densifiées par vibrations [Agnolin et Roux (2007 a)], celle des échantillons assemblés par pluviation contrôlée ou encore les échantillons plus lâches obtenus grâce au rôle de la cohésion capillaire pendant l'assemblage. On a vérifié que les échantillons sans frottement réalisent la limite idéale du compactage maximal aléatoire, à moins qu'une agitation prolongée, qui introduit des prémices de cristallisation [Agnolin et Roux (2007 a)] dans le cas monodispersé, ou de séparation dans le cas du mélange dispersé [Roux *et al.* (2007)], ne densifie encore davantage le matériau. Les assemblages compactés par vibration peuvent présenter des densités aussi élevées, mais avec un nombre de coordination beaucoup plus faible. Ce n'est qu'en faisant intervenir des forces capillaires lors de l'assemblage que l'on obtient des densités inférieures à la densité critique – comme dans le procédé de « damage humide » en laboratoire. On a

vérifié que l'augmentation de la contrainte de confinement (chargement proportionnel) ne modifie que faiblement la microstructure, mais un cycle de compression peut cependant diminuer le nombre de coordination [Agnolin et Roux (2007 b)]. Si celui-ci, qui peut varier indépendamment de la compacité, est toujours inaccessible à l'expérience [Agnolin et Roux (2007 a)] pour les matériaux usuels en 3D, il n'en est pas de même des modules élastiques, qui en fournissent indirectement une mesure [Agnolin et Roux (2007 c)]. Au-delà du régime élastique des très faibles déformations, dont on a évalué les limites [Agnolin et Roux (2007 c)], les simulations ont souligné l'importance de distinguer les déformations macroscopiques associées aux réarrangements du réseau des contacts de celles qui résultent des déformations des contacts eux-mêmes. Selon que la réponse mécanique du matériau sera dominée par l'un ou l'autre de ces phénomènes, ses propriétés (déformation nécessaire à la mobilisation du frottement interne ou effet cumulatif de sollicitations répétées) différeront nettement. Les mécanismes de déformation, la possibilité d'appliquer un modèle élastoplastique et la tendance à la localisation du cisaillement dans des matériaux modèles simulés ont fait l'objet du travail post-doctoral de F. Froiio, en liaison avec J. Sulem (équipe Géotechnique), et donnent lieu à une collaboration avec G. Combe du laboratoire Sols, solides, structures et risques de Grenoble. Une étude des matériaux granulaires modèles lâches (billes de verre assemblées par damage humide), où il s'agit de comparer les simulations et l'expérience pour tenter de cerner les origines de phénomènes de "stick-slip" est engagée avec Th. Doanh du laboratoire des Géomatériaux de l'ENTPE (thèse de Hoang Minh-Tam).

Assemblages granulaires liés

La modélisation de matériaux granulaires en présence d'un liant visqueux en faible teneur dans les interstices est une direction de recherches nouvelles (thèse de P.-E. Peyneau). Les applications visées concernent la limite des suspensions très concentrées et les matériaux de chaussées avec liant bitumineux. Un premier résultat concerne la limite des grains idéalement lubrifiés par le liant-un tel assemblage de billes non frottantes possède un angle de frottement interne faible mais non nul ; il est dépourvu de dilatance-d'autres interactions sont donc à prendre en compte

si on observe que la viscosité d'une suspension monodispersée de billes diverge à une compacité inférieure à celle du compactage maximal aléatoire.

Assemblage et consolidation plastique de matériaux cohésifs

Dans de nombreux matériaux granulaires (poudres, sable humide, argiles, neige ...), il s'ajoute une force attractive entre les grains (adhésion de van der Waals, tension capillaire, cimentation) aux forces de contact usuelles. À travers son influence sur la microstructure (formation d'agrégats), la cohésion affecte notablement le comportement mécanique. Elle est caractérisée par son intensité (rapport de la force de traction maximale dans un contact à la force moyenne issue de la pression de confinement) et par le rapport de la portée des interactions attractives à la taille des grains. On a étudié un modèle numérique de disques cohésifs à deux dimensions et on a obtenu par la simulation, en collaboration avec l'université de Séville (thèse de F. Gilabert), des comportements similaires à celui des poudres. Les matériaux cohésifs présentent dans leurs configurations géométriques à l'équilibre une variabilité bien plus grande que les matériaux sans cohésion. Si on laisse les grains former des agrégats sous l'action de leurs vitesses initiales aléatoires – introduites pour modéliser l'influence de l'air – avant de comprimer, on forme des structures très lâches, fractales à petite échelle. On retrouve la dimension fractale des modèles géométriques d'agrégation en dépit d'une coordinence qui peut varier. Ces structures s'effondrent sous chargement proportionnel croissant [Gilabert *et al.* (2007)], ce qui donne une « courbe de consolidation » analogue à celles des poudres et des argiles. Dans cette évolution, la taille du « blob » fractal, qui est l'échelle caractéristique des plus grands pores, va décroissant. Ce comportement est dicté par l'intensité de la cohésion et on a évalué sa sensibilité aux paramètres micromécaniques comme la résistance au roulement.

Écoulements

En collaboration avec J. Carlson et G. Lois de l'université Santa Barbara de Californie, on a étudié les mécanismes microscopiques qui déterminent la contrainte moyenne dans un écoulement granulaire sec. Par simulation discrète, on a testé quantitativement l'hypothèse fondamentale

de la théorie cinétique, selon laquelle la contrainte est dominée par le transport de quantité de mouvement lors de collisions binaires. On a observé que la contribution relative des collisions binaires à la contrainte totale décroît graduellement à mesure que le matériau granulaire est plus dense et que le coefficient de restitution s'affaiblit. Il y a par conséquent une transition graduelle entre un régime collisionnel et un régime où la contrainte est portée par des chaînes de forces qui se font et se défont à une échelle de temps très rapide. On a montré que cette transition est caractérisée par une longueur de corrélation des forces qui diverge à l'approche du blocage. On a développé un contexte théorique permettant de rendre compte de l'existence de ces chaînes de forces transitoires et de leur contribution sur la contrainte totale.

Comportement aux interfaces

En collaboration avec l'équipe Géotechnique, nous avons étudié le comportement d'interface des matériaux granulaires non cohésifs (thèse de Georg Koval Jr.), en particulier l'initiation du cisaillement qui dépend du matériau granulaire, de son état initial, de la géométrie de l'interface et de l'histoire de ce chargement. On a mené des simulations discrètes du cisaillement d'une assemblée de disques confinés entre un cylindre intérieur rugueux tournant à vitesse contrôlée et un cylindre extérieur exerçant une pression contrôlée. La mise en place de conditions aux limites périodiques a permis de limiter considérablement le nombre de grains. On a étudié l'initiation du cisaillement et le régime de cisaillement stationnaire, et en s'attachant particulièrement au comportement du matériau dans les premières couches au voisinage du cylindre intérieur où l'on observe une localisation du cisaillement. La compréhension du comportement du matériau dans cette région résulte de la mesure au sein du matériau des profils de compacité, vitesse et contraintes. Cette étude a mis en évidence deux régimes d'écoulement : un régime dense, au-dessus du seuil d'écoulement du matériau, dans lequel le comportement mis en évidence en cisaillement homogène (dépendance du frottement effectif et de la fraction solide en fonction du nombre inertiel) est quantitativement identique, un régime quasi-statique, en dessous du seuil d'écoulement du matériau, où le fluage du matériau activé par la rugosité de la paroi conduit à une localisation exponentielle du

cisaillement près de cette paroi. En parallèle a été menée une étude expérimentale sur matériau modèle dans deux dispositifs de cisaillement annulaire à contrainte radiale imposée. L'ACSA permet d'appliquer des contraintes de confinement importantes et de mesurer des informations macroscopiques, ainsi que le profil de vitesse à la paroi inférieure. P. Moucheront a par ailleurs mis au point un modèle réduit insérable dans l'IRM (Mini-ACSA), permettant de mesurer les déformations à l'intérieur de la cellule de cisaillement et de quantifier l'influence des parois horizontales. Les études expérimentales et numériques, en bon accord, ont montré en particulier la diminution du frottement effectif du matériau à la paroi lorsque la rugosité du cylindre intérieur diminue.

7. ÉQUIPE IRM

responsable : P. Coussot

Bien que de conception proche des imageurs biomédicaux, l'IRM du LMSGC s'en distingue par un champ magnétique faible (0.5T), plus adapté à l'étude de systèmes fortement hétérogènes et par sa configuration verticale qui autorise l'étude de mouvements de chute et/ou de phénomènes pilotés par la gravité. Son diamètre d'ouverture de 40 cm a en outre permis de l'équiper de véritables machines d'essai pour solliciter des échantillons mécaniquement ou thermiquement à l'intérieur même de l'aimant. Pour beaucoup, les études impliquant l'IRM sont entreprises en collaboration avec des équipes extérieures mais on mène une activité propre concernant certains aspects des matériaux cimentaires, ainsi que d'indispensables développements de « pure » méthodologie (méthodes d'acquisitions, traitement de signal). Sans renier l'imagerie 3D traditionnelle l'imagerie menée au LMSGC se veut axée sur une cartographie quantitative de données physiques précises (mesure de champs de vitesse, dosages de constituants en rhéologie, teneur en eau dans les milieux poreux ...). Des voies d'investigation plus proches de la spectroscopie RMN sont également explorées, notamment la relaxométrie, aussi riche de possibilités que d'interrogations en matière d'analyse du ciment et des milieux poreux.

Sédimentation et consolidation d'une vase

F. Bertrand, D. Phan Kan Bong

En ingénierie fluviale et maritime la formation d'un dépôt par sédimentation-consolidation reste problématique car des sédiments doivent être retirés chaque année pour assurer une profondeur navigable dans les chenaux. On a mené une étude de ce phénomène par IRM dans le cadre d'une collaboration avec le CETMEF. Pour cela on a suivi l'évolution spatio-temporelle des profils verticaux de concentration au sein d'une suspension colloïdale modèle (kaolin) et d'une suspension naturelle (vase du port du Havre). Une adaptation de la séquence de mesure a été indispensable pour les expériences sur la suspension naturelle en raison de son faible temps de relaxation T_2 (de l'ordre de 3 ms). Les résultats expérimentaux ont été confrontés à un modèle numérique 1D aux éléments finis doté d'un algorithme (par correction du flux convectif, FCT) pour la capture de choc.

7.1. Vélocimétrie par IRM

S. Rodts, F. Bertrand, P. Moucheront

Travaux méthodologiques

Vis-à-vis de la mesure de champs de vitesse par IRM, quelques innovations majeures ont été apportées à la méthode dite de « vélocimétrie par codage de phase », autant dans la manière d'envisager l'acquisition, qu'au niveau du traitement des données. On a par ce biais obtenu d'importants gains en rapport signal sur bruit, régulièrement d'un facteur compris entre 10 et 100. Cela a permis de systématiser les mesures sur des fluides traditionnellement jugés difficiles, voire impossibles, pour la technique, du fait de leur faible densité, ou de leurs temps de relaxation très courts (pâtes de ciment gris, argiles naturelles, mousses). Ces techniques sont essentiellement utilisées pour dresser des quasi-instantanés de champ de vitesse à l'intérieur de cuves de rhéométrie de diverses géométries (Couette, et plus récemment cône-plan) et suivre de manière fine, à l'échelle de la minute, l'évolution des propriétés d'écoulement dans des systèmes thixotropes. Au plan rhéologique, les mesures d'IRM apportent une précision de renseignement sans précédent comparativement aux rhéomètres classiques de laboratoire. De manière plus ponctuelle, des mesures d'écoulement autour de géométries plus complexes (en

l'occurrence, un modèle réduit de malaxeur à bétons) ont pu être testées en collaboration avec une unité nantaise du LCPC, dans le but de disposer de données expérimentales pour caler des codes de calcul.

La vélocimétrie se complète progressivement d'un ensemble de protocoles de mesures visant à sonder d'autres caractéristiques des échantillons, notamment, les temps de relaxation RMN (caractéristiques de certaines propriétés physico-chimiques des échantillons, susceptibles d'évoluer en cours d'écoulement). Sur la base de ces mesures, on a mis au point une méthode pour quantifier, dans les émulsions eau/huile, la concentration locale en chacun des deux fluides. Cette méthode, qui s'affranchit des problèmes techniques d'inhomogénéités de champ inhérentes aux milieux hétérogènes, est actuellement utilisée pour suivre les phénomènes de ségrégation sous cisaillement.

Applications

Un nouveau dispositif insérable dans l'IRM, le mini-ACSA a été mis au point pour étudier le comportement de matériaux granulaires secs ou pâteux et particulièrement de l'interface lors du cisaillement. Il est constitué d'une cellule de cisaillement Couette réalisée en matériaux non magnétiques dans laquelle on contrôle la pression radiale de l'échantillon. Il permet de mesurer les vitesses et les déformations à l'intérieur de la cellule et de quantifier l'influence des parois horizontales. En jouant sur les pièces qui forment le fond et le couvercle de la cellule, il est possible de mesurer le couple total transmis à l'échantillon ou le couple transmis par la paroi latérale seule. La pression de confinement (max. 150 kPa) appliquée à travers une membrane en latex sur la surface latérale de l'échantillon, est pilotée par un contrôleur pression/volume extérieur. Un capteur à fibre optique, compatible IRM, mesure sa valeur localement juste derrière la membrane. Grâce à un réducteur de rapport 1/10 monté directement sur la cellule, la plage de vitesse de rotation est de 0.1 à 10 t/mn. Une modification de la séquence IRM de mesure de vitesse a été réalisée pour pouvoir mesurer simultanément des profils de vitesse à différentes côtes z . Les premiers résultats obtenus ont permis de mettre en évidence l'influence des parois horizontales sur le cisaillement des grains (Thèse de Georg Koval).

7.2. Matériaux poreux

P. Faure, S. Rodts, J. Magat, F. Bertrand, J. Petkovic

Matériaux cimentaires

La faible quantité d'eau, l'inhomogénéité du milieu et la présence de molécules paramagnétiques (fer) rend les expériences RMN difficiles : le signal disparaît rapidement. Le développement de méthodes IRM adaptées permet d'accéder à la répartition de l'eau libre (imagerie SPI), et à l'environnement de l'eau associé à des tailles de pores (relaxation T_1). L'IRM en étant non-destructive, permet l'utilisation combinée des deux méthodes sur des matériaux cimentaires de l'état frais à l'état durci.

Single Point Imaging (SPI), ou comment imager les matériaux cimentaires

Cette méthode permet de réaliser des mesures 1D et 3D et de localiser l'eau « libre » (contenue dans les pores). Le signal est obtenu avec un délai très court entre l'excitation et l'acquisition, nécessité absolue pour des matériaux relaxant rapidement et permet de s'affranchir des inhomogénéités du champ magnétique. Il est alors possible de mesurer le pourcentage d'eau libre (validé par la perte au feu) pour les mesures 1D. Les expériences 3D, plus longues apportent des informations plus qualitatives.

Temps de relaxation T_1 , un outil puissant pour sonder la microstructure

La séquence IR (*Inversion-Recovery*) permet de suivre des phénomènes plus complexes. Le signal obtenu varie avec un délai de la séquence (t_i) de manière généralement mono-exponentielle. Par contre, pour un milieu poreux, l'évolution du signal est multi-exponentielle et l'utilisation de l'inversion de Laplace permet d'obtenir une distribution des T_1 , qui peut être associée à des tailles de pores (gamme : 10-500Å, ou plus). Il est alors possible de suivre la structuration de matériaux cimentaires. Les séquences ont été développées récemment pour permettre la mesure de T_1 localisée. L'intérêt est de pouvoir observer l'évolution de gradients de micro-structure.

Applications : effet du séchage sur la microstructure

Cette étude se déroule en collaboration avec S. Caré. Il s'agit de mieux comprendre les phénomènes de structuration des matériaux au cours du temps, sous l'influence du séchage (humidité relative contrôlée). L'évolution de la structure des éprouvettes a été suivie grâce aux profils et images SPI et aux mesures de T_1 . On a suivi la disparition de l'eau par effets combinés du séchage et de l'hydratation, et observé : l'influence du séchage sur les pores du gel, l'effet de cure du ressuage... Cette étude se poursuit avec la thèse de Julie Magat.

Distribution de taille de pores

Un des buts de la thèse de Julie Magat consiste à identifier les différents pics d'une distribution de T_1 en terme de taille et gamme de pore. Pour cela, on s'est appuyé sur les méthodes classiques d'exploration des pores (porosimétrie au mercure, adsorption / désorption azote, cryoporométrie).

Imbibition

Des images 3D d'un béton de ciment blanc fourni par PCM ont été enregistrées pendant l'imbibition multidirectionnelle. Cela permet l'observation de la progression du front de saturation vers le cœur de l'imbibition. Le suivi de l'imbibition 1D de mortiers de ciment gris fournis par M. Thiery de BCC permet un suivi dynamique de l'avancement du front d'imbibition de l'eau.

Suivi de la prise du ciment

La mesure de T_1 a été menée pendant l'hydratation de pâtes de ciment en faisant varier les formulations : le E/C, l'origine du ciment, la présence de sels ou d'adjuvants. La confrontation des résultats RMN avec ceux obtenus par calorimétrie permet d'identifier les cinq étapes de la prise : (1) réaction initiale, (2) période d'induction (phase dormante), (3) prise/durcissement, (4) transformation de l'ettringite en monosulfate, (5) évolution lente de l'hydratation.

COLLABORATIONS INTERNATIONALES

L'UR Navier a de nombreuses relations internationales actives en Europe, avec en particulier l'Allemagne (université de Duisburg-Essen), l'Autriche (université technique de Vienne), la Belgique (université de Liège), l'Espagne (UPC Barcelone, université de Séville), la Grèce (TU Athènes), la Hollande (Van der Waals-Zeeman Instituut (université d'Amsterdam), l'Italie (université de Trento, université La Sapienza, université Napoli), la Roumanie (TUC Bucarest), le Royaume Uni (Imperial College, University College London, U. Durham et Glasgow, le Department of Physics and Astronomy de l'université de Western Ontario) et la Suisse (EPF Lausanne).

Les partenaires internationaux comprennent aussi l'université Tong-Ji à Shanghai (Chine), l'université de Téhéran (Iran), le Polytechnic Brooklyn, le MIT et l'université de Berkeley (USA), l'école Hassania des Travaux Publics (EHTP) de Casablanca (Maroc), l'université Centrale de Caracas (Venezuela), l'École nationale des ingénieurs de Tunis (Tunisie) et l'université Libanaise (Beyrouth).

