

Titres et Travaux
de
Pierre Evesque

Directeur de Recherche CNRS
Laboratoire de Mécanique: Sols-structures-matériaux
UMR 8579 CNRS - Ecole Centrale de Paris

Sept. 2015

Avant-propos

P. Evesque (PE) a été mis en congé longue maladie d'office contre son gré en Mai 2013, parce que le CNRS et l'ECP refusent de l'évaluer sérieusement (avec des critères réellement scientifiques) ; malgré cela, il travaille, mais il ne peut plus (i.e. ne veut plus) publier ses travaux ; il refuse de relever les erreurs de la « communauté scientifique », il récuse la norme « scientifique » actuelle, de la comptabilisation des articles, même pas digne d'un secrétariat, car on ne sait pas lesquels sont justes et lesquels sont faux : on montre facilement qu'avec la méthode préconisée par les administrateurs de la recherche et cautionnée par la « communauté scientifique », la probabilité de publication de tout article est 1, quelque soit la valeur (ou la nullité) de l'article, quelle que soit sa teneur. !!!

PE se bat contre cet état de fait du point de vue juridique, via deux requêtes au tribunal administratif, 2 appels dont un est en préparation, (et un perdu, mais avec réplique au Conseil d'Etat) ; par ailleurs il a porté plainte pour harcèlement au tribunal de grande instance, et s'apprête à se porter partie civile.

PE remarque la gestion inqualifiable des autorités de recherches qui devraient être tenues par une charte déontologique. Devant l'abus de droit, il demande que tout acteur administratif soit tenu de reporter son travail dans un carnet de laboratoire, comme c'est le cas pour les autres acteurs de la recherche, pour éviter les falsifications de documents, le non enregistrement des correspondances (même en rar),

Donc Pierre Evesque reste en activité de recherche. Il refuse simplement de publier ses travaux dans ces conditions de pratiques. Il infléchit aussi son thème de recherche (effet du désordre sur les propriétés mécaniques et physiques des matériaux) pour l'orienter aussi **sur l'effet du désordre sur la gestion des systèmes complexes en interaction**, gestion économique, gestion administrative, sujets qui le passionnent.

Compte tenu de ces circonstances, il sait qu'il n'a aucune chance pour un avancement futur ; mais il tient à marquer sa désapprobation devant l'absence de déontologie de la profession. PE tient à rappeler, face à de tels actes, que ceux-ci disqualifient d'emblée les logos CNRS et ECP des vraies revues scientifiques ; en tout cas c'est ce qui était écrit noir sur blanc dans les conventions américaines des sociétés savantes il y a quelques années.

Travaux récents

- 290a: **Refus** du CNRS de l'invitation de P. Evesque à Ecole d'été KITP Beijing sur les granulaires, 1 mois (Juin 2013), participation ajournée par le CNRS pour « mise en congé longue durée d'office » désavouée par le Tribunal Administratif.
- 290b- **Refus** du CNRS de laisser PE aller assister à la thèse de YP.Chen (sa thésarde) et de participer au jury de thèse de YP.Chen. (Avril 2014, CNES) contre son désaccord.(même raison).
- 290c : **Refus** du CNRS de laisser PE aller à toute conférence et Ecole de formation permanente, réunion GDR pendant sa « mise en congé longue durée d'office » désavouée par le Tribunal Administratif (juillet 2014).
- 290e : **Refus** du CNRS de laisser PE participer à l'examen de son unité par l'AERES en janvier-Février 2014, que ce soit par écrit (rapport) et d'assister au débat ; PE a du user de ruse pour qu'on l'écoute à part, hors présence du personnel du laboratoire.
- 290d- etc. **refus** systématique du droit à la formation permanente, de participer à des congrès...
- 291- YP.Chen, M. Hou, P.Evesque, Eng. Computation (2015), Asymmetric local velocity distribution in a driven granular gas, paru
- 292-293- P. Evesque, Poudres & Grains **22**, 1-3 & 4-9 (2015 1er éditorial 2015 dans Poudres et Grains en anglais: « I am Charlie », leitmotiv of these days ; & en français, « Je suis Charlie », leitmotiv de ces derniers jours.
- 294-295- P. Evesque , Poudres & Grains **22**, 10-12 & 13-15 (2015), 2ème éditorial 2015 dans Poudres et Grains en français : Pourquoi Je suis "Charlie" ; in English : « Why I Am Charlie
- 296- F. Douit, P. Evesque, 2015, Poudres & Grains **22**, 16-91 (2015) + Méthode expérimentale d'Etude ..., (et Encadrement du stage Ingénieur CNAM de F.Douit, & encadrement Dissertation de stage),
- 297- Et Rédaction du [blog http://defense-pierre-evesque.over-blog.com/](http://defense-pierre-evesque.over-blog.com/) qui contient les principales pièces, requêtes, mémoires, plaintes judiciaires au TA, à la CAA et au TGI.