PERSONNELS

Équipe Géotechnique : 10 chercheurs, 2 post-doctorants, 27 doctorants, (Resp. P. Delage)

Chercheurs

CANOUE Jean
CORFDIR Alain
CUI Yu Jun (Prof. associé à l'U. Tong-Ji)
DE GENNARO Vincenzo
DELAGE Pierre
DUPLA Jean-Claude
FRANK Roger
GATMIRI Behrouz (Prof. associé à l'U. Téhéran)
PEREIRA Jean-Michel
SULEM Jean

Professeurs et chercheur invités

Prof. BICALHO Katia (U. Espiritu Santo, Brasil)
Prof. CHENG Sheng-Guo. (U. des Trois Gorges)
Prof. LIU Chuan-Shun (U. Wu-Han)
Prof. GUTIERREZ Marte (Virginia Polytechnic Institute, USA)
Prof. HAGE – CHEHADE Fadi (U. Libanaise)
Prof. HOLEYMAN Alain (U. Louvain la Neuve)
Prof. KAZAN Youssam (U. Libanaise)
Dr. COLLIN Frédéric (U. de Liège)

Post-doctorants et post-doctorants invités

GAO Yan Bin (U. Tong-Ji, Sanghai)
KARAM Jean-Paul
MUNOZ Juan Jorge (Réseau RTN MUSE)
QIAN Li-Xin (U. Tong-Ji, Sanghai)
SEYRAFIAN S. (U. Téhéran)
TAMAGNINI R. (U. Roma, La Sapienza)
TANG Anh-Minh

Doctorants

ANDRIA-NTONINA Irina (oct 07 -)
ARSON Chloé (sept.06 -)
BOUASSIDA Yosra (oct. 06 -)
CHAU Truong Linh (oct 07 -)
DINH Anh Quan (nov. 05 -)
GHABEZLOO Siaviash (oct. 04 -)
HEMMATI Sahar (oct. 05 -)
KARRAZ Khaldoun (oct. 04 -)
LE Trung Tinh (oct. 04 -)
MAGHOUL Pooneh (oct. 07 -) fait aussi partie de l'équipe Dynamique
MESSEN Younès (oct. 06 -)
MOHAJERANI Merdokht (oct. 07 -)
MONFARED Mohammad (oct. 07 -)
MUNOZ-CASTEBLANCO José (oct. 07 -)
NGUYEN Ha Dat (oct. 05 -)

NGUYEN Hong Viet (oct. 07 -)
SEIF EL DINE Bassel (oct. 04 - juin 07)*
TA Anh Ninh (oct. 06 -)
TRINH Viet Nam (oct. 07 -)

Doctorants (invités)

ANDREOU Panagiotis (U. Athènes)
BEKKI Hadj (U. Blida)
CHAO Yang (U. Tong-Ji)
FRIKHA Wissem (ENI Tunis)
LE Manh Tinh (IFP)
TANG Chao Seng (U. Nanjing)
WEINSTEIN Gary (Polytechnic New York)

ITA

BARRIERE Dominique
BOULAY Xavier
DE LAURE Emmanuel
FAYOL Armelle
JEANDILLOU Alain
THIRIAT Jérémy

Équipe Dynamique des structures et identification :

6 chercheurs, 1 post-doctorant, 7 doctorants (Resp. D. Duhamel)

Chercheurs

ARGOUL Pierre
DUHAMEL Denis
ERLICHER Silvano
POINT Nelly
YIN Honoré

Chercheurs émérites

CHEVALLIER Dominique

Professeurs invités

CERAVOLO Cesario Politecnico di Torino
DEMARIE Giacomo Politecnico di Torino

Post-doctorant

KOGEVNIKOV Ivan

Doctorants et doctorants invités

BEDAOUY Safia (sept. 06 -)
BODGI Joanna (sept. 05 -)
HA Minh Duc (sept. 06 -)
HAMMOUD Mohammad (oct. 06 -)
KARRECH Ali (sept. 04 – sept. 07)
MAGHOUL Pooneh (sept. 07 -)
NGUYEN Hong-Hai (sept. 05 -)
LI Gu (août 07 – oct. 07) Univ. de Trento
TROVATO Andréa (nov. 07 – nov 08) Univ. de Calabre

Équipe Comportement des structures hétérogènes :
10 chercheurs, 17 doctorants (Resp. K. Sab)

Chercheurs

ALAOUI Amina
 BAVEREL Olivier
 CARON Jean-François
 EURLACHER Alain
 FERAÏLLE Adélaïde
 FORET Gilles
 LE GOLL Frédéric
 LE ROY Robert
 NEDJAR Boumediene
 SAB Karam

Professeurs invités

AT ATMANE Hassen	Univ. Chlef
BENZEGUIR Hichem	Univ. Sidi Bellabes
BOUTAMINE Souad	USTB Alger
CHIKH Nasreddine	Univ. Mentouri-Constantine
LIMAM O.	École nationale des ingénieurs de Tunis
MANSOURI	USTO
MILED Karim	École nationale des ingénieurs de Tunis
REDJET Bachir	École nationale des ingénieurs de Tunis

Doctorants

BONGUE BOMA Malika (nov. 04 – déc. 07)
 BOUHAYA Lina (oct. 07 -)
 CHATAIGNER Sylvain (oct. 05 -)
 DALLOT Julien (sept. 04 – déc. 07)
 DESBOIS Tiffany (oct. 06 -)
 DOUTHE Cyril (sept. 04 – nov. 07)
 DUONG Van-Anh (sept. 05 -)
 JOUNEID Fadi (oct. 03 -)
 LEBEE Arthur (oct. 07 -)
 LY Quoc-Hung (janv. 06 -)
 NGUYEN Trung Kien (oct. 05 -)
 NGUYEN Trung Viet Ha (oct. 06 -)
 PHAM Hoai-Son (sept. 04 – nov. 07)
 SAINT MARTIN-ROUBY Corinne (janv. 05 -)
 SAHLAOUI Ramzi (oct. 07 -)
 SAYED AHMAD Firas (oct. 06 -)
 TRAN Nhu Cuong (oct. 07 -)

ITA

Identiques à l'équipe « Dynamique des structures et identification » et à l'équipe « Comportement des structures hétérogènes »

BERNARD Christophe
 CINTRA Daniel
 KASPI Marie-Françoise
 MOREAU Gilles
 TAMAIN Alain
 VIGO Brigitte

Équipe Micromécanique et calcul des structures :
3 chercheurs, 1 post-doctorant, 5 doctorants (Resp. P. de Buhan)

Chercheurs

DE BUHAN Patrick
 DORMIEUX Luc
 GARNIER Denis

Post-doctorant

HASSEN Ghazi

Doctorants

BRISARD Sébastien (oct. 07 -)
 CARIOU Sophie (oct. 06 -)
 NGUYEN Sit Uan (oct. 07 -)
 SANAJUHA Julien (oct. 04 -)
 THAI SON Quang (oct. 06 -)

ITA

CATOIRE Nadine

Équipe Physique et mécanique des milieux poreux :
5 chercheurs, 1 post-doctorant, 1 doctorant (Resp. A. Azouni)

Chercheurs

AZOUNI Aza
 BONN Noushine
 CARÉ Sabine
 DANGLA Patrick
 FEN CHONG Teddy

Post-doctorant

PETKOVIC Jéléna

Doctorant

BOURGUIGNON Elsa (oct. 05 -)

ITA

VIÉ Philippe

Équipe Rhéophysique des pâtes et milieux granulaires :
6 chercheurs, 4 post-doc, 8 doctorants (Resp. F. Chevoir)

Chercheurs

CHATEAU Xavier
 CHEVOIR François
 COUSSOT Philippe
 OVARLEZ Guillaume
 LEMAITRE Anaël
 ROUX Jean-Noël

Post-doctorants

FROIIO Francisco

KOGAN Mike
 RABIDEAU Brooks
 RAGOUILLIAUX Alexandre

Doctorants

CLAIN Xavier (oct. 07 – oct. 10)
 FALL Abdoulaye (sept. 05 – sept. 08)
 HAMMOUTI Abdelkader (sept. 06–sept. 09)
 KOVAL Junior Georg (oct. 04 – jan. 08)
 LUU Trung-K. (oct. 04 -)
 MAHAUT Fabien (oct. 05 – oct. 08)
 PEYNEAU Pierre-Emmanuel (oct. 06–oct. 09)
 VU Thai-Son (oct. 07 – oct. 10)

ITA

TOCQUER Laurent

Équipe Imagerie par résonance magnétique : 3 chercheurs, 1 doctorant (Resp. Ph. Coussot)

Chercheurs

COUSSOT Philippe
 FAURE Pamela
 RODTS Stéphane

Doctorant

MAGAT Julie (oct. 05 –)*

ITA

Identiques à l'équipe « Physique et mécanique des milieux poreux », à l'équipe « Rhéophysique et milieux granulaires » et à l'équipe « Imagerie par Résonance Magnétique »

ADELISE Délhia
 BERTRAND François
 BICHON Sabrina (- juin 07)*
 CLERMONT Ariel
 DIAS Éric
 GAULARD Fabien (décembre 07)*
 HANOCQ Bruno (- juin 07)*
 LE FLOCH Yves
 MAMOU Abner (janv. 07)*
 MAURATILLE Aurélien (mars 05 –07)*
 MOUCHERONT Pascal
 SANCHEZ Carmen
 VALENTI Michelle

* Ne font plus partis des effectifs au 31/12/2007

BILAN QUANTITATIF

PRODUCTION DE CONNAISSANCES

PUBLICATIONS

Publications dans le web of science

Articles parus (63)

ABDELKRIM M., DE BUHAN P.

"An elastoplastic homogenization procedure for predicting the settlement of a column reinforced by columns". *European Journal of Mechanics A/Solids*, 2007, vol. 26, pp. 736-757

AGNOLIN I., ROUX J.-N.

"On the elastic moduli of three-dimensional assemblies of spheres : characterization and modelling of fluctuations in the particle displacements and rotations". *International Journal of Solids and Structures*, 2007, vol. 45, pp. 1101-1123

BAILEY N., JACOBSEN K., LEMAITRE A., SCHIOTZ J.

"3/2 scaling of avalanches in sheared three-dimensional amorphous solid". *Physical Review Letters*, 2007, vol. 98, 095501

BLANC X., LE BRIS C., LEGOLL F.

"Analysis of a prototypical multiscale method coupling atomistic and continuum mechanics: the convex case". *Acta Mathematicae Applicatae Sinica*, 2007, vol. 23, n°2, pp. 209-216

BODGI J., ARGOUL P., ERLICHER S.

"Lateral vibration of footbridges under crowd-loading: continuous crowd modelling approach". *Key Engineering Materials*, 2007, vol. 347, Damage Assessment of Structures, VII, pp. 685-690

CANCÈS É., LEGOLL F., STOLTZ G.

"Theoretical and numerical comparison of some sampling methods for molecular dynamics". *ESAIM-Mathematical Modelling and Numerical Analysis*, 2007, vol. 41 n°2, pp. 351-389

CECCHI A., SAB K.

"A homogenized Reissner-Mindlin model for orthotropic periodic plates. Application to brickwork panels". *International Journal of Solids and Structures*, 44, pp. 6055-6079

CERAVOLO R., DEMARIE G.-V., ERLICHER S.

"Instantaneous identification of Bouc-Wen-type hysteretic systems from seismic response data". *Key Engineering Materials*, 2007, vol. 347, Damage assessment of structures VII, pp. 331-338

CHEVOIR F., GAULARD F., ROUSSEL N.

"Flow and jamming of granular mixtures through obstacles". *Europhysics Letters*, 2007, vol. 79, pp. 14001

CORFDIR A., BOURGEOIS E.

"Discussion on 'The Holl half-space: use with caution' by W. D. CARRIER III", *Géotechnique*, 57, n°7, pp. 633-634

CORFDIR A., BONNET G.

"Validity conditions of direct boundary integral equation for exterior problems of plane elasticity". *C.R. mécanique*, vol. 335, pp. 219-224

CORFDIR A., DE GENNARO V., CHAMBON G.

"Discussion on some observations on the effects of time on the capacity of piles driven in sand. by Jardine R.J., Standing J.R. and Chow F.C.". *Géotechnique*, vol. 57, n°3, pp. 325-326

COUSSOT P.

"Rheophysics of pastes: a review of microscopic modelling approaches". *Soft Matter*, 2007, vol. 3, pp. 528-540

COUSSY O.

"Revisiting the constitutive equations of unsaturated porous solids using a Lagrangian saturation concept". *International Journal of Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, 2007, vol. 31, n° 15, pp. 1675-1694

COUSSY O., MONTEIRO P.

- "Unsaturated poroelasticity for crystallization in pores". *Computers and Geotechnics*, 2007, vol. 34, pp. 279-290
- "Poroelastic model for concrete exposed to freezing temperatures". *Cement and Concrete research*, vol. 38, pp. 40-48, 2007

CUI Y.-J., TANG A.-M., MARCIAL D., TERPEREAU J., MARCHADIER G., BOULAY X.

"Use of a differential pressure transducer for the monitoring of soil volume change in cyclic Triaxial test on unsaturated soils". *Geotechnical Testing Journal*, vol. 30 n°3, pp. 227-233

DELAGE P., LE T.-T., TANG A.-M., CUI Y.-J., LI X.-L.

"Suction effects in deep boom clay block samples". *Géotechnique*, vol. 57, n°2, pp. 239-244

DORMIEUX L., SANAHUJA J., MAALEJ Y.

« Résistance d'un polycristal avec interfaces imparfaites ». *C. R. Mécanique*, 2007, vol. 335, pp. 25-31

DUHAMEL D.

"Finite element computation of Green's functions". *Engineering Analysis with Boundary Elements*, 2007, vol. 31, pp. 919-930

ERLICHER S., ARGOUL P.

"Modal identification of linear non-proportionally damped systems by wavelet transform". *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2007, vol. 21, n°3, pp. 1386-1421

FRANK R.

"Basic principles of Eurocode 7 on geotechnical design. Soils & rocks". *International Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ABMS-Brazilian Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, January-April 2007, vol. 30, n°1, pp. 39-50

FRITSCH A., DORMIEUX L., HELLMICH C., SANAHUJA J.

"Micromechanics of crystal interfaces in polycrystalline solid phases of porous media: fundamentals and application to strength of hydroxyapatite

biomaterials". *Journal of Materials Science*, 2007, vol. 42, pp. 8824-8837

GATMIRI B., HOOR A.

"Excavation effect on the thermo-hydro-mechanical behaviour of a geological barrier". *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 32, n°8-14, pp. 947-957

GATMIRI B., NGUYEN K.-V., DEGHAN K.

"Seismic response of slopes subjected to incident SV wave by an improved boundary element approach". *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, vol. 31, pp. 1183-1195

GAY G., AZOUNI A.

"Concentration of soluble and non soluble zinc-based impurities by unidirectional freezing: basis for a method of sludges treatment". *Environmental Science and Technology*, 2007, vol. 41, pp. 5466-5470

GILBERT F., ROUX J.-N., CASTELLANOS A.

"Computer simulation of model cohesive powders: influence of assembling procedure and contact laws on low consolidation states". *Physical Review*, 2007, E 75, 011303

JABBARI E., GATMIRI B.

"Thermo-poro-elastostatic Green's Functions for Unsaturated Soil". *International Journal of Computer Modeling in Engineering and Sciences (CMES)*, vol. 18 n° 1, pp. 31-45

KAMALIAN M., GATMIRI B., SOHRABI-BIDAR A., KALAJ A.

"Amplification pattern of 2D semi-sine shaped valley subjected to vertically propagating incident waves". *International Journal of Communications in Numerical Methods in Engineering*, vol. 23, pp. 871-887

KARRECH A., DUHAMEL D., BONNET G., ROUX J.-N., CHEVOIR F., CANOU J., DUPLA J.-C., SAB K.

"A computational procedure for the prediction of settlement in granular materials under cyclic loading". *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 2007, vol. 197, pp. 80-94

LEGOLL F., LUSKIN M., MOECKEL R.
Non-ergodicity of the Nosé-Hoover thermostatted harmonic oscillator. Archive for Rational Mechanics and Analysis, 2007, vol. 184, n°3, pp. 449-463

LE BRIS C., LEGOLL F.
"Dérivation de schémas numériques symplectiques pour des systèmes hamiltoniens hautement oscillants (derivation of symplectic numerical schemes for highly oscillatory hamiltonian systems)". C. R. Acad. Sci. Paris, 2007, série I, vol. 344, n°4, pp. 277-282

MAALEJ Y., DORMIEUX L., DUPLA J.-C., CANOU J.

- "Strength of a granular medium reinforced by cement grouting". *Comptes Rendus à l'Académie des Sciences, série Ib Mécanique*, vol. 335, n° 2, pp. 87-92
- "Strength of a granular medium reinforced by cement grouting". *C. R. Mécanique*, 2007, vol. 335, pp. 87-92

MAALEJ Y., DORMIEUX L., SANAHUJA J.

"Elastic nonlinear behaviour of a granular medium: micromechanical approach". *C. R. Mécanique*, 2007, vol. 335, pp. 461-466

MAGAT J., FAURE P., CARÉ S., FABBRI A., FEN-CHONG T., CHAUSSADENT T.

"Comparison between T1 relaxation and capacitive method used for studying cement paste structuration evolution". *Magnetic Resonance Imaging*, 2007, vol. 25, n° 4, pp. 571-572

MAGHOUS S., SAADA Z., DORMIEUX L., CANOU J., DUPLA J.-C.

"A model for in situ grouting with account for particle filtration". *Computers and Geotechnics*, vol. 34, n°3, pp. 164-174

MILED K., SAB K., LEROY R.

"Particle size effect on EPS lightweight concrete compressive strength: experimental investigation and modeling". *Mechanics of Materials*, 2007, vol. 39, pp. 222-240

NEDJAR B.

"An anisotropic viscoelastic fibre-matrix model at finite strains: continuum formulation and computational aspects. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 2007, vol. 196, n° 9-12, pp. 1745-1756

NG C.-W.-W., CUI Y.-J., CHEN R., DELAGE P.

"The axis-translation and osmotic techniques in shear testing of unsaturated soils: a comparison". *Soils and Foundations*, vol. 47, n° 4, pp. 675-684

NGUYEN D.-T., NEDJAR B., TAMAGNY P.

"A cyclic elasto-viscoplastic model for asphalt concrete materials". *Road Materials and Pavement Design*, 2007, vol. 8, n°2, pp. 239-255

NGUYEN K.-V., GATMIRI B.

- "The Numerical implementation of fundamental solution for solving 2D transient poroelastodynamic problems". *International Wave Motion*, vol. 44, pp. 137-152
- "Evaluation of seismic ground motion induced by topographic irregularity". *International Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, vol. 27, pp. 183-188

NGUYEN Q.-T., CARÉ S., MILLARD A., BERTHAUD Y.

"Analyse de la fissuration du béton armé en corrosion accélérée". *C. R. Mécanique*, 2007, vol. 335, pp. 99-104

NGUYEN T.-K., SAB K., BONNET G.

"Shear correction factors for functionally graded plates. *Mechanics of Advanced Materials and Structures*, 2007. 14, pp. 567-575

NGUYEN V.-H., COLINA H., TORRENTI J.-M., BOULAY X., NEDJAR B.

"Chemo-mechanical coupling behaviour of leached concrete. Part I. *Experimental results*". *Nuclear Engineering and Design*, 2007, vol. 237, pp. 2083-2089

NGUYEN V.-H., NEDJAR B., TORRENTI J.-M.

"Chemo-mechanical coupling behaviour of leached concrete. Part II: *Modelling and Computational aspects*". *Nuclear*

Engineering and Design, 2007, vol. 237, pp. 2090-2097

OVARLEZ G., COUSSOT P.

"The physical age of soft-jammed systems". *Physical Review E* 76, 2007, 011406

ROGNON P., ROUX J.-N., NAAÏM M., CHEVOIR F.

"Dense flows of bidisperse assemblies of disks down an inclined plane". *Physics of Fluids*, 2007, vol. 19, 058101

ROUSSEL N., NGUYEN T.-L.-H., COUSSOT P.

"General probabilistic approach to the filtration process". *Physical Review Letters* 2007, vol. 98, n° 114502

SAB K, DALLOT J., CECCHI A.

"Determination of the overall yield strength domain of out-of-plane loaded brick masonry". *International Journal for Multiscale Computational Engineering*, 2007, vol. 2, n°5, pp. 83-92

SABEUR H., COLINA H., BEJJANI M.

"Elastic strain, young's modulus variation during uniform heating of concrete". *Magazine of Concrete Research*, 2007, vol. 59, pp. 559-566

SEIBI A., KARRECH A., PERVEZ T.

"Post-expansion tube response under mechanical and hydraulic expansion – A comparative study". *Journal of Pressure Vessel Technology, Transaction of the ASME*, 2007, vol. 129, n°1, pp. 118-1240

SEYRAFIAN S, GATMIRI B., NOURZAD A.

"Analytical investigation of depth non-homogeneity effect on dynamic stiffness of shallow foundations". *International Journal of Computer Methods in Engineering and Sciences (CMES)*, vol. 21, n°3, pp. 209- 219

SHAHIDZADEH-BONN N., AZOUNI A., COUSSOT P.

- "Effect of wetting properties on the kinetics of drying of porous media". *Journal of Physics : Condensed Matter*, 2007, vol. 19, n° 112101
- "Drying rate controlled by wettability in model porous media. *Journal of Physics-Condensed Matter*", 2007, vol. 19, n° 112101

SORGI C., DE GENNARO V.

"ESEM analysis of chalk microstructure submitted to hydromechanical loading". *CR Géoscience*, vol. 339 n° 7, pp. 468-481

SULEM J.

"Stress orientation evaluated from strain localisation analysis". in *Aigion fault, Tectonophysics*, vol. 442, pp. 3-13

SULEM J., LAZAR P., VARDOULAKIS I.

"Thermo-poro-mechanical properties of clayey gouge and application to rapid shearing". *International Journal of numerical and analytical methods in geomechanics*, vol. 31, pp. 523-540

TABUTEAU H., COUSSOT P., DE BRUYN J.-R.

"Drag force on a sphere in steady motion through a yield stress fluid". *Journal of rheology*, 2007, vol. 51, pp. 125-137

TABUTEAU H., OPPONG F.-K., DE BRUYN J.-R., COUSSOT P.

- "Drag on a sphere moving through an aging system". *Europhysics Letters*, vol. 78, n°68007
- A letters journal exploring. *The frontiers of physics*

TANG A.-M, CUI Y.-J, BARNEL N.-A.

"New suction-temperature controlled isotropic cell used to study the thermo-mechanical behaviour of unsaturated expansive clays". *Journal of geotechnical testing*, vol. 30, n°5, pp. 341-348

TARDIF D'HAMONVILLE P., ERN A., DORMIEUX L.

"Finite element evaluation of diffusion and dispersion tensors in periodic porous media with advection". *Computational geosciences*, 2007, vol. 11, pp. 43-58

THIERY M., VILLAIN G., DANGLA P., PLATRET G.

"Investigation of the carbonation front shape on cementitious materials: effects of the chemical kinetics". *Cement and Concrete Research*, 2007, vol. 7, pp. 1047-1058

TOPLAK T., TABUTEAU H., DE BRUYN J.-R., COUSSOT P.

"Gravity draining of a yield stress fluid through an orifice". *Chemical Engineering Science*, 2007, vol. 62, pp. 6908-6913

Articles en ligne (19)²

AGNOLIN I., ROUX J.-N.

- "Internal states of model isotropic granular packings. I. Assembling process, geometry and contact networks" in *Physical Review E*, 2007
<doi : 10.1103/PhysRevE.76.061.302>
- "Internal states of model isotropic granular packings. II. - Compression and pressure cycles" in *Physical Review E*, 2007
<doi : 10.1103/PhysRevE.76.061.303>
- "Internal states of model isotropic granular packings. III. - Elastic properties" in *Physical Review E*, 2007
<doi : 10.1103/PhysRevE.76.061.304>

BONGUE BOMA M., BROCATO M.

"Liquid with vapour bubbles". *Computers and mathematics with application*.
<doi 10.1016/j.camwa.2007.04.006>

CARÉ S.

"Effect of temperature on porosity and chloride diffusion in cement pastes". *Construction and building materials*, 2007
<doi : 10.1016/j.conbuildmat.2007.03.018>

CARÉ S., RAHARINAIVO A.

"Influence of impressed current on the initiation of damage in reinforced mortar due to the corrosion of embedded steel". *Cement and Concrete Research*, 2007
<doi:10.1016/j.cemconres.2007.08.022>

CUI Y.-J., TANG A.-M., MANTHO A., DE LAURE E.

"Monitoring field soil suction using a miniature tensiometer". *Geotechnical Testing Journal*, vol. 31, n°1
<doi : 10.1520/GTJ100769>

DALLOT J., SAB K.

"Limit analysis of multi-layered plates. Part I: the Love-Kirchhoff model". *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 2007
<doi : [10.1016/j.jmps.2007.05.005](https://doi.org/10.1016/j.jmps.2007.05.005)>

"Limit analysis of multi-layered plates. Part II: shear effects". *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*
<doi : [10.1016/j.jmps.2007.05.006](https://doi.org/10.1016/j.jmps.2007.05.006)>

DIEUDE-FAUVEL E., BAUDEZ J.-C., COUSSOT P., VAN DAMME H.

"Correlation between electrical and rheological measurements on sewage sludge". *Water Practice and Technology*, 2007
<doi:10.2166/wpt.2007.002>

ERLICHER S., BOURQUIN F.

"On the derivation of structural models with general thermomechanical prestress". *European Journal of Mechanics, A/Solids*
<doi :10.1016/j.euromechsol.2007.05.013>

FORET G., LIMAM O.

"Experimental and numerical analysis of RC two-way slabs strengthened with NSM CFRP rods". *Construction and Building Materials*
<doi : 10.16/j.conbuildat.2007.07.027>

LACHIHAB A., SAB K.

"Does a representative volume element exists for fatigue life prediction ? The case of aggregate composites". *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*
<doi : 10.1002/nag.655>

NGUYEN T.-K., SAB K., BONNET G.

"First-order shear deformation plate model for functionally graded materials". *Composite Structures*
<doi : 10.1016/j.compstruct. 2007.03.004>

NGUYEN V.-T., CARON J.-F.

"Finite element analysis of free edge stresses in composite, laminates under mechanical and thermal loading". *Composite Science and Technology*
<doi ;10.1016/j.compscitech. 2007.10.055>

POINT N., ERLICHER S.

"Application of the orthogonality principle to the endochronic and Mroz models of plasticity". *Matériaux Science and Engineering*.
<doi : 10.1016/jjmsea.2006.10.208>

SCIARA G., DELL'ISOLA F., COUSSY O.

² Les articles en lignes référencés sur le système DOI (Digital Object Identifier) sont connectables au préalable sur <http://dx.doi.org>

"Second gradient poromechanics". *Int. Journal of Solids and Structures*, vol. 44, n° 20, pp. 6607-6629, 2007
<doi : 10.1016/j.ijsolstr. 2007.03.003>.

TABUTEAU H., BAUDEZ J.-C., CHATEAU X., COUSSOT P.

"Flow of a yield stress fluid over a rotating surface". *Rheologica Acta*, 2007, vol. 46, pp. 341-355
<doi 10.1007/s00397-006-0125-z>

WONG H., LEO C.-J., PEREIRA J.-M., DUBUJET P.-H.

"Sedimentation-consolidation of a double porosity material". *Computers and Geotechnics*
<doi :10.1016/j.compgeo.2006.12.001>

Articles à paraître

ANFOSSO-LEDEE F., DANGLA P., BERENGIER M.

"Sound propagation above a porous road surface with extended reaction by boundary element method". *Journal of the Acoustical Society of America*, 2007

DELAGE P., CUI Y.-J.

- "A novel filtration system for polyethylene glycol solutions used in the osmotic method of controlling suction". *Canadian Geotechnical Journal*
- "An evaluation of the osmotic method of controlling suction". *Geomechanics and Geoengineering: an International Journal*

ERLICHER S., BURSI O.

"Bouc-Wen-type models with stiffness degradation: thermodynamic analysis and applications". *Journal of Engineering Mechanics ASCE*

FALL A., HUANG N., BERTRAND F., OVARLEZ G., BONN D.

"Shear-thickening of cornstarch suspensions as a re-entrant jamming transition". *Physical Review Letters*, 2007

FERBER V., AURIOL J.-C., CUI Y.-J., MAGNAN J.-P.

"On the wetting-induced volume changes of compacted clays and low plasticity soils". *Canadian Geotechnical Journal*

FRANK R., POUGET P.

"Experimental pile subjected to long duration thrusts due to a moving slope". *Géotechnique*

GATMIRI B., ARSON C.

"Seismic site effects by an optimized 2D BE/FE method II. Quantification of site effects in two-dimensional sedimentary valleys". *International Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering*

GATMIRI B., ARSON C., NGUYEN K.-V.

"Seismic site effects by an optimized 2D BE/FE method I. Theory, numerical optimization and application to topographical irregularities". *International Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering*

GATMIRI B., ESLAMI H.

"Wave Scattering in Cross-Anisotropic Porous Media around the cavities and inclusions". *International Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering*

KAMALIAN M., GATMIRI B., JIRYAEI SHARAH M.

"Time Domain 3D Fundamental Solutions for Saturated Porelastic Media with Incompressible Constituents". *International Journal of Communications in Numerical Methods in Engineering*

GHABEZLOO S., SULEM J.

"Stress dependent thermal pressurization of a fluid-saturated rock". *Rock Mechanics and Rock Engineering*

HICKMAN R.-J., GUTIERREZ M.-S., GENNARO DE V., DELAGE P.

"Modeling of pore fluid-rock interaction as a weathering process". *Int. J. Num. Anal. Meth. Geomech*

JARNY S., ROUSSEL N., LE ROY R., COUSSOT P.

"Thixotropic behavior of fresh cement pastes from inclined plane flow measurements". *Cement and Concrete Research*, 2007, vol. 18

JEFFERIES M., DELAGE P., COTECCHIA F.

"Soil Behaviour: a contribution to the 60th anniversary of *Géotechnique*". *Géotechnique*

JELLALI B., BOUASSIDA M., DE BUHAN P.

"A homogenization approach to estimate the ultimate bearing capacity of a stone column reinforced foundation". *Int. J. Geotech. Eng.*, 2007

KARRECH A., SEIBI A., PERVEZ T.
"Damping effect on mechanical waves in an elastic solid expanded tubular". *Journal of Pressure Vessels Technology (PVT-06-1078)*, 2007, ASME Transaction

LOIS G., LEMAITRE A., CARLSON J.
"Momentum transport in granular flows". *Computers Mathematics with Applications*, 2007

MONTASSAR S., DE BUHAN P., PECKER A.
"A new numerical approach to the design of foundation piles in laterally spreading liquefied soils". *Int. J. Computer Applications in Technology*, 2007

G. PETRE, K. TCHINYAMA, M.-S. VAERENBERGH, A. AZOUNI
"Determination of non-equilibrium surface tension gradients in Marangoni thermal flows; application to aqueous solution to fatty alcohols". *Fluid Dynamics & Material Processing*, 2007

PICHLER B., DORMIEUX L.
"Cohesive zone size of microcracks in brittle materials". *European Journal of Mechanics - A/Solids*, 2007

RAGOUILLIAUX A., OVARLEZ G., SHAHIDZADEH-BONN N., HERZHAFT B., PALERMO T., COUSSOT P.
"Transition from a simple yield stress fluid to a thixotropic material". *Physical Review E*, 2007

ROGNON P., ROUX J.-N., NAAÏM M., CHEVOIR F.
"Dense flows of cohesive granular materials". *Journal of Fluid Mechanics*, 2007

ROUSSEL N., STAQUET S., D'ALOIA L., LE ROY R., TOUTLEMONDE F.
"SCC casting prediction for the realization of prototype VHPC-precambered composite beams". *Materials and Structures (RILEM)*, 2007

SAADA Z., GARNIER D., MAGHOUS S.

"Bearing capacity of shallow foundations on rocks obeying a modified Hoek-Brown failure criterion". *Computers and Geotechnics*, 2007

TANG A.M., CUI Y.-J., BARNEL N.
"Thermo-mechanical behaviour of a compacted swelling clay". *Géotechnique*

Tang A.-M., Cui Y.-J., Le T.-T.
"A study on the thermal conductivity of compacted bentonites". *Applied Clay Sciences*

TCHAMBA J.-C., AMZIANE S., OVARLEZ G., ROUSSEL N.
"Lateral stress exerted by fresh fluid concrete on formwork: laboratory experiments". *Cement and Concrete Research*

Autres articles

BAROGHEL-BOUNY V., THIERRY M., BARBERON F., COUSSY O., VILLAIN G.
"Assessment of transport properties of cementitious materials: a major challenge as regards durability?". *Revue Européenne de Génie Civil*, 2007, vol. 11 n°7-8, pp. 671-696

CANOU J., CHEVOIR F., CORFDIR A., DUHAMEL D., DUPLA J.-C., ROUX J.-N.
"Comportement mécanique des matériaux granulaires : apport des simulations numériques discrètes". *Dossier Recherche de l'École des ponts*, 2007, n°9

CHEVALLIER D.
"Dynamics from eulerian and lagrangian points of view Continuation : non transitive actions of groups." *Recherches sur les problèmes de stabilité et de stabilisation du mouvement* ». Académie des Sciences de Russie, Centre de Calcul, Moscou, 2007, Vol. I, pp. 19-70

DESCANTES Y., ROPERT C., TOCQUER L., GAULARD F., CHEVOIR F.
"Étude comparative des écoulements granulaires sur plan incliné et à l'angulomètre AG20". *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, avril – juin 2007, n° 267

FABBRI A., COUSSY O., FEN-CHONG T.

"Permeability influence on concrete specimen frost behaviour". *Revue Européenne de Génie-Civil*, 2007, vol. 11, n° 7-8, pp. 751-761

FRANK R.

- "Design of pile foundations following Eurocode 7". *Journal Development of Urban Areas and Geotechnical Engineering, NPO Georeconstruction-Fundamentproject, St. Petersburg, April 2007*, vol. 11, pp. 119-130 (in Russian - P. Франк. Проектирование свайных фундаментов в соответствии с Еврокодом 7, Журнал « Развитие городов и геотехническое строительство », n°11, апрель 2007 г. с. 119-130, Санкт-Петербург, Издатель – НПО «Геореконструкция-Фундаментпроект»).
- *General Presentation of Eurocode 7 on Geotechnical Design. Journal Engineering and Construction Technique, July - August 2007*, vol. 63, n° 7-8, special geotechnical issue, 5 pages (in Polish – "Eurokod 7 Projektowanie geotechniczne" - prezentacja zalozen, Journal: Inzynieria i Budownictwo)

FRANK R., SCHUPPENER B., VOGT N., WEIßENBACH A.

"Design approaches of Eurocode 7 for the verification of ultimate limit states in geotechnical design in France and Germany". *Revue Européenne de Génie Civil*, mai 2007, vol. 11, n° 5, pp. 621-641

GATMIRI B., ESLAMI H.

"Scattering of Harmonic Waves by a Circular Cavity in a Porous Medium, Complex Function Theory Approach". *International Journal of Geomechanics*, vol. 7, n° 5, pp. 371-382

GAY G., AZOUNI A.

"Concentration of soluble and non-soluble zinc-based impurities by unidirectional freezing: basis for a method of sludges treatment". *Environ. Sci. Technol.*, vol. 41, pp. 5466-5470

KAMALIAN M., GATMIRI B., SOHRABI-BIDAR A., RAZMKHAH A.

"Wave propagation in linear bi-dimensional media by hybrid method (BEM/FEM) in time domain". *Journal of University of Amirkabir, Iran*, vol. 17, n° C- 64, pp. 1-11

NGUYEN T.-L.-H., ROUSSEL N., COUSSOT P.

"Prédiction de la capacité d'un béton frais à remplir un coffrage". *Revue Européenne de Génie Civil*, 2007, vol. 11, pp. 463-475

NGUYEN V.-H., NEDJAR B., TORRENTI J.-M.

"Modélisation de la lixiviation des matériaux cimentaires - Méthode d'homogénéisation avec une approche asymptotique à double échelle". *Revue Européenne de Génie Civil*, 2007, vol. 11, pp. 813-825

SCHMITTBUHL J., CHAMBON G., CORFDIR A., MESSEN Y.