TABLE DES MATIERES

I. Curriculum vitae	p. 3
II. Rapport de Recherche	6
A. Introduction	6
B. Description détaillée de l'activité de recherche précédent la mécanique	18
C. Description détaillée des travaux Mécanique des Milieux granulaires	30
D. Programme de recherche 2006, revu 2012	55
E. Nouveau Programme de recherche et d'activité (2014)	60
III. Activités d'enseignement et direction de recherches	67
A. Activité d'enseignement	67
B. Direction de recherches	67
Direction de thèses	67
Direction de stage post-doctoral	68
Encadrement de stagiaires	68
C. Jurys de thèse	70
IV. Activités administratives	70
Activité de referee et de gestion scientifique	71
Gestion du laboratoire	71
gestion de contrat	71
organisation de congrès et de séminaires	72
V. Activités scientifiques diverses	73
1. collaborations scientifiques	73
2. appartenance à des sociétés savantes	73
3. actions conseil et de vulgarisation de la recherche	73
ANNEXE I : Production Scientifique	75
liste des publications par ordre chronologique	75
liste des communications orales	93
ANNEXE II : Page de garde du Témoignage n° 4 remis au Consei de labo	110
ANNEXE III : Extraits du Rapport à 2,5 ans de P.Evesque de 2012	111-126
Faits marquants	112
Recherche scientifique	113
Publications, etc	124

I. CURRICULUM VITAE

EVESQUE Pierre

né le 26 décembre 1951 à Neuilly-sur-Seine (92)

Marié sans enfant

Adresse personnelle : 1, rue Jean Longuet, 92290 Châtenay-Malabry

Adresse professionnelle :

Laboratoire de Mécanique: sols, structures, matériaux, umr 8579 cnrs

Ecole Centrale Paris ; 92295 Châtenay-Malabry Cedex

Tel: 01 41 13 12 18 & 01 43 50 12 22 ; Fax : 01 41 13 14 37

e-mail : pierre.evesque@ecp.fr

DIPLOMES DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

1969 : Baccalauréat section C

1976 : Diplôme d'Ingénieur ESPCI (Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielles de la ville de Paris)

1979 : Doctorat de 3^{ème} cycle, Université Paris VI

"Transfert d'énergie dans $\text{CaF}_2:\text{Pr}^{3+}$: étude par excitation sélective et spectroscopie en temps résolu".

Jury : MM A. Zarembowitch, P.G. de Gennes, Y. Merle d'Aubigné, J. Badoz et J. Duran

1984 : Doctorat ès sciences, Université Paris VI

"Diffusion de l'énergie dans les systèmes désordonnés : application aux cristaux mixtes de naphthalène".

Jury : MM P.G. de Gennes, S. Alexander, A.C. Boccara, J. Duran, Y. Merle d'Aubigné, M. Moreau et M. Schott

FONCTIONS OCCUPEES

avant 1976 : Etudiant

1976-1977 : Allocataire D.G.R.S.T.

1977-1978 : Assistant à l'Ecole sup. de physique et chimie industrielles de la ville de Paris

1978-1979 : Service National

1980-1983 : Chargé de recherche de 2^{ème} classe au CNRS, (Laboratoire d'Optique Physique de l'ESPCI)

1983-1984 : Chargé de recherche de 1^{ère} classe, (Laboratoire d'Optique Physique de l'ESPCI)

1984-1985 : Détachement chez le Professeur M.A. El-Sayed, Department of Chemistry and Biochemistry, UCLA, USA

1985-1990 : Laboratoire d'Optique de la Matière Condensée, Université Paris VI

1991-1993: Laboratoire de Mécanique: sols-structures-matériaux, Ecole Centrale Paris

depuis 1993: Directeur de Recherche de 2^{ème} classe (Laboratoire de Mécanique: sols-structures-matériaux, Ecole Centrale Paris)

depuis 2013 : Le CNRS tente de me mettre en congé longue maladie d'office, via une maladie mentale virtuelle

INTERNATIONAL POSITIONS:

- 1990-1993 : Coordinator of the expert working group on « Granular Matter » at ESA
1993- : Editor : *Poudres & Grains*
1997-2005 : Président de l'AEMMG (Association pour l'Etude de la Micro-Mécanique des Milieux Granulaires) which runs the Congress « Powders & grains »
Sept 1997 : Invited scholar at ITP (Institute of Theoretical physics) of UCSB
2000- 2011 : Coordinator of the ESA Topical Team on “Vibrational Phenomena”
June 2006 : Invited scholar at KITP of UCSB
1996- Research program funded by CNES and ESA, Member of GDR MFA
2006,2007,2008, 2010, 2011, 2012: invited scholar at CAS,
2007-2011 : French coordinator of Dynagran Sino-French project in SJ-10

FIELDS OF PROFESSIONAL EXPERTISE:

- Physics of disordered materials
Percolation, Phase transition and critical phenomena.
Mechanics and Physics of Granular materials
Fluids under vibration and in micro-gravity