"Slip-Rate and State friction law in a thick gouge friction experiment". *Geophysical Research Abstracts*, vol. 9, n° 10202, pp. 1

SULEM J.

"The role of clay in thermal pressurisation of fault during rapid slip". *Geophysical Research Abstracts*, vol. 9, n° 01627

À paraître**BAROGHEL-BOUNY V., THIERRY M., BARBERON F., COUSSY O., VILLAIN G.**

"Assessment of transport properties of cementitious materials: a major challenge as regards durability?". *Revue Européenne de Génie Civil*, 2007, vol. 11, n°7-8, pp. 671-696

BLATZ J., CUI Y.-J., OLDECOP L.

"Vapour equilibrium and osmotic technique for suction control". *Geotechnical and Geological Engineering, special issue on laboratory and field testing of unsaturated soils*

CARTIAUX F.-B., GELLE A., BUHAN DE P., HASSEN G.

"Modélisation multiphasique appliquée au calcul d'ouvrages en sols renforcés par inclusions rigides". *Revue Française de Géotechnique*, 2007

CUI Y.-J., LU Y.-F., GAO Y.-B.

"Modélisation des échanges à l'interface sol-atmosphère et simulation numérique des profils hydriques". Revue Française de Géotechnique

CUI Y.-J., ZORNBERG J.-G.

"Energy balance and evapotranspiration measurement". *Geotechnical and Geological Engineering, special issue on laboratory and field testing of unsaturated soils.*

DELAGE P., ROMERO E.

"Geoenvironmental testing". *Geological and Geotechnical Engineering, special issue on laboratory and field testing of unsaturated soils*

GATMIRI B.

"Thermo-poro-mécanique des milieux multiphasiques". Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées

MAALEJ Y., DORMIEUX L., DUPLA J.-C., CANOU J.

"Elastic properties of a grouted granular medium experiment and modelling". *International J. Material Product Technology*

ROGNON P., ROUX J.-N., NAAÏM M., CHEVOIR F.

"Écoulements granulaires bidisperses sur plan incliné". Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, juillet-août-septembre 2007, n° 268

ROUX J.-N., CHEVOIR F., TOUSSAINT F.

États de compacité maximale pour les mélanges binaires de grains sphériques : étude par simulation numérique. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, juillet - août - septembre 2007, n° 268

Ouvrages de recherche**Chateau X.**

Morphologie et comportement de milieux poreux non saturés : application au séchage, *in* Rapport de recherches Milieux poreux, collection ERLPC, 2007

Interactions mécaniques entre particules solides et interfaces capillaires, *in* Rapport de recherches Milieux poreux, collection ERLPC, 2007

Micromécanique des milieux granulaires humides, *in* Rapport de recherches Milieux poreux, collection ERLPC, 2007

DANGLA P.

Rapport de recherches Milieux poreux, collection ERLPC, 2007

DE BUHAN P.

Plasticité et calcul à la rupture. cours de l'École des ponts. Presses de l'ENPC, 263 p., 2007

FAURE P., CARÉ S.

IRM et méthodes classiques : Caractérisation de la microstructure des matériaux cimentaires. Etude du couplage hydratation et séchage, Rapport de recherches milieux poreux, collection ERLPC, 2007

FEN-CHONG T., FABBRI A., AZOUNI A., COUSSY O.

Caractérisation de pâtes de ciment en gel/dégel par une méthode capacitive, Rapport de recherches Milieux poreux, collection ERLPC, 2007

Chapitre d'ouvrage**CARÉ S., CHAUSSADENT T.**

Isothermes d'interaction chlorures / matrice cimentaires : méthodes de détermination. *In* : Document de synthèse du groupe de travail GranDuBé (Grandeurs associées à la durabilité des Bétons), Presse de l'École des ponts, pp. 158-170

FRITSCH A., DORMIEUX L., HELLMICH C., SANAHUJA J.

- *Experimentally validated micromechanics modelling of elasticity and strength of hydroxyapatite biomaterials and tissue engineering scaffolds.* *In*: A.-R. Boccaccini and J.-E. Gough, eds. 2007.

- *Tissue Engineering using ceramics and polymers, chapter 5.* Woodhead Publishing, Cambridge

Direction d'ouvrage ou de N° Spécial de revue**DELAGE P.**

Associated Guest Editor, Physics and Chemistry of the Earth, Special Issues on "Clay in natural and engineered barriers for radioactive waste

confinement” vol. 32, Issues 8-14 (2 vol.), Elsevier, 2007

Contrats de recherche académique obtenus

Équipe Imagerie par résonance magnétique

ANR PHYSEPAT (Programme Blanc), i.e. « Physique de l'extrusion des pâtes »

Partenaires : le LMSGC (P. Coussot) et l'INSA de Rennes (C. Lanos)
Étude de l'extrusion des pâtes minérales non transparentes avec une approche nouvelle s'appuyant essentiellement sur une visualisation des phénomènes à l'aide de l'IRM.

Équipe Rhéophysique

ANR LIQSOL

Coordination : Guillaume Ovarlez et
Description réussir à décrire des situations complexes de mise en œuvre de matériaux telles que celles rencontrées en génie civil.

Équipe Physique et mécanique des milieux poreux

ANR JCJC 2006 « Physique et mécanique de la cristallisation confinée en milieu poreux »

Prédiction du comportement physico-mécanique des géomatériaux soumis aux changements de phase (eau-glace, hydrates de méthane ou de dioxyde de carbone) en combinant expériences (RMN, IRM, MEB, etc.) et modélisation poromécanique multi-échelles.

Équipe Géotechnique

ANR ADD Sols agricoles

Compactage des sols agricoles
Coordination : les différentes stations INRA.
L'équipe géotechnique intervient pour l'expertise mécanique.

ANR SOLCYP

Sollicitations cycliques sur les pieux.

Coordination : FUGRO et l'équipe géotechnique.

Il s'agit de sollicitations à grands nombres de cycles (type sollicitations ferroviaires, éoliennes, ...).

ANR Belleplaine

Risque sismique et liquéfaction.

Coordination : BRGM.

Un site pilote en Guadeloupe est instrumenté et l'équipe géotechnique est chargée des mesures de surpression interstitielles indicatrices du risque de liquéfaction des sables.

ANR JETPHY

Contrôle du *jet-grouting*.

Coordination : Soletanche Bachy.

ANR ISIS

Coordination : IFREMER.

Il s'agit d'étudier les instabilités créées par les bulles de gaz dans les sols.

ANR Geocarbone CO₂

Stockage du CO₂ par géocarbonatation des bactéries dans les roches poreuses.

Coordination : IPG

ANR ARGIRC Sècheresse

Action sur la sécheresse – sols non saturés.

Coordination : BRGM.

L'équipe géotechnique intervient pour l'étude de l'interaction sol atmosphère.

Communications dans des colloques avec actes

ABDELKRIM M., DE BUHAN P.

Elastoplastic settlement analysis of a stone column-reinforced foundation. In: *XIV Eur. Conf. soil mech. geotech. eng.*, 24-27 septembre 2007, Madrid, Espagne

ALAOUI A., FÉRAILLE A., LE ROY R., DIMASSI A., DIVET L.

CONSEC'07. Experimental study of sulfoaluminate concrete based materials. In: *Fifth International Conference on Concrete under Severe Conditions Environment and Loadin*, 4-6th June, 2007, Tours, France

ALAOUI A., FÉRAILLE A., STECKMEYER A., LE ROY R.

New cements for sustainable development. In: *ICCC 2007*, 8-13 juillet 2007, Montréal, Canada

ANFOSSO-LEDÉE F., CESBRON J., YIN H., DUHAMEL D., LE HOUEDÉC D.

A simplified prediction of contact forces for tire-road noise modeling: theoretical and experimental approach *Inter-Noise August 28-31 2007, Istanbul, Turkey*

ARSON C., GATMIRI B.

- *Quantification of seismic site effects in two-dimensional irregular configurations.* In: *4th International Conference on earthquake geotechnical engineering*, 25-28 juin, Thessalonique, Grèce
- *Quantitative prediction of site effects in sedimentary valleys by an optimised 2D hybrid method.* In: *5th International Conference on seismology and earthquake engineering*, 13-16 mai, Téhéran
- *Quantitative prediction of 2D topographical and sedimentary site effects by an optimised hybrid numerical technique.* In: *7^e Colloque national de l'association française du génie para-sismique*, Paris

BÉRENGIER M., DUHAMEL D., GAVREAU B., DROSTE B., AUERBACH M.

A benchmark on analytical and numerical models for road traffic noise propagation. In: *19th international congress on acoustics, September 2-7th 2007, Madrid, Espagne*

BODGI J., ARGOUËL P., ERLICHER S.

- *Lateral vibration of footbridges under crowd-loading: continuous crowd modelling approach.* In: *Proc. DAMAS June 25-27th 2007, Turin, Italie*
- *Dynamic modelling of walking pedestrians on footbridges.* In: *EVACES'07*, 24-26 octobre 2007, Porto, Portugal

BONGUÉ-BOMA M., BROCATO M.

- *Soud propagation in liquids.* In: *14th International Conference on waves and stability in continuous media.* 30 juin-07 juillet 2007, Raguse, Italie
- *Configurational forces in a micro-cracked body.* In: *6th International*

Congress on industrial and applied mathematics, 16-20 juillet 2007, Zurich, Suisse

- *A continuum model with microstructure for liquids with vapour bubbles.* In: *11th International symposium on continuum models and discrete systems, CMDS11*, 30 juillet-03 août 2007 Paris, France
- *Mathematical modeling mechanics and materials*, 17-21 mars 2007, Bressanone, Italie

BOURGEOIS E., CORFDIR A.

Prise en compte de la longueur finie d'une excavation dans un calcul 2D. Proc. In: *XIV Congrès européen de mécanique des sols et de la géotechnique*, Cuéllar et al. (eds), Millpress, Madrid, septembre 2007

BOURGUIGNON E., BERTRAND F., MOREAU C., COUSSOT P., SHAHIDZADEH-BONN N.

MRI study of desalination of model porous materials by poulticing. In: *Salt damage congress*, 9-11th May 2007 Ghent, Belgium

BOURGUIGNON E., BERTRAND F., COUSSOT P., SHAHIDZADEH-BONN N.

Étude IRM du désalement de milieux poreux modèles par compresse. In: *Journées d'études sur les milieux poreux (JEMP)*, 24-27 octobre 2007, Lyon, France

CERAVOLO R., DEMARIE G.-V., ERLICHER S.

- *Nonlinear identification of MDOF systems with hysteresis from seismic response data SMSST'07*, 20-25 mai 2007, Chongqing, Chine
- *Instantaneous identification of bouc wen-type hystereric systems from seismic response data, proc. DAMAS*, Turin, Italie, 25-27th June 2007

CHATAIGNER S., CARON J.-F., AUBAGNAC C.

Conception et dimensionnement d'un ancrage de hauban plat en composite. In: *15^e JNC*, Marseille, France, 06-08 juin 2007, , pp 1169-1176

CHATEAU X., KIEN L.-T.

- *Suspension de particules dans un fluide à euil : approche micromécanique.* In: *18^e Congrès*

français de mécanique, septembre 2007, Grenoble, France

- *Nonlinear homogenization approach to the rheological behavior of a suspension of particles in a yield stress fluid.* In: *International conference NA-EMT2006, Institute of Applied Mechanics*, décembre 2007, Hochiminh City, Vietnam

CHATEAU X., DORMIEUX L.

Micromechanical approach to the behavior of unsaturated porous media In J.H Yin, X.S Li, A.T Yeung, C.S Desai, editors, *Constitutive Modelling - Development, Implementation, Evaluation, and Application*. Hong Kong, China: *Advanced Technovation Limited*, January, 2007, pp. 440-446

CHATEAU X., KIEN L.-T., MAHAUT F., OVARLEZ G.

Suspensions of noncolloidal particles in yield stress fluids: micromechanical and experimental approaches. In: *6th International conference on multiphase flow, ICMF* juillet 2007, Leipzig, Germany,

CHEVALLIER D.

Poincaré-Chetayev Equations and Geometry of Fiber Bundles. In: *6th International symposium on classical and celestial mechanics*, 1^{er}-6 août 2007, Velikie Luky, Russie

CHEVOIR F. (conférence plénière invitée), **ROUX J.-N., DA CRUZ F., ROGNON P., KOVAL JR G.**

Loi de frottement dans les écoulements granulaires denses. Actes du Colloque Science et technologie des poudres, CD Rom, mai 2007, Albi

CHEVOIR F., GAULARD F., ROUSSEL N.

Flow and jamming of granular mixtures through obstacles. Actes de la conférence *Traffic and Granular Flow*, juin 2007, Orsay

COLAS A.-S., MOREL J.-C., GARNIER D.

Yield design modelling of dry-stone masonry retaining walls – Comparisons with analytical, numerical and experimental data. *STREMAH*, juillet 2007, Prague

COUSSOT P.

The mechanics of yield stress fluids: specificities and open questions.

In: *16th Australasian Fluid mechanics Conference, gold coast, 2007, December;* (conférence plénière invitée)

CORDIR A.

Champs de pression approchés par défaut pour un écoulement permanent à surface libre dans un milieu poreux. In : *18^e Congrès Français de Mécanique*. Grenoble, 27-31 août 2007, CD de comptes-rendus

CUI Y.-J., DELAGE P., LU Y.-F.

Simulation of the variations of water content and temperature due to ground – atmosphere exchanges. Proc. XIV^e Congrès européen de mécanique des sols et de la géotechnique, Cuéllar et al. (eds), Millpress, Madrid, septembre 2007. Vol. 3, pp. 1619-1623

DALLOT J., SAB K.

- Analyse limite de plaques multicouches : modèle de Love-Kirchoff homogénéisé. In : *15^e JNC – pp. 57-64*, 6-8 juin 2007, Marseille, France

- Analyse limite de plaques multicouches : effet de cisaillement. In : *15^e JNC – pp. 1053-1060*, 6-8 juin 2007, Marseille, France

DALLOT J., SAB K., BERG D.

Overall yield strength domain of oaut of plane leadet brick masonry: Comparison of homogenization theory predictions to experimental results. In: *MHM 07*, 25-27 juin 2007, Prague, République Tchèque

DAL-PONT S., EHRLACHER A.

International conference on concrete structures under severe conditions environment and loading. In: *CONSEC'07*, 4-6 juin 2007, Tours, France

DELAGE P., CUI Y.-J.

Microstructure effects on the hydration and water transport in compacted bentonites. In : *Proc 3rd Asian Conf. on Unsaturated Soils*, 85-96, Yin, Yuan and Chiu eds, Nanjing, Beijing : Science Press

DELAGE P.

Microstructure features in the behaviour of engineered barriers for nuclear waste disposal. In: *International conference on experimental unsaturated soil mechanics*, weimar. Springer

Proceedings Physics 112, Experimental Unsaturated Soil Mechanics, T. Schanz (ed.), mars 2007, pp. 11-32

DE BUHAN P., BOURGEOIS E., HASSEN G.

Multiphase model as an improved homogenization procedure for the design of bolt-supported tunnels. In: Invited lecture, EURO : TUN 2007, 27-29 août 2007, Vienne

DE GENNARO V., FRANK R., SAID I.

Numerical modelling of deep foundations by the finite element method. In : Proc. XIV^e Congrès européen de mécanique des sols et de la géotechnique. Cuéllar et al. (eds), Madrid : Millpress, septembre 2007. vol. 2, pp. 965-970

DOUTHE C.

Gridshell en composites : vers des couvertures de grandes portées. In : 25^e Rencontres de l'AUGC (Association universitaire de génie civil), Finaliste du Concours Jeune chercheur (Prix René Houpert), Bordeaux, France, 22-28 mai 2007

DOUTHE C., BAVEREL O., CARON J.-F.

- *Gridshell en composites : vers des couvertures de grandes portées. In : 15^e JNC, 6-8 juin 2007, Marseille, France, pp. 1137-1144*

- *Gridshell in composite materials, toward wide span shelters. In : IASS Symposium, 3-6 décembre 2007, Venise, Italie*

DUONG V.-H., FORET G., CARON J.-F.

Vibration libre des plaques composites épaisses et des structures sandwichs. In : 15^e JNC, 6-8 juin 2007, Marseille, France, pp. 633-640

ERLICHER S.

Thermodynamic properties of bouc-wen models with stiffness degradation. In: ANIDIS'07, June 1st-13th 2007, Pise, Italie

ERLICHER S., BURSI O. S., POINT N.

Thermodynamic analysis and application of bouc-wen models endowed with stiffness degradation. In: COMPDYN'07 Rethymno, 13-16th June 2007, Crète, Grèce

FABBRI A., FEN-CHONG T., COUSSY O.

Physico-mechanics of a cement based structure submitted to freezing-thawing without deicing salts. In: CONSEC'07, Concrete under severe conditions: Environment & Loading, 04-06 juin 2007, Tours, France

FABBRI A., FEN-CHONG T., COUSSY O., AZOUNI A.

- *Frost behaviour of a cement structure. In: 12th International congress on the chemistry of cement, 8-13 juillet 2007, Montréal, Canada*

- *Comportement au gel-dégel d'une structure en ciment. In : 18^e Congrès français de mécanique, 27-31 août 2007, Grenoble, France*

FÉRAILLE A., ALAOUI A., STECKMEYER A., LE ROY R.

New cements for sustainable development. In: ICCC 2007, 8-13 juillet 2007, Montréal, Canada

FRANK R.

Basic principles of Eurocode 7 on geotechnical design. Proc. 18th European young geotechnical engineers' Conference (XVIII EYGEC), 17-20th June 2007, Portonovo, Ancona, CD ROM 18 EYGEC, File: \Lectures\frank.pdf, 15 p

GARNIER D., BARAKÉ M.

Stabilité d'ouvrages de géotechnique en présence d'écoulements. In : XIVth European conference on soil mechanics and geotechnical engineering, September 2007, Madrid, Spain

GATMIRI B.

- *HYBRID a powerful Boundary Element-Finite Element Method (BEM/FEM) software for analysis of seismic response of multiphase porous media. In: ICCES'07, January, Miami, Florida, pp. 1567-1573*

- *Recent advances in numerical method in geotechnical earthquake engineering, keynote lecture. In: 5th International Conference on Seismology and Earthquake Engineering, 13-16th may, Tehran, Iran*

GATMIRI B., HAJIMOHAMADI A.

- *Parametric study of Seismic local site effect. In: 4th International Conference on Earthquake*

Geotechnical Engineering, 25-28 juin, Thessalonique, Grèce

- *Parametric study of Seismic local site effect*. In: 5th International Conference on seismology and Earthquake Engineering, 13-16th may Tehran, Iran

GATMIRI B., MIRLATIFI A., ALEMZADEH A.

Liquefaction hazard assessment and GIS-based zoning of south-east region of Iran. In: 4th International Conference on Earthquake Geotechnical engineering, 25-28 juin, Thessalonique, Grèce

GATMIRI B., DEGHAN K., FRANK R.

Backtracking algorithm in time integration in transient BEM/FEM analysis by HYBRID code. In: VIIIth International Conference on Boundary Element Techniques, 24-26th July 2007, Naples, Italy, pp.83-93

GATMIRI B., NGUYEN K.-V.

Topographic irregularities and geomaterial properties effects on the seismic response of sites. Proc. XIV Congrès européen de mécanique des sols et de la géotechnique, Cuéllar et al. (eds), Millpress, Madrid, septembre 2007

GHABEZLOO S., SULEM J.

Pressurisation thermique d'une roche saturée. In : 18^e Congrès Français de Mécanique, 27-31 août, Grenoble, sous presse

GILABERT F., CASTELLANOS A., ROUX J.-N.

- *Model cohesive powders: assembling process and plastic consolidation*. Proceedings of the 18th Engineering mechanics division Conference of the ASCE, 2007, Blacksburg Virginia, USA
- *Assembling process and plastic consolidation of model cohesive powders*. Actes du 18^e Congrès Français de Mécanique (CDROM publié par l'AFM), 2007, Grenoble

HASSEN G., DE BUHAN P., PECKER A.

A numerical tool for the design of slope stabilization systems using rigid inclusions. In: 4th Int. Conf. on Earthquake Geotechnical Engineering, 25-28 juin 2007, Thessalonique

HASSEN G., DE BUHAN P.

A model for the design of soil structures reinforced by rigid inclusions. XIV Eur. Conf. Soil Mech. Geotech. Eng., 24-27 septembre 2007, Madrid, Espagne

JULICH S., CARON J.-F., BAVAREL O.

Contrôle de forme d'une passerelle composite adaptative. In : 15^e JNC, 06-08 juin 2007, Marseille, France, pp. 1153-11160

KARAM J.-P., CUI Y.-J., TERPEREAU J.-M., MARCHADIER G.

- *Determining a profile of shear wave velocity using laboratory measurements: application to the scale effect*. In: 4th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, 25-28 juin, Thessalonique, Grèce, CD proceedings, ID 1642.

- *Determining a profile of shear wave velocity using laboratory measurements: application to the scale effect*. CD proceedings, ID 1642. Proc. 11th Congress of the Int. Society Rock Mechanics, July 2007, Lisbon, Portugal: Ribeiro e Sousa, Olalla & Grossmann (eds), Taylor & Francis Group, London ISBN 978-0-415-45084-3

- *Détermination de la vitesse des ondes de cisaillement à partir d'essais d'identification au laboratoire*. Proc. XIV Congrès Européen de Mécanique des Sols et de la Géotechnique, Cuéllar et al. (eds), Millpress, Madrid, septembre 2007. vol. 3, pp. 1771-1775

LEGOLL F., LE BRIS C.

- *Symplectic integrators for highly oscillatory Hamiltonian systems: some, examples Multipletime scale problems and foundation of Molecular Dynamics workshop*. 25-28 mai 2007, Princeton, USA

- *Symplectic integrators for highly oscillatory Hamiltonian systems* SciCade conférence, St Malo, (FRANCE), 8-13 juillet 2007

- *Integrators for highly oscillatory Hamiltonian systems: an homogenization approach IMA summer programme on classical and quantum approaches in molecular modeling*. 23 juillet-3 août 2007, Minneapolis, (États-Unis)

LEGOLL F., BLANC X., LEBRIS C.

Problèmes multi-échelles dans les solides cristallins : étude d'un cas simple. In : 8^e Colloque National en Calcul des Structures, 21-23 mai 2007, Giens, France

LEGOLL F., BLANC X., LE BRIS C., PATZ C.

Coarse-graining the free energy of atomistic systems : a simple case. In: *Second atomistic to continuum coupling methods workshop*, 31 mars – 04 avril 2007, Austin, USA

LEGOLL F., CANCÈS E., LELIÈVRE T., STOLTZ G.

Sampling the canonical measure: some numerical comparisons SciCade conférence. 8-13 juillet 2007, S^t Malo, France

LE T.-T., CUI Y.-J., DELAGE P.

Creep behaviour in thermal and mechanical consolidation tests on Boom clay. Proc. 11th Congress of the Int. Society Rock Mechanics, July 2007 Lisbon, Portugal: Ribeiro e Sousa, Olalla & Grossmann (eds), Taylor & Francis Group, London
ISBN 978-0-415-45084-3

MAALEJ Y., DUPLA J.-C., CANOU J., DORMIEUX L.

Caractéristiques de déformabilité d'un sable injecté par un coulis de micro ciment. Proc. XIV^e Congrès européen de mécanique des sols et de la géotechnique, septembre 2007, Madrid : Cuéllar *et al.* (eds), Millpress

MAHAUT F., OVARLEZ G., COUSSOT P.

Suspension de particules dans un fluide à seuil : approche expérimentale. In : Congrès Français de Mécanique, août 2007

MAGAT J., CARE S., FAURE P., CHAUSSADENT T.

Comparison between NMR non destructive method and common invasive methods used for concrete structuration evolution. In : 12th International Congress on the Chemistry of Cement, 8-13 juillet 2007, Montréal, ICC12

MESSEN Y.-H., KARAM J.-P., CUI Y.-J., TERPEREAU J.-M., MARCHADIER G.

- Corrélations entre la résistance à la pénétration des essais *in situ* et la vitesse d'onde de cisaillement. Application aux lœss rencontrés sur la LGV Nord. In : 7^e Colloque national AFPS, juin 2007, École centrale de Paris, CD de comptes-rendus, A142

- Utilisation du Dilatomètre de Marchetti DMT pour l'étude de la stabilité des lœss sur la LGV Nord: application à l'évaluation du potentiel de liquéfaction. In : 7^e Colloque national AFPS, juin 2007, École centrale de Paris, CD de comptes-rendus, A049

NGUYEN H.-H., DUHAMEL D., ERLICHER S.

Approche numérique pour les structures périodiques : application au comportement vibratoire d'un pneumatique. In : 18^e Congrès français de Mécanique, 27-31 juillet 2007, Grenoble, France

NGUYEN T.-Q., DANGLA P., BAROGHEL-BOUNY V.

- *An approach for the physicochemical modelling of chloride ingress into cementitious materials.* In: 12th International Congress on the chemistry of cement, 8-13th July 2007, Montreal, Canada

- *A physical model for estimating the coupled transport of moisture and chloride ions in concrete, CONSEC'07.* In: *Fifth International Conference on Concrete under Severe Conditions Environment and Loading*, 4-6th June 2007, Tours, France

ORR T.-L.-L., BERGDAHL U., FRANK R., SCARPELLI G., SIMPSON B.

Evaluation of Eurocode 7. Proc. XIV Congrès Européen de Mécanique des Sols et de la Géotechnique, septembre 2007, Madrid : Cuéllar *et al.* (eds), Millpress

OVARLEZ G., ROUSSEL N.

Influence of the state of shear during rest. In : 5th International RILEM Symposium on Self-compacting Concrete SCC, sept. 2007, Gand, Belgique

OVARLEZ G., ROUSSEL N., COUSSOT P.

Liquid/solid transition and aging of thixotropic materials: temperature and concentration dependence – Application to concrete mix-design. In: 42^e Congrès du groupe Français de Rhéologie, 2007, Clermont-Ferrand

PEREIRA J.-M., WONG H., DUBUJET P.-H.

A refined theoretical model extended to unsaturated soils: formulation and implementation into a coupled hydro-mechanical finite element code. Proc. International Workshop on constitutive modelling–development, implementation, evaluation and application. 12-13th January 2007, Hong Kong, China

PETKOVIC-LAMY J., NGUYEN T.-Q., DANGLA P., FEN-CHONG T., MOUCHERONT P., RODTS S., AZOUNI A.

Une étude par RMN de l'humidité et des ions pendant les transformations de phase dans les matériaux poreux. In : 32^e Journées scientifiques GFHN 2007. De la particule au milieu poreux : formation, évolution et transferts, 21-22 novembre 2007, Nantes, France

PETKOVIC-LAMY J., FEN-CHONG T., RODTS S., MOUCHERONT P., AZOUNI A.

NMR Investigations of freezing-thawing phenomena in porous materials: a new method in LMSGC. In: JEMP, 24-25 octobre 2007, Lyon, France

PRIOL G., DE GENNARO V., DELAGE P., SERVANT T.

Experimental investigation on the time dependent behaviour of a multiphase chalk. In: International Conference on experimental unsaturated soil mechanics, mars 2007, Weimar: Springer proceedings physics 112, T. Schanz (ed.), pp. 161-167

QUIERTANT M., BAROGHEL BOUNY V., BOUTELLER V., CARE S., CHAUSSADENT T., TOUTLEMONDE F.

Une revue de certaines techniques de vieillissement accéléré mises en œuvre au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Journées annuelles de la SF2M, Saint Étienne 30-31 mai-1^{er} juin 2007

RAGOUILLIAUX A., OVARLEZ G., HERZHAFT B., COUSSOT P.

Transition entre un fluide à seuil simple et un matériau thixotrope. In : 42^e congrès du groupe français de Rhéologie, Clermont-Ferrand

RODTS S., PETKOVIC-LAMY J., BICHON S., MOUCHERONT P., FEN-CHONG T., AZOUNI A.

Couplages entre transitions de phases et poromécanique dans les milieux poreux : instrumentation IRM. In : Rencontre de physique statistique, 25-26 janvier 2007, Paris, France

ROGNON P. G., CHEVOIR F., ROUX J.-N., NAAÏM M.

- Écoulements granulaires bidisperses sur plan incliné. Actes du 18^e Congrès français de Mécanique (CDROM publié par l'AFM), 2007, Grenoble
- *Behavior of model cohesive granular materials in the dense flow regime.* Actes du 18^e Congrès français de mécanique (CDROM publié par l'AFM), 2007, Grenoble

ROGNON P., BELLOT H., OUSSET F., CHEVOIR F., NAAÏM M., COUSSOT P.

Propriétés des écoulements denses de neige. Actes du 18^e Congrès français de Mécanique 2007, Grenoble. CDROM publié par l'AFM

ROUSSEL N., OVARLEZ G., COUSSOT P.

Thixotropie des bétons modernes : modélisation et application. In : 42^e Congrès du groupe français de Rhéologie, Clermont-Ferrand

ROUX J.-N., EMAM S., CANOU J., DUPLA J.-C., SHARIFIPOUR M., DANO C.

Model cohesive powders: assembling process and plastic consolidation. In: Proceedings of the 18th Engineering Mechanics Division conference of the ASCE, Blacksburg Virginia, U.S.A

ROUX J.-N., EMAM S., SHARIFIPOUR M., DANO C.

Géométrie et propriétés élastiques des matériaux granulaires. Actes du 18^e Congrès français de Mécanique 2007, Grenoble, CDROM publié par l'AFM

SAB K.

Mechanical properties of cellular materials. In: IUTAM 17-21 septembre 2007, Cachan, France

SAB K., NEDJAR B.

Représentative volume element size for random elastic composites: the correlation function method. In: 11th International Symposium on Continuum Models and Discrete Systems, CMDS11, 30 juillet-03 août 2007, Paris, France

SCHMITTBUHL J., CHAMBON G., CORFDIR A., MESSIN Y.

Slip-Rate and state friction law in a thick gouge friction experiment. In: European geosciences union general assembly 2007. 15-20 avril, Vienne, Autriche: *Geophysical research abstracts*, vol. 9, 10202, 1 p.

SHAHIDZADEH-BONN N., RAFAI S., WEGDAM G.

- *Salt crystallization during evaporation : effect of wetting, Sald damage congress*, Ghent, (Belgium), 2007, 9-11th May
- *Effect of wetting on crystallization pattern of saturated salt solutions during drying*
- 81st ACS Colloid and Surface Science Symposium, 24-27th June 2007, Delaware, U.S.A

SHAHIDZADEH-BONN N., RAFAI S., BONN D., WEGDAM G.

Crystallisation de sel dans les milieux poreux pendant l'évaporation. In : Journées d'études sur les milieux poreux (JEMP), 24-27 octobre 2007, Lyon, France

SOIZE C., CHEN C., DURAND J.-F., DUHAMEL D., GAGLIOARDINI L.

Computational elastoacoustics of uncertain complex systems and experimental validation ECCOMAS. In: *Thematic conference computational methods in structural on dynamics and earthquake engineering*, 13-16th June Rethymno, Crète, Grèce

STEFANOU I., SULEM J., VARDOULAKIS I.

- *Three - Dimensional Continuum Modelling of Masonry Structures - Application to the SE/E Corner of the Acropolis wall of Athens.* Proc. 11th Congress of the Int. Society Rock Mechanics, July 2007, Lisbon, Portugal: Ribeiro e Sousa, Olalla &

Grossmann (eds), Taylor & Francis Group, London. Vol. 1, pp. 503-508 ISBN 978-0-415-45084-3

- *Three - Dimensional continuum modelling of masonry structures - Application to the SE/E Corner of the acropolis wall of Athens.* Vol. 1, pp. 503-508. Proc. XIV^e Congrès européen de mécanique des sols et de la géotechnique, septembre 2007, Madrid : Cuéllar et al. (eds), Millpress

SULEM J.

The role of clay in thermal pressurisation of fault during rapid slip. European geosciences union general assembly. 15-20 avril 2007, Vienne, Autriche : *Geophysical research abstracts*, vol. 9, 01627

TANG A.-M., CUI Y.-J.

Experimental evidences on the thermo-hydro-mechanical behaviour of compacted MX80 clay. Geotechnical special publication, n° 157, *Proceedings of the sessions of Geo-Denver 2007 Congress: Computer Applications in Geotechnical Engineering (GSP 157)*

TANG A.-M., CUI Y.-J., ESLAMI J., DEFOSSEZ P.

Compaction properties of agricultural soils. In: *International Conference on experimental unsaturated soil mechanics, mars 2007, Weimar : Springer proceedings physics 112, Experimental Unsaturated Soil Mechanics, T. Schanz (ed.), pp. 475-482*

TAVALLALI A., TANG A.-M., CUI Y.-J.

Thermo-Hydro-Mechanical behaviour of compacted bentonite. In: *International Conference on experimental unsaturated soil mechanics, mars 2007, Weimar : Springer proceedings physics 112, Experimental unsaturated soil mechanics, T. Schanz (ed.), pp. 259-265*

THAI SON Q., HASSEN G., DE BUHAN P.

Modélisation multiphasique appliquée à l'analyse de stabilité d'ouvrages en sols renforcés avec prise en compte d'une condition d'adhérence sol-armatures. In : 18^e Congrès français de Mécanique, 27-31 août 2007, Grenoble

VEVEAKIS E., VARDOULAKIS I., SULEM J.

Thermally driven accelerated creep of shallow faults. In: *European geosciences union general Assembly.* 15-20 avril 2007, Vienne, Autriche : *Geophysical research abstracts*, vol. 9, 06715

numerical technique. In : 7^e Colloque national de l'Association française du génie para-sismique, Paris

- *A general review of the damage models for the EDZ creation.* In: *3rd International Meeting on Clays in natural and engineered barriers for radioactive waste confinement*, Lille

ANIMATION DE REVUES**Animation de réseaux internationaux****FRANK R.**

Vice-Président pour l'Europe de la Société internationale de mécanique de sols et de géotechnique (SIMSG)

CHATAIGNER S., AUBAGNAC C., QUIERTANT M.

Caractérisation des procédés de renforcement par composites collés – Essai de cisaillement du LRPC d'Autun, Présentation de l'essai. In : Groupe de travail de l'AFGC, 15 mars 2007, Autun, France

CHATAIGNER S., CARON J. F., AUBAGNAC C., QUIERTANT Q., BENZARTIR K.

Essai de cisaillement sur composites collés. In : Journées ouvrages d'arts du LCPC, 26-28 septembre 2007, Nancy, France

PRIX / DISTINCTIONS**DOUTHE C., BAVEREL O., CARON J.-F.**

Gridshell in composite materials, toward wide span shelters HANGAI PRIZE, décerné par l'IASS « Meilleures communications de l'année de jeunes chercheurs », novembre 2007

CHEVALLIER D.

Dynamique et fibrés géométrie des fibrés principaux. In : Colloque international de théories variationnelles, 19-23 août 2007, le Mont Dore

ROGNON P.

Mention spéciale du prix de thèse de l'École des ponts.
LMSGC et CEMAGREF Grenoble
Conseiller d'études : F. Chevoir,
Directeur de thèse : P. Coussot

CHEVOIR F., ROUX J.-N. GDR CHANT

Équations cinétiques et hyperboliques : aspects numériques, théoriques et de modélisation. In : Journées « modèles et méthodes numériques pour les milieux granulaires » Le comportement mécanique des matériaux granulaires denses non cohésifs et ses origines microscopiques, 19-21 novembre 2007, École des ponts

ROUSSEL N., OVARLEZ G., COUSSOT P.

Prix de La Recherche, mention « Mobilité durable » pour le travail intitulé « La pierre liquide – Des puits de potentiel au chantier »

DE GENNARO V.

Creep in chalk CREBS II Workshop. 19 septembre, Pise, Italie

CONGRÈS, COLLOQUES, CONFÉRENCES**Communications dans des colloques****DE GENNARO V., MENEZ B., TAMAGNINI R., DUPRAZ S.**

Structuration effects of CO² biomineralization in carbonate rocks In: *ALERT Geomaterials Workshop, 8-10th October*, Aussois

ARSON C., GATMIRI B.

- *Quantitative prediction of 2D topographical and sedimentary site effects by an optimised hybrid*

DE GENNARO V., PEREIRA J.-M., GUTIERREZ M.

Modelling time dependent processes in partially saturated geomaterials (presentation orale). In: *ALERT*

Geomaterials Workshop, 8-10th October
Aussois

FERBER V., PEREIRA J.-M., LLORET A.