SELECTED LIST OF PUBLICATIONS IN BETWEEN 2000-2006:

- C. Ancey & P. Evesque, Frictional-collisional regime for granular suspension down an inclined channel, *Phys. Rev. E* **62**, 8349-8360, (2000)
- A.A. Ivanova, V.G. Kozlov, and P. Evesque , Fluidization of a granular medium in a viscous fluid under vertical vibration, *Fluid Dynamics*, **Vol.35**, No.3, pp. 406-413, (2000)
- N. Sommier, P. Porion, P. Evesque, B. Leclerc, P. Tchoreloff, G. Couarraze, Magnetic resonance imaging investigation of the mixing-segregation process in a pharmaceutical blender , *International Journal of Pharmaceutics* **222**, 243-258 (2001)
- P. Evesque, D. Beysens & Y. Garrabos, Mechanical behaviour of granular-gas and heterogeneous-fluid systems submitted to vibrations in micro-gravity, *J. de Physique IVFrance* **11**, Pr6-49 to 56 (2001)
- P. Porion, N. Sommier, A.M. Faugere & P. Evesque, Dynamics of size-segregation and mixing of granular materials in a 3d-blender by NMR Imaging, *Powder Technology* **141**, 55-68, (2004)
- A.A. Ivanova, V.G. Kozlov & P. Evesque, Interface dynamics of immiscible fluids under horizontal vibrations, *Fluid Dynamics* **36** (3) , 362-368 (2001)
- F. Adjemian & P. Evesque, Experimental study of stick-slip behaviour, *International Journal for Numerical and Analytical methods in geomechanics [Int. J. Numer. Anal. Meth. Geomech.]* **28**, 501-530 (2004) 10:1002/nag350
- P. Evesque, F. Adjemian , Stress fluctuations and macroscopic stick-slip in granular materials, *Eur. Phys. J. E* **9**, 253-259 (2002) DOI: 10.1140/epje/i2002-10082-4
- P. Evesque, Macroscopic Continuous Approach versus Discrete Approach, Fluctuations, criticality and SOC. A state of the question based on articles in *Powders & Grains 2001*, *Poudres & Grains* **12** (7), 122-150 (Novembre 2001), ISSN 1257-3957
- P. Evesque, Are Temperature and other Thermodynamics Variables efficient Concepts for describing Granular Gases and/or Flows ?, *Poudres & Grains* **13** (2), 20-26 (Mars- Avril 2002) ISSN 1257-3957
- P. Jean, H. Bellenger, P. Burban, L. Ponso & P. Evesque, Phase transition or Maxwell's demon in Granular gas?, *Poudres & Grains* **13** (3), 27-39 (Juillet-Aout 2002) ISSN 1257-3957, http://www.mssmat.ecp.fr/html_petg/spip.php?rubrique1
- D. Beysens , D. Chatain, P. Evesque , Y. Garrabos, High-frequency driven capillary flows speed up the gas-liquid phase transition in zero-gravity conditions, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 034502 (2005) (LN8973)
- E. Falcon, S. Aumaître, P. Evesque, F. Palencia, C. Lecoutre-Chabot, S. Fauve, D. Beysens & Y. Garrabo, Collision statistics in a dilute granular gas fluidized by vibrations in low gravity, *Europhys. Lett* **74**, 830- (2006)
- V. Busignies, B. Leclerc, P. Porion, P. Evesque, G. Couarraze and P. Tchoreloff , Compaction behaviour and new predictive approach to the compressibility of binary mixtures of pharmaceutical excipients, *Eur. J. Pharm. Biopharm.* **64** (2006) 66-74
- V. Busignies, B. Leclerc, P. Porion, P. Evesque, G. Couarraze and P. Tchoreloff, Investigation and modelling approach of the mechanical properties of compacts made with binary mixtures of pharmaceutical excipients., *Eur. J. Pharm. Biopharm.* **64** (2006) 51-65
- V. Busignies, B. Leclerc, P. Porion, P. Evesque, G. Couarraze and P. Tchoreloff, Potential of X-ray microtomography to detect localized variations of density in cylindrical tablets, *Eur. J. Pharm. Biopharm.* **64** (2006) 38-50
- P. Evesque, Snapshots on Some Granular States of Matter: Billiard, Gas, Clustering, Liquid, Plastic, Solid, In *GRANULAR MATERIALS: fundamentals and applications*. pp. 29-62 (Ed by S. Antony, ed. Royal Society of Chemistry, 15 FEB 2004), 99.95 €, IS(01): 0854045864
- D. Beysens & P. Evesque, “Vibrational phenomena in near-critical fluids and granular matter”, In “*Topical Teams in the Life & physical Sciences, Towards new research applications in space*”, SP 1281, ESA publication division, co ESTEC, PO Box 299, 2200 Noordwijk, The Netherlands

SELECTED LIST OF PUBLICATIONS IN BETWEEN AROUND 2010:

- P. Evesque ; “Microgravity and Dissipative Granular Gas in a vibrated container : a gas with an asymmetric speed distribution in the vibration direction, but with a null mean speed everywhere”; *Poudres & Grains* **18**, 1-19 (2010)
- P. Porion, V. Busignies, V. Mazel, B. Leclerc, P. Evesque & P. Tchoreloff ; “Anisotropic Porous Structure of Pharmaceutical Compacts Evaluated by PGSTE-NMR in Relation to Mechanical Property Anisotropy”, *Pharmaceutical Research* DOI 10.1007/s11095-010-0228-1 (10August 2010)
- P. Evesque ; Dialogue of the deaf : « Hydrodynamics » with dissipation. Towards mixing or demixing? *Poudres & Grains* 20, 1 (2012)
- YP. Chen, P.Evesque, M.Hou; Breakdown of Energy Equipartition in Vibro-Fluidized Granular Media in Micro-Gravity; *Chin. Phys. Lett.* **29**, (N°7) 074501, (2012)
- P.Evesque; Reading notes on : “Les milieux granulaires ; Entre fluide et solide” by B.Andreotti, Y. Forterre et O. Pouliquen ; *Poudres & Grains* 19, 17-18 (2011)

Les articles récents de P.Evesque sur les gaz granulaires et publiés dans *Poudres & Grains* ont été « validés » récemment par un membre de l’Acad. des Sciences (J.Villain), dont l’absence de complaisance vis-à-vis de l’auteur ne peut être suspectée (voir son rapport 1989 sur la candidature de P.Evesque à DR2, section 07 ; voir aussi J.Villain *Poudres & Grains* 20 , 29-36 (2012)

And always:

- P. Evesque, Eléments de mécanique quas-istatique des milieux granulaires mouillés ou secs, *Poudres & Grains* **NS-1** 1-155 (décembre 2000)
- P. Evesque, Energy migration in randomly doped crystals: geometrical properties of space and kinetic laws. *J. de Phys. France* **44**, 1217-1224, (1983)

II. RAPPORT DE RECHERCHE

A) INTRODUCTION

Mon activité scientifique a peu évolué ces deux dernières années, car le CNRS a voulu m'imposer un congé de longue maladie d'office (qui a été annulé par jugement au Tribunal administratif (Juillet 2014)) suivi d'une requête à la Cour administrative d'Appel. Le motif est parcontre virtuel (comportement psychiatrique à tendance dépressive) lié en fait à un harcèlement réel (refus par la hiérarchie de signer mes ordres de missions, mes commandes sur contrats personnels, tentative de spoliation de crédit, harcèlement de mes étudiants, fabrication de preuves, refus de signer des contrats, refus de signer des accords de secret, vol de travail de thèse,...) parce que cette hiérarchie refuse d'accepter la déontologie scientifique décrite par la charte européenne de la recherche qu'elle a pourtant elle-même signée et qu'elle a mentionnée dans son contrat de gestion ECP-CNRS. En d'autres termes, cette hiérarchie est elle-même sujette à un comportement schizophrénique complexe que je définirait par les termes de « déification aléatoire incohérent ».

Pour cette raison, je me permets de reprendre mes titres et travaux de 2012, dont je modifierai la partie perspective. J'y inclus ces deux premiers paragraphes d'introduction, modifie quelques phrases pour les rendre plus exactes à la réalité ; j'introduis aussi les ref. 280-290 dans ma production, et en point 290, je cite les événements auxquels je n'ai pu participer, i.e. **ni à la soutenance de la thèse de YP Chen (dont je suis le directeur de thèse), ni la réunion-Ecole d'été de KITP Beijing (durée 1mois Jun 2013) où j'étais invité comme conférencier, ni même dans aucun congrès, aucune formation professionnelle, ni aussi à l'examen de notre unité par l'AERES en janvier-Février 2014; tout cela m'a été interdit par l'administration cnrs, paraît-il par ma « mise en congé longue maladie d'office » désavouée par le Tribunal Administratif (juillet 2014).**

Mon activité de recherche concerne essentiellement la physique, puis depuis presque 30 ans la mécanique des matériaux désordonnés du type « sable ». Depuis peu de temps je m'intéresse à la gestion des systèmes complexes, via les aléas de gestion que je subis et mes connaissances en physique des systèmes complexes. Cette activité s'est déroulée successivement dans plusieurs laboratoires. Tout d'abord des laboratoires d'optique: j'ai préparé et soutenu une thèse de troisième cycle (1976-1979) et une thèse d'état (1980-1984) au laboratoire d'Optique Physique de l'ESPCI, dirigé par J. Badoz. J'y ai travaillé sous la direction de Michel Billardon et surtout sous celle de Jacques Duran. J'ai ensuite rejoint J. Duran au laboratoire d'Optique de la Matière Condensée de Paris VI, après un stage post-doctoral d'un an chez le professeur M.A. El-Sayed au Department of Chemistry & Biochemistry de UCLA. Durant cette période, j'ai essentiellement étudié les problèmes de transport, de transfert et de piégeage d'excitations optiques dans les matériaux désordonnés. Le passage à l'étude des propriétés mécaniques des matériaux désordonnés et en particulier à la mécanique des milieux granulaires a débuté en 1987 et a eu lieu en trois étapes: cette conversion a commencé au sein même du laboratoire d'Optique de la Matière Condensée où j'ai créé le groupe "milieu granulaire sec" après que Jean Rajchenbach m'a rejoint