Field performance and modelling of an instrumented trial embankment, unsaturated soils - workshop of international society for soil mechanics and geotechnical engineering TC6. In: XIV^e Congrès Européen de Mécanique des Sols et de la Géotechnique, 24th September 2007, Madrid, Spain

GHABEZLOO S., SULEM J., GUEDON S., MARTINEAU F., SAINT-MARC J.

Poromechanical behaviour of hardened cement paste in isotropic stress loading (poster). In: ALERT Geomaterials Workshop, 8-10th October, Aussois

LE M.-H., NAUROY J.-F., DE GENNARO V., DELAGE P.

On the mechanical behaviour of deep ocean sediments of the Gulf of Guinea: sensitivity, structuration and microstructural characterization In: ALERT Geomaterials Workshop, 8-10th October Aussois

Conférences invitées

CHEVOIR F.

Loi de frottement dans les écoulements granulaires denses. In: Colloque Science et Technologie des Poudres, mai 2007, Albi

COUSSOT P.

- *Flow instability at the approach of the yield stress.* In: Workshop *Viscoplastic fluids: from theory to applications*, Monte Verita, Suisse
- *The Mechanics of yield stress fluids: specificities and open questions*, 16th Australasian Fluid mechanics Conference, December 2007, Gold Coast

COUSSY O.

- *Plasticité et Génie Civil. Le cas des structures en béton.* In: 10^e rencontre : Physique et interrogations fondamentales. Bibliothèque Nationale de France et Société Française de Physique : 28 mars 2007, Bibliothèque Nationale de France

- *Une brève histoire du béton. De Marc Séguin à nos jours.* In : Les rendez-vous d'Annonay, 12 octobre 2007, ans le cadre de la Fête de la science

- *Poromécanique et transition de phase confinée*, GFHN 2007, de la particule au milieu poreux : formation, évolution, transferts, 21 et 22 novembre 2007, LCPC, Nantes

CUI Y.-J.

Modélisation des échanges à l'interface sol-atmosphère et simulation numérique des profils hydriques. Journée CFMS-CFGI « Sécheresse », 18 janvier, Paris

DELAGE P.

- *Microstructure features in the behaviour of engineered barriers for nuclear waste disposal.* Int. Conf. on Mechanics of Unsaturated Soils, April 2007, Weimar, Germany
- *Microstructure effects on the hydration and water transport in compacted bentonites.* 3rd Asian Conf. on Unsaturated Soils, May 2007, Nanjing
- *The microstructure of compacted bentonites.* Soft Brain Programme, November 2007, Tong-Ji University
- *Geoenvironmental issues and unsaturated soils.* Soft Brain Program, November 2007, Tong-Ji University

FRANK R.

- Contributions françaises et européennes *SEMINARUL ŞTIINŢIFIC Probleme actuale ale Ingineriei Geotehnice din România*, 9 mars 2007, Bucarest
- *A few aspects of Eurocode 7 on Geotechnical design* 2nd African Young Geotechnical Engineers Conference (2nd AYGEC), 16-18th March 2007, Hammamet
- *Le cadre normatif européen (avec Canépa Y.)* Forum Fondations spéciales, ISBA-TP FormIsba, et AFGC, 29 mars 2007, Marseille
- *Guidelines for limit-state stability evaluation of gravity dams on rocks (prepared by Paul Royet et Laurent Peyras, Cemagref).* ISSMGE Touring lectures, 19-20th April, Tirana

- *Introduction to Eurocode 7 on Geotechnical design*
General presentation of Eurocode 7 - Implementation in France ISSMGE Touring lectures, 17-18th May, Cavtat-Dubrovnik
- *A few aspects of EC7 Seminar on the Eurocodes*, Bulgarian Chamber of Design, 20th September, Sofia
- *A few aspects of EC7 Conference* Faculty of Cvl Engng, 5th November, University of Tehran

GATMIRI B.

- Beteq Bourndrary Element technique conférence, 2007, Naples,
- 5th Seismology and Earthquake Engineering Conférence, Téhéran

GHABEZLOO S., SULEM J.

Undrained heating of a saturated granular rock. In: Thermo-Mechanical modelling of Solids. 9-12th July, École Polytechnique, Palaiseau, (poster)

LEMAÎTRE A.

- *Avalanche behaviour in quasi-static plastic flow of amorphous solids.* École thématique "Flow in glassy systems", Les Houches
- *Dynamical noise and avalanches in quasi-static plastic flow of amorphous solids*, APS March Meeting, Denver
- *Dynamical noise and avalanches in quasi-static plastic flow of confined materials.* In: 6th ESG Nanotribology Workshop, Santa Margherita di Pula, Italie
- *Dynamical noise and avalanches in quasi-static plastic flow of amorphous solids. Fluctuations and Scaling in Materials*, StatPhys 23 Satellite, Todi, Italie

MAGAT J., FAURE P., CARÉ S., CHAUSSADENT T.

Caractérisation de milieux poreux par relaxation T1, GERM

OVARLEZ G

Jamming and flows of dense suspensions. École thématique "Flow in Glassy systems", Les Houches

SULEM J.

- *The role of clay in thermal pressurisation of fault during rapid*

slip European Geosciences Union General Assembly, Vienne, 16-20th April

- *The role of clay in thermal pressurisation of fault during rapid slip (poster) Fluid assisted Rock Deformation and Tectonics*, 12-13th April, École Normale Supérieure, Paris
- Structures de zones de cisaillement et modélisations géomécaniques. In : Comité Français de Mécanique des Roches, 6 décembre

Organisation

CHEVOIR F.

Séminaire Matériaux granulaires de la Cité Descartes. 29 janvier 2007 – École des ponts

COUSSOT P., BARRAT J.-L.

Flow in glassy systems. février 2007 - Workshop du Centre de Physique des Houches

COUSSY O.

Cement Science Workshop@MIT 2007. 9-11th January, dans le cadre de la Chaire Lafarge

LEGOLL F.

Modèles et méthodes numériques pour les milieux granulaires, École des ponts.

DE GENNARO. V.

19th Annual Workshop ALERT Geomaterials - Session 1: Geomechanics of structured materials. avec Laloui L., EPFL, Aussois (F), 8 octobre 2007

**ACTIVITÉS
D'ENCADREMENT**

Thèses en cours

ANDRIA-NTOANINA I.

Caractérisation dynamique des sables au laboratoire. Application à la réponse sismique des massifs sableux en centrifugeuse

ARSON C.

Couplages THM et endommagement des galeries de stockage nucléaires

BODGI J.

Vibration et amortissement des passerelles piétonnes souples

BOUASSIDA Y.

Modélisation des dallages

CHATAIGNER S.

Conception et dimensionnement d'un ancrage de hauban plat composite

CHAU T.-L.

Effet de la corrosion des armatures sur le comportement des murs en remblai renforcés par des éléments métalliques

CLAIN X.

L'injection des pâtes dans les milieux poreux

DESBOIS T.

Étude du système clinker sulfo alumineux-gypse : stabilité et durabilité des hydrates

DINH A.-Q.

Mécanismes de fonctionnement des systèmes d'inclusions rigides. Application au dimensionnement

DUONG V.-A.

Comportement sous sollicitations dynamiques des ouvrages renforcés

FALL A.

Rhéologie-épaississement de suspensions de particules non colloïdales

GHABESLOO S.

Comportement thermo-poro-mécanique des ciments pétroliers en conditions de fortes contraintes et hautes températures – application à la tenue de parois en fond de puits pétrolier

HA M.-D.

Soudure par ultrasons des thermoplastiques

HAMMOUD M.

Modélisation et simulation numérique du couplage continu – discret

HAMMOUTI A.

Simulation numérique directe des pâtes granulaires saturées

HEMMATI S.

Étude des mécanismes de déclenchement du phénomène de retrait-gonflement des argiles.

JOUNEID F.

Modélisation probabiliste du flambement dans les matériaux cellulaires à la microstructures aléatoire : application aux mousses

KOVAL G. JR.

Comportement d'interface des matériaux granulaires

LE T.T.

Étude du comportement thermo-hydro-mécanique de l'argile de Boom

LUU-TRUNG K.

Comportement de suspensions de particules dans des fluides à seuil

LY Q.-H.

Caractérisation et modélisation d'un système multicouche d'élastomères et/ou cellulaires pour semelles de running

MAHAUT F.

Influence de l'inclusion de particules rigides non-colloïdales sur le comportement d'un fluide à seuil

MAGHOUL P.

Solutions fondamentales en géomatériaux multiphasiques pour l'analyse de l'interaction dynamique sol-structure

MESSEN Y.-H.

Phénomènes de nucléation des séismes : approche expérimentale par le cisaillement d'une farine de faille modèle

MOHAJERANI M.

Effets de la température sur le comportement des roches argileuses – Application au stockage des déchets

MONFARED M.

Étude des couplages température-endommagement-perméabilité dans les argilites

MUNOZ-CASTELBLANCO J.

Étude du comportement d'un loess non naturel saturé

NGUYEN D.-T.

Prédiction des déformations irréversibles des couches de surface des chaussées bitumeuses

NGUYEN H.-D.

Influence des interactions eau-roche sur le comportement à long terme de cavités souterraines dans la craie

NGUYEN H.-H.

Une nouvelle approche numérique pour structures périodiques

NGUYEN T.-K.

Développement des matériaux fonctionnellement gradués pour une application aux structures du génie civil

NGUYEN T.-V.-A.

Conception de dalles sandwichs de pont à âme en bois

PEYNEAU P.-E.

Étude de pâtes granulaires denses par simulation numérique discrète. Application au compactage des matériaux de chaussées

ROUBY C.

Étude du seuil d'apparition de l'instabilité de cordage

SAYED AHMAD F.

Mise en précontrainte des BFUP à l'aide de matériaux composites

TA A.-N.

Mécanisme de la propagation de la sécheresse dans les sols

TRINH V.-N.

Comportement hydro-mécanique des matériaux constitutifs de plateformes anciennes

VU T.-S.

Prise en compte des interactions colloïdales dans une approche par changement d'échelle du comportement d'une pâte

DALLOT J.

Modélisation de structures multicouches matériaux quasi-fragiles – acier – Application au renforcement. Soutenue le 19 décembre 2007. SAB K.

DOUTHE C.

Étude de structures élancées précontraintes en matériaux composites - Applications à la conception *Gridshell*. Soutenue le 16 novembre 2007. CARON J.-F.

KARRECH A.

Comportement des matériaux granulaires sous vibration : application au cas du ballast - 20 septembre 2007. DUHAMEL D.

MAALEJ Y.

Comportement mécanique d'un milieu granulaire injecté par un coulis de ciment : étude expérimentale et modélisation micromécanique. Soutenue le 21 janvier 2007. DORMIEUX L.

NGUYEN T.-M.

Dynamique non linéaire des systèmes mécaniques couplés : réduction de modèle et identification. Soutenue le 22 janvier 2007. ARGOUL P.

PHAM S.

Conception d'ouvrages d'art innovants mixtes - Étude numérique et expérimentale de l'interface entre matériaux. Soutenue le 26 novembre 2007. LE ROY R.

RAGUILLIAUX A.

Rhéophysique des boues de forage. Université Paris VI. Soutenue en octobre 2007. COUSSOT P.

SEIF EL DINE B.

Étude du comportement mécanique des sols grossiers à matrice. Soutenue le 21 juin 2007. FRANK R.

Thèses soutenues

BONGUÉ-BOMA M.

Modélisation de la fissuration pour l'évaluation de la perte d'étanchéité des structures en béton armé sous chargement mécanique. Soutenue le 11 décembre 2007. BROCATO M.

Participation à des jurys de thèse

P. ARGOUL.

- C. MICHEL. Vulnérabilité sismique - De l'échelle du bâtiment à celle de la ville. Joseph Fourier - Grenoble I ; mention : Sciences de la terre, de l'univers et de l'environnement, (rapporteur)

- M. GUSKOV. Dynamique non linéaire des systèmes multi-rotors. Études numérique et expérimentale. ECL de Lyon - École Doctorale MEGA ; spécialité Mécanique, (rapporteur)

J.-F. CARON.

S. JOANNES. Caractérisation mécanique et outil d'aide au dimensionnement des collages structuraux. Mines ParisTech, 2007

P. COUSSOT.

- V.-H. NGUYEN. Étude rhéologique des coulis cimentaires et micro-bétons. Thèse de l'université de Cergy-Pontoise (président)
- D. TIBERGHIE. Interactions entre une lave torrentielle et un obstacle. Thèse de l'université Joseph Fourier, Grenoble (examinateur)

O. COUSSY.

A.-S. POUPEELER. *Transport and crystallization of dissolved salts in cracked porous building materials.* Katholieke Universiteit Leuven (examinateur)

Y.-J. CUI.

- H.-B. BIAN. Modèle numérique pour les sols sableux non saturés en zone sismique : application à la liquéfaction. Université des Sciences et technologies de Lille, (examinateur)
- K.-D. DANG. Contribution à l'étude du comportement thermo-hydro-mécanique des matériaux argileux (bentonite MX80 et argilite du Callovo-Oxfordien). INSA de Rennes, (rapporteur)
- L.-R. KONG. *Microstructural behaviour of saturated soft clay and an elastoplastic constitutive model considering microstructure.* Double diplôme Tongji et EC-Nantes, soutenue le 19 mai, (rapporteur)
- S. SALAGER. Étude de la rétention d'eau et de la consolidation de sols dans un cadre thermo-hydro-mécanique. Université Montpellier II, 3 juillet, (président)

P. DELAGE.

- R. ACHOUR. Étude de la fissuration précoce d'une série argileuse. Analyse tridimensionnelle du réseau

fissural et modélisation numérique. Mines ParisTech (rapporteur).

- S. BOUZIRI-ADROUCHE. Étude des mécanismes de déformation des argiles surconsolidées. École Centrale de Paris, (rapporteur)
- K.-D. DANG. Contribution à l'étude du comportement thermo-hydro-mécanique des matériaux argileux (bentonite MX80 et argilite du Callovo-Oxfordien)
- KOLIJI. *Mechanical behavior of unsaturated aggregated soils.* École polytechnique fédérale de Lausanne (rapporteur)
- J.-J. MUNOZ. *Thermo-hydro-mechanical analysis of soft rock; application to a large scale heating test and large scale ventilation test.* Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona (rapporteur)
- H. NOWAMOOZ. Retrait/gonflement des sols argileux compactés et naturels. INP Lorraine, Nancy (rapporteur)

D. DUHAMEL.

- J. CESBRO. Influence de la texture de chaussée sur le bruit de contact pneumatique-chaussée. École Centrale de Nantes et université de Nantes, soutenue le 9 octobre 2007
- Y. WAKI. *On the application of finite element analysis to wave motion in one-dimensional waveguides.* University of Southampton (2007) (rapporteur)

V. DE GENNARO.

N.-H. NAKAYAMA. *Modelling interfaces between sand and structural elements.* University of Bristol, UK (rapporteur).

G. FORET.

F. AL MAHMOUD. Technologie de renforcement des poutres bétons armé par l'insertion de joncs de carbone. INSA de Toulouse, 2007

R. FRANK.

- H. ALSALEH. Modélisation non-linéaire en trois dimensions de l'interaction de sol-micropieux-pont sous chargement cycliques. Université de Lille 1, soutenue 10 juillet 2007 (examinateur et président)

- J. BUCO. Analyse et modélisation du comportement mécanique des conduites enterrées Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Lyon, soutenue le 4 mai 2007 (rapporteur).
- S. CORNEILLE. Étude du comportement mécanique des colonnes ballastées chargées par des semelles rigides. Institut National Polytechnique de Lorraine, soutenue le 25 juin 2007 (rapporteur).
- G. WEINSTEIN. *Long term axial cyclic performance of micropiles*. Polytechnic University, Brooklyn (New-York), 2007, 11th December. Member of Guidance Committee, PhD.

B. GATMIRI.

Bian HANBING. Modèle numérique pour les sols sableux non saturés en zone sismique : application à la liquéfaction. Université technologique de Lille (rapporteur).

J.-N. ROUX.

- F. GILABERT. *Simulacion numerica de medios granulares cohesivos. Fuerzas de contacto y su efecto en el empaquetamiento*. Université de Séville (examinateur)
- Y. MAALEJ. Comportement mécanique des milieux granulaires injectés : étude expérimentale et modélisation micromécanique. École des ponts, 2007
- T.-H. TRAN. Analyse et modélisation du vieillissement des barrages en enrochement par une approche micromécanique. École Centrale de Lyon (rapporteur)

K. SAB.

- E. AZEMA. Étude numérique des matériaux granulaires à grains polyédriques : rhéologie quasi-statique, dynamique vibratoire, application au procédé de bourrage du ballast. Thèse de l'université Montpellier 2, 2007
- M. HOSSEINGHOLIAN. Contribution à l'étude d'une méthode d'auscultation dynamique de la structure des voies ferrées classiques. Thèse de l'université de Caen, 2007

J. SULEM.

- S. BOUTAREAUD. *Slip-weakening mechanisms at high slip velocities: insights from analogue to numerical modelling*. Université de Franche-Comté (rapporteur)
- F. MARTIN. Apport des lois d'endommagement continues pour la conception des ouvrages souterrains et la hiérarchisation des comportements rocheux. École Normale Supérieure de Cachan (rapporteur)

Participation à des jurys d'habilitation à diriger des recherches (autre qu'au titre de directeur de thèse ou de conseiller d'études)

ARGOUL P.

D. REMOND. Mesures, modèles expérimentaux et identification en dynamique des machines tournantes. École doctorale : Mécanique, Énergétique, Génie Civil, Acoustique (spécialité : Mécanique - Génie Mécanique - Génie Civil) INSA de Lyon (Rapporteur)

COUSSOT P.

- N. ROUSSEL. Écoulement et mise en œuvre des bétons. Université de Paris-Est - Marne-la-Vallée, 2007 (examinateur)
- B. HERZHAFT. Rhéologie et Physico Chimie de fluides complexes pour applications pétrolières. Université de Bretagne occidentale, 2007 (Président)

COUSSY O.

- N. ROUSSEL. Écoulement et mise en œuvre des bétons. Université de Paris-Est-Marne-la-Vallée (Président)
- V. BAROGHEL-BOUNY. Développement d'une approche performantielle et prédictive de la durabilité des ouvrages en béton armé sur la base d'indicateurs de durabilité. Université de Paris -Est-Marne-la-Vallée, 2007 (examinateur)

DELAGE P.