pour monter des expériences d'avalanches et de vibrations de billes; puis, j'ai consacré un an à faire plusieurs stages dans différents laboratoires de mécanique et de mécanique des sols de la région parisienne.

Je suis intégré depuis 1991 au laboratoire de Mécanique: Sols-Structures-Matériaux de l'Ecole Centrale Paris; j'ai participé aux réunions du GDR PMMH, du GRECO-géomatériaux sur le passage micro-macro, puis à celles de Géo; je fais maintenant partie des GDR MIDI et du GDR "Phénomènes de Transport et Transitions de Phases en Micropesanteur", car je développe des expériences de vibration sur des fluides hétérogènes en apesanteur ; les vibrations sont importantes en physique spatiale, car elles perturbent beaucoup d'expériences en micro-gravité; nous espérons les utiliser à terme pour positionner les fluides et leurs interfaces en apesanteur, ou réduire leurs effets perturbateurs. Dans ce cadre j'ai créé un groupe d'experts « granulaires » à l'ESA dès 1990-92, puis j'ai été coordinateur du groupe de travail international ESA sur les vibrations et responsable d'une expérience; j'ai bénéficié de 3 expériences dans 3 fusées sonde (MiniTexus 5, Maxus 5 et Maxus 7), d'une expérience chinoise en satellite (SJ8), donnée gratuitement par ma collègue M.Hou, de plusieurs campagnes de vols paraboliques avec l'Airbus A300 du CNES ; Et un tiroir « vibration », i.e. VIP-Gran, est en cours de fabrication pour la station orbitale internationale ISS, et une expérience Dynagran en satellite SJ10 chinois, dont je ne connais pas l'état d'avancement (à cause des arcanes administratifs actuels). La coordination et la réalisation de cette recherche m'ont pas mal occupé ces dernières années, bien malgré moi et avec peu d'efficacité expérimentale. Ceci dit je ne le regrette pas, le manque de production de données expérimentales «sur les granulaires vibrés en milieu 0g », lié à un défaut programmatique, m'a forcé à dépouiller les résultats obtenus très sérieusement. Ceci m'a permis de découvrir des phénomènes nouveaux et de mettre en évidence une cacophonie scientifique et des erreurs de logiques dans les interprétations précédentes de la plupart des résultats sur les gaz ou solides granulaires vibrés.

Cette cacophonie (très cohérente) dure depuis plus de 20ans et a (et aura probablement) beaucoup de mal à se réajuster, ceci à cause de la carence administrative que l'on observe dans la recherche scientifique, liée au manque de volonté d'application d'une certaine déontologie scientifique au sein des structures évaluatrices. La révélation de ces erreurs poussent probablement la communauté à nier ces éléments et à me faire désaisir de « mes » expériences en micro-gravité. J'espère toutefois avoir le droit de dépouiller ces résultats aussi, comme cela est reconnu par les conventions internationales qui considère que les résultats spatiaux doivent être partagés. J'ai maintenant écrit un groupe de 4 témoignages au sujet des problèmes de déontologie scientifique vécus ; ils sont disponibles sur l'intranet de mon laboratoire et classés avec les pv des conseils de Laboratoires pendant lesquels je les ai présentés et remis. J'ai joint le dernier (Témoignage n°4) en Annexe II des Titres et Travaux de 2012. N'ayant pas eu beaucoup de temps pour préparer cette notice 2012, on pourra consulter aussi mes rapports CNRS 2009-2010 à 2ans, et 2010-2012 à 2,5 ans que l'on peut consulter dans mon dossier, qui parlent de la difficulté de trouver une collaboration administrative efficace et des contraintes que cela produit sur le personnel de recherche. Lutter contre ce genre de discrémimition engendrerait probablement un saut de rendement. Pour les derniers aléas consulter aussi le Tribunal Administratif de Paris (jugement du 4 Juillet 2014), l'appel requis par le cnrs après ce jugement, qui n'est ps encore jugé, et toutes les pièces

que j'ai donné comme preuves de mes dire, le cnrs n'ayant rien fourni au TA il aurait du se considérer comme acquiesçant aux faits.

Mon activité scientifique dans le domaine des granulaires a porté sur la description macroscopique de la rhéologie des milieux granulaires denses quasi-statiques avec l'utilisation de la théorie des systèmes dynamiques; puis j'ai cherché à simplifier leur description ; et j'ai montré que ces lois rhéologiques permettaient de prédire la distribution des contraintes dans un empilement à surfaces libres en fonction de l'histoire de la construction du tas. La mécanique d'un milieu granulaire dépend d'un ensemble statistique de forces et de contacts ; j'ai donc cherché à caractériser les fluctuations dans ce milieu, à vérifier la validité du théorème de la limite centrale, à décrire les variables quasi-statiques de façon statistique et à tenter un passage micro-macro avec prise en compte des rotations. J'ai aussi étudié la stabilité des pentes, le problème des avalanches en centrifugeuse (100g) ou à 1 g, celui du stick-slip dans certains essais triaxiaux de billes de verre. Un milieu granulaire est très déformable et peut s'écouler; j'ai donc étudié les mouvements convectifs induits par des sollicitations cycliques soit quasi-statique, soit dynamique dans des milieux granulaires secs puis saturés de liquide ; puis j'ai cherché à caractériser la ségrégation et le mélange d'un milieu granulaire dans un mélangeur efficace, le turbula, grâce à un imageur IRM, en collaboration avec des pharmaciens et P.Porion du CRMD. Toujours avec les deux mêmes équipes j'ai aussi voulu étudier les compacts fabriqués d'un mélange binaire d'excipients pharmaceutiques en quantité variable, sous très forte contrainte.

Enfin j'essaye d'étudier les milieux granulaires en micro-gravité ; je me suis attaqué au problème des gaz granulaires de la formation de « cluster » et à celui de la gestion des fluides hétérogènes (composés ou non de grains) dans l'espace et soumis à des vibrations.... Nous verrons que l'étude des gaz granulaires est très importante, qu'elle met en évidence des effets non hydrodynamiques, qu'il faut intégrer ces effets pour comprendre la physique des granulaires vibrés. Ces résultats permettront finalement de faire un lien expérimental et théorique avec mes premières études (de convection sous vibration verticale) . Ils remettent en cause partiellement l'explication générale précédentes de ces phénomènes, en l'expliquant plus profondément et en la complétant par des conditions supplémentaires liées aux conditions aux limites entre tas et plaque support, via une interface qui doit tenir compte du frottement solide et des pressions de gaz.

Ces différents travaux m'ont permis de nouer des collaborations fortes soit de façon ponctuelle, soit à plus long terme avec D. Beysens, Y. Garrabos, B. Cambou, Ph. Coussot, P.G. de Gennes, J. Lanier, M. Jean, E. Falcon, S. Fauve, P. Habib, M.P. Luong, D. Sornette, P. Porion.

J'exposerai tour à tour mes premiers résultats de recherche concernant les problèmes d'optique et de matériaux désordonnés, puis le résultat de mes nouvelles préoccupations, après ma conversion aux problèmes de mécanique. J'utiliserai une description chronologique dans le premier cas, et une description plus synthétique dans le second cas; Les nombres en exposant réfèrent à ma liste de publications par ordre chronologique que je joins.

Optique et matériaux désordonnés 1- 24, 29-32, 45 :

Les thèmes de recherche que j'ai abordés dans ce domaine sont en général liés à l'existence, à la description ou à la création d'un désordre dans un matériau. Ils correspondaient essentiellement à des préoccupations de physique fondamentale, quoique certains de mes travaux aient eu des objectifs purement finalisés (je citerai entre autres, la recherche d'un matériau laser solide accordable dans l'ultraviolet et l'étude d'un nouveau matériau laser -le phosphate d'aluminium et d'Yttrium dopé au néodyme- en régime picoseconde).

Je suis un expérimentateur et les techniques que j'ai été amené à utiliser dans ce domaine sont celles de la cryogénie, de l'excitation sélective par laser à colorant continu ou en impulsion et de la spectroscopie en temps résolu. Dans ce dernier cas, les gammes de temps de mesure pouvaient varier de 20 femtosecondes ($= 2 \cdot 10^{-14}$ s) à 1 s suivant le problème. Les différentes méthodes employées dépendaient de l'échelle de temps et utilisaient soit une technique de corrélations temporelles pour les temps très courts (réseau transitoire picoseconde), soit des procédés électroniques tels que caméra à balayage de fente ou photomultiplicateurs associés à un analyseur multicanal ou à un box-car intégrateur.

Les échantillons auxquels je me suis intéressé sont assez variés, sans compter les agrégats fractals de cuivre que j'ai fait croître par électro-cristallisation et les matériaux granulaires non cohérents dont j'étudie actuellement la mécanique et la physique; mes études optiques concernent des cristaux ioniques tels $\text{CaF}_2:\text{Pr}^{3+}$, CaO ou $\text{ZnS}:\text{Mn}^{2+}$, un cristal organique (le mélange binaire de naphthalène perdeutérié et de naphthalène perhydrogéné), et un matériau poreux transparent imbibé de liquide, le Vycor. En fait, le lien qui unit l'étude de ces différents milieux est la volonté de comprendre et de décrire l'influence d'un désordre sur les propriétés physiques d'un matériau. Le thème porteur qui unifie la plupart de mes travaux utilisant l'optique est la recherche des caractéristiques de la diffusion et du piégeage des excitations dans des matériaux dopés, qu'ils soient cristallins, amorphes ou poreux.