- S. TAIBI. Contribution à l'étude du comportement thermo-hydro-mécanique des sols non saturés.

Application à la géotechnique environnementale. Université du Havre

- N.TOUZE-FOLTZ. Mise en évidence des paramètres influents sur les transferts advectifs dans les étanchéités composites d'installations de stockage de déchets. HDR, université de Paris-Est-Marne-la-Vallée (rapporteur)

LEROY R.

S. CARE. Approche micromécanique de la durabilité des structures en béton armé. 2007

SAB K.

F. AUSLENDER. Contribution à la modélisation du comportement des matériaux hétérogènes. HDR de l'université Blaise Pascal, 2007

B. MAURIN. Recherche de forme et conception de structures innovantes. HDR de l'université Montpellier 2, 2007

Rapport de stage de recherche

AIBADE W.

Stage du programme PRINCETON IN FRANCE
Traduction de textes scientifiques

ALZETTA L.

PFE Politecnico Torino
Studio degli elementi finiti dell'interazione terreno-struttura (en Italien)

ANDRETTA S.

Stage ENSTA
Projet personnel en laboratoire
Conception d'un *gridshell* hémisphérique en matériaux composites

ANDRIA-NTOANINA I.

Master M2 MSROE
Étude d'injectabilité d'un loess par un coulis de renforcement

ANTONIO-TAMARASSELVAME N.

Master de Recherche - Université de Versailles
Comportement vibratoire d'une roue en contact avec la chaussée

BAYART G.

Stage scientifique École des ponts

Conception et dimensionnement d'assemblages collés dans le cadre du génie civil

BERNUY C.

PFE U. Stuttgart
FEM modeling of pile tests (en Anglais)

BOUHAYA L.

Master de recherche - MSMS, École des ponts
Optimisation environnementale des tabliers de ponts de moyenne portée

CHASSIGNET M.

Stage scientifique École des ponts
Renforcement des sols par inclusions rigides

CHATOUX E.

Stage scientifique École des ponts
Étude de béton de gypses fibrés

FELIX A.

Stage scientifique École des ponts
Histoire et propriété des mortiers de gypse

FOULADVAND A.

Master M2 MSROE
Étude du comportement mécanique de mélanges de sables

GAULLIER G.

Master de recherche - université de Paris VI
Analyse du mode tapping dans un essai de microscopie pairesure de force atomique

GIROD H.

Stage scientifique École des ponts
Renforcement des sols par inclusions rigides

GODET O.

Stage scientifique École des ponts
Étude de la structure d'un mur en maçonnerie

GODREAU A.

Stage scientifique École des ponts
Étude de l'injectabilité d'un loess par un coulis de renforcement

GUEROLD P.

Stage scientifique École des ponts
Étude de l'injectabilité d'un loess par un coulis de renforcement

HAGHIGHI A.

Master M2 MSROE

KOCHOVA S.

Erasmus Prague
Fondations profondes

LECLERC G.

Stage DUT Paris VII
Contrôle actif du bruit
Modélisation du comportement des sédiments gazeux

LE V.-D.

Master M2 MSROE
Détermination de la perméabilité à l'air des sols agricoles

MAGHOUL P.

Master M2 MSROE
Effets Topographique et sédimentaire sur l'amplification d'un mouvement sismique

MAI S.-H.

Master de recherche - MSMS, École des ponts
Domaine de validation des modélisations statiques et dynamiques des voies ferrées

MARTIN M.

Stage scientifique École des ponts
Étalonnage d'une sonde capacitive

MOHAJERANI M.

Master M2 MSROE
Comportement thermo-hydro-chemo-mécanique des milieux poreux multiphasiques

MONFARED M.

Master M2 MSROE
Comportement thermo-hydro-mécanique et couplage endommagement-perméabilité des argiles de stockage des déchets radioactifs

NGO Q.-T.

Master de recherche - MSMS, École des ponts
Étude de la variation de largeur de la bande en acier loirs du laminage à froid

NGUYEN S.-T.

Master de recherche - MSMS, École des ponts
Calcul des structures planes en grandes déformations avec la méthode de relaxation dynamique

PECOLL P.

Master de recherche – université de Grenoble
Comportement dynamique d'une foule traversant une passerelle souple, analyse des données expérimentales

PETKOVIC J.

Chaire Lafarge : rapport d'avancement sur l'étude du gel des bétons par IRM/RMN

POINT N.

Stage université de Paris VI
Utilisation de la transformation en ondelettes

SAHLAOUI R.

Master de recherche - MSMS, École des ponts
Panneaux en maçonnerie renforcés à l'aide de matériaux composites

SHAHIDZADEH-BONN N.

- Rapports d'avancement du contrat « désailement des milieux poreux par séchage des compresses » avec LRMH/ ministère de la Culture
 - Influence du mouillage sur les écoulements diphasiques et triphasiques dans les milieux poreux, Rapport de recherches Milieux poreux, collection ERLPC
-

TAN X.

Double diplôme Singapour
Étude expérimentale des déformations locales de microballast à l'appareil triaxial sous sollicitation cyclique

TANG L.

Stage scientifique École des ponts
Étude du comportement mécanique de sables

THABOUTI W.

Master M2 MSROE
Modélisation physique du comportement d'une colonne ballastée

TRINH V.-N.

Master M2 MSROE
Étude du comportement d'un sol marneux rencontré sur la ligne du TGV Méditerranée

VU M.-B.

Master de recherche – MSMS - École des ponts
Étude numérique de structures périodiques à deux dimensions

VU T.-M.

Master M2 MSROE

Étude du comportement des schistes houillers rencontrés dans la descenderie de Saint-Martin-La-Porte

HDR

CARÉ S.

Approche micromécanique de la durabilité des structures en béton armé. Université Paris VI, 2007

CHATEAU X.

Approche micromécanique du comportement des géomatériaux. Université de Paris-Est-Marne-la-Vallée, 2007

ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT

Formation continue

CUI Y.J.

Cycle international sur la conception géotechnique des ouvrages et des routes, École des ponts-PFE, 16 avril.

Introduction à la mécanique des sols

DELAGE P.

Cycle international de géotechnique, École des ponts-PFE, 17-18 avril.

Introduction au comportement des sols
Loi de comportement – Sols non saturés

FRANK R.

- Formation continue sur l'Eurocode 7, ISBA-TP, Marseille, mars. coordonnateur (avec Canépa Y.) et conférencier
Présentation de l'Eurocode 7 sur le calcul géotechnique
Calcul des fondations selon l'Eurocode 7
Exemples de calcul de fondation sur pieux selon l'Eurocode 7

- Cycle international sur la conception géotechnique des ouvrages et des routes, École des ponts-PFE, Paris, avril, coordonnateur (avec Delage P. et Gambin M.) et conférencier
Fondations profondes
Soutènements
L'instrumentation des pieux (avec Rocher-Lacoste F.)

- Cycle applications de l'Eurocode 7, Module 1 : Calcul des fondations, École des ponts-PFE, Paris, juin, coordonnateur (avec Baguelin F. et Magnan J.P.) et conférencier

Eurocodes : historique et principes de calcul (en 1990)

Les règles de calcul des fondations selon l'Eurocode 7

Exemples de calcul de fondations profondes.

Discussion sur les différentes approches de calcul

- Formation continue sur renforcement et amélioration des sols de fondation, École des ponts-PFE Paris, octobre

Coordonnateur (avec Liausu P. et Schlosser F.) et conférencier

Renforcement par micropieux : types de micropieux, dimensionnement et projet National FOREVER

Cas du Pont de Pierre à Bordeaux

Dimensionnement du Viaduc d'Arbre (Ath)

Le point sur l'Eurocode 7 « Calcul géotechnique »

- Formation continue sur les règles générales de conception et de calcul des fondations, École des ponts-PFE Paris, octobre.

Calcul des fondations. Les liens avec l'Eurocode 7

Effort transversaux et efforts parasites

- *Seminar on Eurocode 7, Technical Chamber of Cyprus, Nicosie, 16 et 17 novembre*

*Presentations on Programme of the Eurocodes & on Eurocode 7**Presentations and design examples on Spread foundations, Pile foundations and Retaining structures*

- Cycles applications de l'Eurocode. Module 2 : le calcul des soutènements, École des ponts-PFE, Paris, novembre.

Coordonnateur (avec Magnan J.-P. et Schmitt P.) et conférencier

Historique et principes de calcul des Eurocodes

Le contenu de l'Eurocode 7

Exemple de calcul d'un mur-poids

- Formation continue sur la géotechnique et ses applications – 1^{er} module, École des ponts, Paris, décembre

Dimensionnement des fondations profondes

Essais de pieux et abaques

Contrôles et pathologie (avec Glandy M.)

Cours

École des ponts (hors masters)

Analyse

1^{re} année

F. Legoll, maître de conférence

Calcul et comportement des matériaux de construction

2^e année GCC

G. Foret, responsable

J.-A. Calgaro, J.-M. Jaeger, professeurs

B. Capra, P. Le Pensée, R. Le Roy, maîtres de conférence

C. Bernard, G. Moreau, J. Dallot, assistants

Conception des ouvrages à risques particuliers

3^e année GCC

P. Delage, responsable

Conception d'une raquette GMM/Semaine Européenne GEI Paris

P. Tamagny, responsable ;

J.-F. Caron, G. Foret, professeurs ;

C. Bernard, S. Gervillers, P.-R. Carreira,

G. Moreau, assistants

Conception Flash, semaine d'ouverture de 3^e année GMM

P. Tamagny, responsable ;

J.-F. Caron, G. Foret, professeurs ;

C. Bernard, S. Gervillers, P.-R. Carreira

S. Gervillers, assistants

Conception géotechnique des ouvrages

2^e année GCC

R. Frank, P. Delage, professeurs ;

J. Canou, maître de conférence

Conception géotechnique des ouvrages, 2^e année GCC

P. Delage, R. Frank, professeurs ;

J. Canou, Y.-J. Cui, V. De Gennaro, E.

De Laure, J.-P. Karam, G. Koval, Y.

Maalej, I. Sais, assistants

Connaissance des Métaux

2^e année GMM

G. Foret, responsable ;

A. Ehlacher, J.-F. Caron, professeurs ;

J. Gérald, maître de conférence ;

D. Berg, C. Bernard, V. Bodin,

G. Moreau, A. Féraïlle, M. Bongué-

Boma, L. Gautron, F. Mignot, S.

Gervillers, A. Karrech, G. Bertolino, S.

Erlicher, assistants

Acoustique

3^e année GMM

D. Duhamel, professeur

P. Argoul, G. Moreau, A. Karrech, M.

Duvernier, D. Berg, S. Erlicher,

assistants.

Cours abaqus,

2^e année GMM

S. Gervillers, responsable

A. Ehlacher, professeur

Matériaux hétérogènes

3^e année GMM

K. Sab, professeur

Matériaux composites

2^e année GMM

J.-F. Caron, professeur ;

R.-P. Carreira, maître de conférence ;

S. Chataigner, C. Douthe, S. Julich, J.

Dallot, Q.-H. Ly, assistants

Mécanique

1^{re} année

L. Dormieux, professeur

X. Chateau, D. Garnier, J.-F.

Barthélémy, maîtres de conférence

Mécanique numérique

2^e année

L. Dormieux, professeur ;

X. Chateau, maître de conférence

Mécanique Physique des Matériaux GMM

A. Ehlacher, professeur ;

S. Artiges, S. Gervillers assistants

Mécanique des solides (structures, sols et roches)

Cours spécial pour formation FCI

P. Delage, V. De Gennaro, J. Sulem,

enseignants

Mécanique des structures

2^e année MSPI

P. Bisch, responsable ;

B. Nedjar, S. Erlicher, maîtres de

conférence

Métrologie GMM

D. Duhamel, professeur ;

A. Alaoui, maître de conférence ;

G. Moreau, C. Gatabin, C. Bernard, B.

Froelich, G. Bouchet, F. Pinard, P.

Argoul, assistants

Nanomatériaux

2^e année

A. Lemaître

Physique des états de la matière1^{re} année

F. Chevoir, O. Coussy, responsables du module ;

A. Lemaître, T. Fen-Chong, J.-N. Roux, P.-E. Peyneau, maîtres de conférence

Physique quantique et statistique, 2^e année

J.-N. Roux, responsable du module

S. Rodts, maître de conférence

Plasticité et calcul à la rupture3^e année

P. de Buhan, professeur ;

G. Hassem, M. Abdelkrim, S. Montassar, maîtres de conférence

Polymères2^e année GMM

A. Alaoui, responsable ;

C. Bernard, S. Gervillers, G. Moreau, D. Bauer, S. Erlicher, D. Berg, assistants

Projet Barrages3^e année GCC

P. Delage

Semaine d'introduction sur « l'innovation géotechnique », 3^e année GCC

P. Delage., J.-C. Dupla (avec T. Skrzypek, Dpt GCC)

Semaine d'introduction « bétons et innovation »3^e année GCC

J.-M. Torrenti, A. Féraïlle responsables

Séminaire Design1^e année

A. Ehlacher, responsable

- **Atelier Construction d'un escalier en sable**
De Gennaro V., de Laure E. (avec Skrzypek T., Dpt GCC).

- **Atelier Coques en plâtre**

R. Le Roy responsable
Pham H.-S, assistant

- **Atelier Conception d'un pont**

C. Douthe, responsable

- **Atelier Sculptures sandwich**

J.-F. Caron, responsable
S. Chataigner, assistant

- **Atelier Tour dansante**

P. Argoul, responsable

J. Bodgi, assistante

- **Atelier Cheminée solaire**

M. Brocato, responsable

M. Bongué-Boma, assistante

- **Atelier Structures en toile**

O. Baverel, responsable

Travaux pratiques de mécanique des sols2^e année

J.-C. Dupla, coordinateur, équipe du CERMES

Conception et réalisation d'un *grid shell* en composites, projet GCC

C. Douthe, responsable.

Mathématiques des modèles multi – échelles S4

F. Legoll, responsable.

UPEMLV (hors masters)

Matériaux polymères, I2000

UPEMLV, Marne-la-Vallée

A. Alaoui, R. Combes, chargées de cours

Remise à niveau en mathématiquesFormation Ingénieurs 2000, Marne-la-Vallée, 1^e année.

S. Caré

Thermodynamique des systèmes déformables

Licence

T. Fen-Chong, professeur

Travaux pratiques matériaux polymèresI2000/MFPI, 2^e année, UPEMLV, Marne-la-Vallée

A. Alaoui, responsable

C. Bernard, G. Moreau, S. Gervillers, T.-M. Nguyen, C Rouby, chargés de travaux publics

Travaux pratiques métauxI2000/MFPI, 1^e année, UPEMLV, Marne-la-Vallée

G. Foret, responsable

D. Berg, D.-T. Nguyen, J. Dallot, chargés de travaux pratiques

Autres Établissements

Calcul intégral

Élèves de 1^{re} année ingénieur
ESTP
J.-P. Couprie, professeur ;
J. Bodgi, chargée de travaux pratiques

Calcul intégral, mathématiques générales et calcul différentiel

ESTP
P. Argoul, chargé de cours

Cours d'analyse limite et calcul à la rupture

3^e année ENTPE
D. Garnier, professeur

Cours matériaux

2^e année Génie Civil
École Hassania des Travaux Publics
K. Lahlou, EHTP, professeur responsable
A. Alaoui, chargée de cours

Cours sur les matériaux cimentaires

Université Paris XIII, Ingénieurs de l'Institut Galilée, 3^e année
S. Caré

Formation géophysique et géotechnique *in situ*

Université Paris VI
Y.-J. Cui, E. de Laure

Le matériau bois pour les structures

EIVP
R. Le Roy, maître de conférence

Les équations aux dérivées partielles

CNAM
N. Point, maître de conférence

Les mathématiques du signal

ESCPI, École supérieure de conception et de production industrielle
N. Point, maître de conférence

Matériaux composites, EPF - Fondation LAKANAL

5^e année
G. Foret, professeur ;
D. Berg, S. Julich, chargés de TP

Matériaux et structures composites, module expérimental

École Polytechnique
J.-F. Caron, responsable
G. Foret, professeur

Matériaux et structures dans le projet

Master 1 et 2 École nationale supérieure d'architecture paras malaquais
R. Le Roy, maître de conférence

Mathématiques générales

Élèves de 1^{re} année ingénieur, ESTP
J.-P. Chaquin, professeur,
J. Bodgi, chargée de travaux pratiques

Mécanique linéaire des vibrations

ESSIE-Management
P. Argoul

Mécanique des milieux continus

École Polytechnique
P. Le Tallec, responsable ;
D. Duhamel, professeur, chargé de cours

Mécanique des solides

EIVP
B. Nedjar, responsable

Mécanique des sols

École des Ingénieurs de la Ville de Paris (EIVP)
P. Delage, professeur
V. De Gennaro, maître de conférence

Mécanique des sols : application au calcul d'ouvrages

ITII-CNAM Champagne-Ardennes
J.-C. Dupla, chargé de cours

Mise à niveau en résistance des matériaux

Filière « structure et architecture » de l'École d'architecture de la ville et des territoires de Marne-La-Vallée
C. Douthe, responsable

Mécanique des sols

Formation continue Mécanique et physique des sols superficiels
École Spéciale des Travaux Publics
J.-C. Dupla, chargé de cours

Modélisation des matériaux composites

1^{re} année, ENSTA
J.-F. Caron, professeur ;
G. Foret, professeur adjoint

Modex Plasticité – Rupture

École Polytechnique
P.-M. Suquet, responsable ;
A. Ehrlacher, professeur, chargé de cours

Polymères et composites à matrice organique

2^e année, École des Ingénieurs de la Ville de Paris
H.-T. Huynh

Vibration, acoustique et contrôle actif, module expérimental

École Polytechnique
D. Duhamel, professeur, chargé de cours.