Tous les problèmes que posent les matériaux désordonnés sont reliés à des préoccupations de physique statistique et les explications auxquelles ils donnent lieu sont en général controversées et font appel souvent à des théories en cours d'élaboration au moment où l'on en a besoin. Ceci a permis à l'expérimentateur que je suis d'intervenir sur le plan théorique. C'est ainsi par exemple que grâce à P.G. de Gennes, à R. Orbach et à S. Alexander, j'ai été amené à introduire dès 1983 la notion de fractale et d'exposant spectral dans les réactions de fusion et de piégeage d'excitations dans les cristaux mixtes de naphthalène, et que j'ai relié ce thème à celui des cinétiques chimiques dans les espaces confinés et/ou fractals ; ce thème continue à être très actif aujourd'hui (2003), soit 20 ans après. De même, j'ai mené une étude critique, en partie théorique, en partie expérimentale, qui a permis de définir une méthodologie basée sur un faisceau d'expériences optiques qui permet de démontrer si un système est fractal ou non. Ce point est important, compte tenu du nombre important de mauvaises interprétations à base de fractales que la littérature contient.

Mon approche des problèmes de croissance dendritique procède de la même volonté: c'est en me demandant quel pouvait être le trajet des électrons dans les cellules électroluminescentes de ZnS au seuil de claquage électrique que je me suis intéressé au modèle de Witten et Sander d'agrégation limitée par la diffusion (DLA). J'ai ainsi comparé des agrégats de cuivre, obtenus par électro-cristallisation, aux prédictions théoriques et j'ai défini une limitation sous-jacente du modèle qui est provoquée par l'existence d'une résistance non nulle du métal. J'ai ensuite généralisé ce résultat aux autres domaines d'application de la théorie de Witten et Sander. Sander a retrouvé ce résultat quelques années plus tard (1989).

En fait, le formalisme développé pour ces problèmes de percolation, de croissance, de diffusion et de piégeage est facilement extrapolable à des phénomènes qui semblent très différents tels que la diffusion et la convection dans les poreux, ou plus généralement la cinétique des réactions chimiques dans ces espaces.

Physique et mécanique des milieux granulaires 25-28, 33-44, 46-176 :

C'est aussi dans l'espoir d'une telle interaction entre expérience et théorie que je m'intéresse, depuis maintenant plus de quinze ans, à la statique et la dynamique des milieux granulaires non cohérents.

Historiquement, j'ai commencé ma reconversion en abordant plusieurs problèmes de mécanique des milieux granulaires en même temps : (i) stabilité d'un talus et statistique des avalanches^{25,34,39-41} (thèse P. Porion), (ii) conformation d'un tas soumis à des vibrations et mouvements de convection engendrés par ces vibrations^{26,28,35,36,37,38,47-49,55}. Ces travaux ont excité l'intérêt des physiciens pour la mécanique des milieux granulaires, d'autant qu'ils tombaient juste après la publication des articles originaux sur le Self Organised Criticality (SOC) de P. Bak et al..

Cependant, j'ai montré assez vite que les vraies avalanches ont une taille qui croît le plus souvent proportionnellement à la taille du tas ; elles ne correspondent donc pas à la théorie du SOC ; par contre, en utilisant la théorie des bifurcations, j'ai aussi analysé les résultats sur des pentes petites en terme d'effets de taille finie et de SOC^{39-41,60-61}. J'ai montré que l'angle de frottement dynamique n'était pas l'angle d'arrêt des avalanches mesuré avec une expérience de cylindre tournant, mais que cet angle dynamique correspondait à l'angle d'arrêt lorsque l'écoulement se vidait en dehors du container⁶⁰⁻⁶¹; c'est en particulier le cas pour les résultats obtenus avec la centrifugeuse du LCPC-Nantes^{46,50,54,60,68}(thèse P. Porion). J'ai aussi montré que cet angle de frottement dynamique correspondait bien à l'angle de frottement quasi-statique mesuré au triaxial et que la mécanique des avalanches était contrôlée par la densité initiale et par le mécanisme appelé dilatance. Vers 1997-2003^{84,99,100,150,159}, j'ai repris ce problème avec A. Modaressi (thèse S. Boufellouh), pour montrer que les lois rhéologiques permettaient de calculer les contraintes dans un empilement conique, puis pour étudier numériquement la limite de stabilité d'une pente. Ceci nous a permis de montrer le bien fondé de l'approche « mécanicienne » et d'infirmer l'approche proposée par Cates, Bouchaud et al. (cf. Annexes 1 et 2)^{87,105,138}. Il est malheureux qu'on tente de minimiser ces résultats, cf. *Poudres & Grains* **19**, 17-18 (2011), ce qui démontre que le débat à ce sujet