MASTERS ET 3^e CYCLE**Master recherche Mécanique des Sols et des Ouvrages dans leur Environnement (MSROE) – en partenariat avec ECP/EP/Paris VI**

Analyse sismique et effets de site

J. Canou

Calcul des ouvrages géotechniques et Modélisation numérique des ouvrages en site urbain

R. Frank

Matériaux discontinus et granulaires

Master MSROE – École des ponts
J.-N. Roux

Mécanique des Sols et des Ouvrages dans leur Environnement

Master recherche MSROE
Y.-J. Cui, responsable

Mécanique des roches

Master recherche MSROE
J.-N. Roux, J. Sulem

Modélisation des fondations et des soutènements

Master MSROE
R. Frank, responsable

Reconnaissance géologique et géotechnique

Master MSROE
J. Canou

Rhéologie des sols non saturés

Master recherche MSROE
Y.-J. Cui

**Master recherche Mécanique des Matériaux et des Structures (MMS)
École des ponts-UPM**

Approches multiéchelles en mécanique des milieux continus

K. Sab, professeur

Introduction au calcul à la rupture

Master MMS
X. Chateau

Introduction à la mécanique des milieux continus

P. Dangla, T. Lassabaterre

Mécanique des matériaux et des structures

K. Sab, responsable

Mécanique des matériaux et des structures en transformation finie

P. de Buhan, professeur ;
G. Hassen, S. Montassar, maîtres de conférence

Mécanique de la rupture fragile et mécanique de l'endommagement

A. Ehlacher, Q.-C. He, professeurs

Méthodes d'identification de paramètres de modèles

P. Argoul, professeur ;
N. Point, maître de conférence
B. Nedjar, assistant

Méthodes numériques en mécanique non linéaire

D. Duhamel, professeur ;
B. Nedjar, maître de conférence

Modélisation des structures multicouches

J.-F. Caron, professeur

Séminaire d'option, cours de l'option mécanique et matériaux

K. Sab, responsable
A. Lachhab, A.-N. Kumar, assistants

**Mastère Génie Civil Européen (GCE)
École des ponts**

Géotechnique I

J. Canou, maître de conférence

Géotechnique II

R. Frank, professeur

Matériaux du Génie Civil

F. de Larrard, responsable
G. Foret, professeur
R. Le Roy, maître de conférence

Master Science des Matériaux pour la Construction Durable (SMCD)

Méthodes de changement d'échelle

L. Dormieux

Physico-Mécanique des Milieux Poreux

O. Coussy

Rhéophysique et matière molle

P. Coussot

Simulation numériques et méthodes de changement d'échelle

C. Le Bris, L. Dormieux

Autres masters

Dynamiques des structures

Master 1 IUP-GSI
UPEMLV, Marne-la-Vallée
H.-P. Yin, responsable

Géotechnique sismique

Master d'ingénierie parasismique, M2,
UPEMLV-École des ponts, Marne-la-Vallée
B. Gatmiri, responsable,
J. Canou, enseignant

Géotechnique sismique,

Master en Génie parasismique (MIP)
Université Paris-Est-Marne-la-Vallée
B. Gatmiri, responsable,
J. Canou

**Cours d'école doctorale MODES
Rhéologie, Consolidation, Blocage**

X. Chateau, F. Chevoir, P. Coussot, P.
Dangla, Y.-J. Cui, J.-N. Roux

**Techniques et méthodes
expérimentales en génie civil**

Séminaire de formation de l'école
doctorale MODES.
J. Canou, J.-C. Dupla, co-responsables

Corrosion du béton armé,

Master 2 MIS
Université Paris VI, ENS- Cachan
S. Caré

**Mesure et analyse de grandeurs
physiques**

Master mention physique et
applications
P. Moucheront

**Modélisation des milieux
hétérogènes**

École doctorale Ressources procédés
produits environnement, INPL
X. Chateau

**Physique et mécanique des milieux
poreux**

Master Ondes et milieux complexes,
UPEMLV
N. Bonn, P. Dangla

**Rhéologie des suspensions
concentrées**

Cours d'École doctorale, université de
Bordeaux I
G. Ovarlez

Rhéologie des fluides complexes

Master pro fluides complexes et génie
des milieux divisés
Univ. Paris VI, Paris VII, Paris XI,
université Paris-Est-Marne-la-Vallée,
Cergy-Pontoise, ENS, ENS Cachan
G. Ovarlez

**Rhéologie et mélange en génie civil
- Apport des techniques
tomographiques d'imagerie 3D**

Université de Nantes, Ecoles doctorales
TIM et MTGC
B. Cazacliu, G. Ovarlez, S. Rodts

**Science des procédés de traitement
des sols**

Master procédés pour la qualité de
l'environnement
A. Azouni, professeur

Tribologie

Master 1 IUP-GSI, UPEMLV, Marne-la-
Vallée
Q.-C. He, responsable
H. Yin, chargé de cours

PARTENARIATS INDUSTRIELS

RAPPORT DE CONTRATS

Projet **ACTENA**

ARGOUL P. Auscultation des câbles tendus non accessibles, mars 06 – nov. 08

ADEME

DUHAMEL D. *Simulation of sand propagation by the École des ponts model*, oct. 2007 – oct. 2009

ANR Jeunes Chercheurs

OVARLEZ G. LEMAÎTRE A., ROUSSEL N. Transition liquide-solide dans les pâtes, 2005-2008

ANR Jeunes Chercheurs

FEN-CHONG. T. Physique de la cristallisation confinée, 2006-2009

ANR Programme Blanc en collaboration avec l'INSA Rennes

COUSSOT P., ROUSSEL N. Physique de l'extrusion des pâtes, 2005-2008

ANDRA,

DORMIEUX L. CAROU S., Caractérisation et modélisation des processus modifiant la perméabilité à l'eau d'une fracture dans les argilites, 2007 – 2009

ANDRA

DE BUHAN P., HASSEN G. GM1 – Dimensionnement des ouvrages souterrains, renforcés par boulonnage, 2007 – 2009

ANDRA

DORMIEUX L., CARIOU S. GM3 – Modèle conceptuel d'argilite : approche micromécanique, 2007 – 2009

ANDRA

DORMIEUX L., CARIOU S. GM5 – Déformations différées dans les argilites, 2007 – 2009

ANDRA

DORMIEUX L. GL « Transfert de gaz ». 2007 – 2010

BETONS FLUIDES

CHATEAU X., CARE S., FAURE P., OVARLEZ G. RGCU Étude des séparations des phases,

Part I : approche générale. Rapport final du contrat, 2004-2007

BIC écrit

EHLACHER A., ROUBY C. Modélisation de la réalisation d'un trait d'encre à l'aide d'un stylo à bille, janv.06 – déc. 07

BRGM

HEMMATI S., CUI Y.-J., GATMIRI B., DELAGE P., VINCENT M. Modélisation de l'interaction sol-atmosphère : cas d'arbres isolés. Rapport 39 p.

CEA

BROCATO M., BONGUE M. Dégradation sous chargement mécanique du béton et son influence sur l'étanchéité des parois en béton. déc. 04 – nov. 07

CETMEF

CHEVOIR F., FAURE P., BERTRAND F. Sédimentation des vases, 2007

CETU

NEDJAR B. Modélisation de la tenue au feu des tunnels, déc. 05 – mars 07

CNRS

DORMIEUX L., CARIOU S. GdR MoMas, 2007

CROUS

ARGOUL P., BEDAOUI S. Comportement dynamique non linéaires des structures à partir d'essais en vraie grandeur, sept. 06 – janv. 08

CTG

ALAOUI A., DESBOIS T. Étude du système clinker sulfoalumineux-gypse : stabilité et durabilité des hydrates, nov. 06 – nov. 08

DECATHLON

ALAOUI A., LY Q.-H. Caractérisation/modélisation du comportement d'un système multicouche d'élastomères compacts et/ou cellulaires pour semelles de running, oct. 06 – sept. 09

DEUFRAKO (projet)

DUHAMEL D., YIN H. Optimisation de nouveaux revêtements routiers, déc. 06 – nov. 09

DRAST/CETMEF

Stabilité des digues en enrochement

EDF

DORMIEUX L., S.-T. NGUYEN

couplage fluage/endommagement dans les bétons, 2007

EDF

TANG A.-M., CUI Y.-J., CHENG S.-G. L'argilite en température, acquisition de données : Opalinus clay. Rapport 60 p.

EDF

DORMIEUX L., S.-T. NGUYEN couplage fluage/endommagement dans les bétons, 2007

EURIDICE-ONDRAF

TANG A.-M., MUNOZ J.-J.-M., CUI Y.-J., Delage P. Évaluation expérimentale du risque de fracturation hydraulique à l'interface bentonite compactée/Boom clay. Rapport 23 p.

FFB

FRANK R., Y. BOUASSIDA
Modélisation du comportement des dallages

Projet Offshore Windfarm Albatre,

DE GENNARO V., DE LAURE E., FUGRO
Mechanical characterisation of a marine chalk from Albâtre nearshore zone (France). Rapport final, 23 p.

IFP

COUSSOT P. Rhéophysique des émulsions de forage, 2005-2007

IFP

CHATEAU X., Equipe IRM LCPC 50
COUSSOT P., OVARLEZ G., BONN N.,
Equipe IRM CNRS 70, Réseau Génie Civil et Urbain, 2004-2007

Tempus FORCE. INPG

DE BUHAN P. Participation au projet européen, 2007 – 2008

IREX

DE BUHAN P., HASSEN G. Projet national ASIRI, 2007 – 2008

Ministère de la Culture et de la Communication

BOURGUIGNON E., SHAHIDZADEH-BONN N. Subvention de Recherche Modélisation du séchage et du transfert de sels dans les compresseurs de dessalement. Rapport final, 2005 – 2006

RDCS USINOR

SAB K., DALLOT J. Renforcement et réparation d'ouvrage d'art soumis à des sollicitations sismiques, oct. 04 – sept. 08

LCPC 23

ROUSSEL N., LEMAITRE A. Région Île-de-France, 2007-2010

SCHLUMBERGER

LE ROY R., NGUYEN T.
Amélioration de l'étanchéité des puits pétroliers, oct. 06 – déc. 07

SNCF

CUI Y.-J., TANG A.-M., TRINH V.-N.
Étude du comportement de gonflement des sols marneux rencontrés sur la LGV Méditerranée-Chabrillan. Rapport 22 p.

SNCF

KARAM J.-P., CUI Y.-J.
Mise au point de la méthode d'évaluation du risque de liquéfaction des limons non saturés sur la LGV Nord

SONIMAT/AIRBUS

DUHAMEL D., HA-MINH D.
Etude de la soudure par ultrason, sept. 2006 – sept. 2009

TOTAL

SULEM J., GHABEZLOO S., GUEDON S., MARTINEAU F.
Comportement thermo-poro-mécanique des ciments pétroliers en conditions de fortes contraintes et hautes températures - Application à la tenue de parois en fond de puits pétrolier. Rapport d'avancement de 2^e année, 94 p.

Université de MARNE-LA-VALLÉE

ARGOUL P., NGUYEN T.-M.
Réduction des modèles en dynamique non linéaire

PARTENAIRES CIFRE

AIRBUS

HA MINH D.

ALSTOM

MAHAUT F.

ARCELOR

DALLOT J.

BIC

ROUBY C.

CERIB

TRAN N.-C.

CSTB

SAHLAOUI R.

CTG

DESBOIS T.

DECATHLON

LY Q.-H.

EDF

NGUYEN S.-T.

FFB

BOUASSIDA Y.

IFP

RAGOUILLIAUX A.

IFP

LE M.-H.

LAFARGE

SANAHUJA J.

SNCF

TRINH V.-N.

VALORISATION

Brevets

Structure porteuse béton-bois

R. LE ROY, G. FORET, S. PHAM

**PARTICIPATION
D'EXPERTISE PUBLIQUE**

P. ARGOUL

Expertise pour projet ANR

Abréviations

ACI Action Concertée Incitative

ACSA Appareil de Cisaillement Simple Annulaire

ACV Analyse du Cycle de Vie

AGI Associazione Geotecnica Italiana

ALERT Alliance de Laboratoires Européens pour la Recherche et la Technologie

ANR Agence Nationale pour la Recherche

AUF Agence Universitaire de la Francophonie

AUGC Association Universitaire de Génie Civil

BA Béton Armé

BFUP Béton Filtré Ultra Performant

BRGM Bureau de Recherches Géologiques et Ministères

CE-EC Commission Européenne - European Commission

CEBTP Centre Expérimental du Bâtiment et des Travaux Publics

CEMAGREF Centre national du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et Forêts

CEN Comité Européen de Normalisation

CER Centre d'Expérimentations Routières (Rouen)

CERMES Centre d'Enseignement et de Recherches en Mécanique des Sols

CERMICS Centre d'Enseignement et de Recherche en Mathématiques et Calcul Scientifique

CESAR/LCPC Code de calcul par éléments finis CESAR/LCPC

CETE Centre d'Études Techniques de l'Équipement

CETMEF Centre d'Études Techniques Maritimes et Fluviales

CETTCE Continuing Educational and Technology Transfer in Civil Engineering (Projet européen)

CFMS Comité Français de Mécanique des Sols et Géotechnique

CGI Centre de Géologie de l'Ingénieur (commun à Mines ParisTech, École des Ponts et UPEMLV)

CIFP Centre interrégional de formation professionnelle (MEDAD)

CLAROM Club pour les Actions de Recherche sur les Ouvrages en Mer

CMDS Continuum Models and Discrete Systems

CMES Computer Modeling in Engineering and Sciences

CNAM Conservatoire National des Arts et Métiers

CNR Consiglio Nazionale delle Ricerche (Italie)

CNRS Centre National de la Recherche Scientifique

CRM Comptes rendus Mécanique

DAEI Direction des Affaires Économiques et Internationales (MEDAD)

DFI The Deep Foundations Institute

DGLAB Deep Geodynamic LABORatory

DRAST Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques (MEDAD)

ECCE European Council of Civil Engineers

ECP École Centrale de Paris

EDF Électricité De France

EF	Éléments Finis	GCC	Génie Civil et Construction (département de l'École des Ponts)
EGS	European Geophysical Society	GCE	Génie Civil Européen (Mastère de l'École des Ponts)
EHTP	École Hassania des travaux Publics	GDRE	Groupement De Recherche Européen
EIVP	École des Ingénieurs de la Ville de Paris	GL	Groupement de Laboratoires
ENIT	École Nationale des Ingénieurs de Tunisie	GMM	Génie Mécanique et Matériaux
ENPC	École Nationale des Ponts et Chaussées (École des Ponts)	IB, IT, OA	Ingénierie du Bâtiment, Infrastructures des Transports, Ouvrages d'Art (Mastères École des Ponts)
ENS	École Normale Supérieure (rue d'Ulm)	ICFEP	Imperial College Finite Elements Programme
ENSG	École Nationale des Sciences Géographiques	ICITE	Instituto Centrale per l'Industrializzazione e le Tecnologia Edilizie (Rome, CNR)
ENSMP	École Nationale Supérieure des Mines de Paris (MinesParisTech)	IFCIM	Institut Franco-Chinois d'Ingénierie et de Management (ParisTech - Tongji)
ENTPE	École Nationale des Travaux Publics de l'Etat	IFP	Institut Français du Pétrole
EP	École Polytechnique	IFREMER	Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
EPFL	École Polytechnique Fédérale de Lausanne	INERIS	Institut National de l'Environnement industriel et des RISques
ESEM	Environmental Scanning Electron Microscope	INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
ESTP	École Spéciale des Travaux et Publics	INSA	Institut National des Sciences Appliquées
EUCEET	European Civil Engineering Education and Training (Socrates/Erasmus Network)	IPG	Institut de Physique du Globe
FEM	Finite Element Method	IPGP	Institut de Physique du Globe de Paris
FFB	Fédération Française du Bâtiment	IR	Inversion-Recovery
FFT	Fast Fourier Transform	IREX	Institut pour la Recherche appliquée et l'EXpérimentation en génie civil
FGM	Functionally Graded Materials	IRM	Imagerie à Résonance Magnétique
FHWA	Federal Highway Administration (USA)		
FNTP	Fédération Nationale des Travaux Publics		

ITII	Institut des Techniques d'Ingénieur de l'Industrie	NE2C	New Road Construction Concept
ITPE	Ingénieurs des Travaux Publics de l'État	PCRD	Programme Cadre de Recherche-Développement de la CE
IWM	International Workshop on Micropiles	PFE	Projet de Fin d'Étude
JEMP	Journées d'Études sur les Milieux Poreux	RGCU	Réseau Génie Civil et Urbain
LAM	Laboratoire de Mécanique de l'UPEMLV	RMN	Résonance Magnétique Nucléaire
LAMI	Laboratoire d'Analyse des Matériaux et Identification (École des Ponts et LCPC)	RTN	Research Training Network
LCPC	Laboratoire Central des Ponts et Chaussées	S3M	Solides, Structure et Systèmes Mécaniques (MASTER M2)
LMGC	Laboratoire de Mécanique et Génie Civil (université de Montpellier II et CNRS)	SCK-CEN	Centre d'Études Nucléaires (Mol, Belgique)
LMS	Laboratoire Mécanique des Sols	SIMSG	Société Internationale de Mécanique de Sols et de Géotechnique
LMSGC	Laboratoire des Matériaux et des Structures du Génie Civil (École des Ponts, LCPC et CNRS)	SNCF	Société Nationale des Chemins de Fer Français
LRPC	Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées	SOLCYP	SOLlicitations CYcliques pour les Pieux
MAIF	Mutuelle Assurance automobile des Instituteurs de France	SPI	Single Point Imaging
MEBE	Microscope Électronique à Balayage Environnemental	STREP	Specific Targeted Research Project
MEPI	Modèle élasto-plastique d'interface	TC/SC/PT	Technical Committee/Sub-Committee/Project Team
MEDAD	Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables	TFE	Travail de Fin d'Études (d'ingénieur)
MNNL	Modes Nomaux Non Linéaires	TGV	Train à Grande Vitesse
MSRGI	Mécanique des Sols et des Roches et Géologie de l'Ingénieur (division du LCPC)	THCM	Thermo-Hydro-Chemo-Mecanical
MSROE	Mécanique des Sols, des Roches et des Ouvrages dans leur Environnement	THM	Thermo-Hydro-Mecanical
MUSE	Mechanics of Unsaturated Soils for Engineering	TOC	Transformation en Ondelettes
		TU	Technical University
		TUC	Technical University of Construction
		UMR	Unité Mixte de Recherche
		UPC	Universitat Politecnica de Catalunya

**UPEMLV Université de Paris-Est-Marne-
La-Vallée**

UR Navier : Unité de Recherche Navier

**UTCB Université Technique de la
Construction de Bucarest**

**UTNA Université Technique Nationale
d'Athènes**

**VER Volume Élémentaire
Représentatif**

VPI Virginia Polytecnic Institute