continue même s'il s'apaise lentement; j'avais connu la même chose à propos du vycor (cf. partie précédente) où la controverse a duré 10 ans à peu près ; des problèmes identiques ont eu lieu à propos de la transition d'Anderson, pour laquelle les articles des années 80-90 sont souvent obsolètes et/ou faux. Ce sont probablement les aléas du débat scientifique ; mais il me semble qu'ils augmentent en taille et en fréquence ; c'est probablement dû à l'augmentation des enjeux publicitaires et pécuniaires et au phénomène de « lobby » dans la politique « scientifique ». J'ai tendance à considérer que c'est une mauvaise politique éditoriale, couplée à une carence administrative, qui favorise ces effets de dérapage déontologique en couplant les politiques éditoriales des journaux, les intérêts des scientifiques et ceux des commissions de gestion de la recherche. Ceci me préoccupe et je cherche à proposer des solutions alternatives, c'est ce que je tente avec *Poudres & Grain*, et m'a poussé à écrire les 4 témoignages sur la pratique de la déontologie scientifique. Mais ceci m'écarte de l'objectif de ces titres et Travaux.

Les vibrations ont des effets surprenants sur le comportement des matériaux granulaires secs. J'en ai décrit quelques-uns ^{28,35,37,38,47,48}. On peut même arrêter un sablier, ou s'en servir comme oscilloscope.... Dans beaucoup de cas, le simple fait que l'axe de vibration ne soit pas parfaitement vertical provoque la convection et le « heaping » (mise en tas) ; cependant, l'air interstitiel joue aussi un rôle dans ce problème, comme l'a montré R.P. Behringer, surtout lorsqu'on a supprimé toutes les autres imperfections. Mais les vibrations horizontales engendrent de la convection, et l'air n'intervient pas dans ce cas; j'ai aussi montré que cette convection n'était pas toujours liée au caractère dynamique de l'excitation, puisque j'ai obtenu le même type de convection en appliquant un mouvement horizontal périodique et lent (quasi statique) ^{71,79}, preuve de l'importance des lois rhéologiques quasi-statiques dans ces phénomènes. D'autres effets sont liés à la présence d'un fluide ; je les décrirai plus loin, avec les expériences spatiales.

Ce n'est qu'après mon intégration dans un laboratoire de mécanique (1991), que je me suis vraiment intéressé à la rhéologie macroscopique quasi-statique et au passage « micro-macro » (thèses W. Meftah & F. Radjai); j'ai étudié en particulier l'effet des anti-rotations ^{51,52,59,67,119} dans les mécanismes de déformation du milieu macroscopique (collaboration D. Sornette ^{49,54,62,63}), ce qui provoque de la frustration. En fait ces rotations et contre-rotations sont des variables internes qui ne peuvent être décrites à partir des tenseurs ϵ & σ de déformation et de contrainte et de leurs fluctuations. Comme de son côté la mécanique des sols enseigne que cette loi rhéologique $\sigma(\epsilon)$ existe, j'en ai conclu que les modes de rotations et d'anti-rotations sont des degrés de liberté internes cachés qui s'adaptent à la distribution réelle des forces de contact pour que la loi rhéologique soit satisfaite. (Bien entendu ceci est moins vrai à 2-d et encore moins à 1d, car les effets de surface deviennent prépondérants ^{56,64,67}).

Les raisons profondes de l'existence de cette loi rhéologique $\sigma(\epsilon)$ restent à déterminer. J'ai tenté de lui donner une explication partielle, en partie à l'aide de la physique statistique, à partir d'un principe de désordre optimum et d'un raisonnement à la Boltzman ^{114,116,137,152}, en utilisant une idée proposée par deGennes pour expliquer l'approche d'Edwards.

Par ailleurs, j'ai étudié la loi rhéologique expérimentale décrite par les mécaniciens et ai proposé une modélisation mathématique simple, à base d'un formalisme incrémental isotrope dans le domaine des petites déformations ^{113,115,129,137,133} ; j'ai calé le modèle pour qu'il vérifie la loi de Rowe, qui donne

l'évolution de la dilatance en fonction des contraintes. J'ai montré alors que ce modèle permettait d'expliquer certaines lois expérimentales non encore expliquées, par exemple la constante de Jaky^{86,94,103} (qui est le rapport entre contraintes latérale et verticale dans un essai « oedométrique », c'est-à-dire à « rayon constant », ou dans un silo à paroi rigide). De même mon modèle décrit la forme de l'essai à volume constant, et prédit la bifurcation « sur la droite des états critiques » qui est effectivement observée expérimentalement^{104,106,137,139-142}. La connaissance des lois de la mécanique des sols m'a permis de décrire la surface de gelation, i.e. « jamming »¹³⁸, que les physiciens cherchaient, et j'ai montré que la concavité de cette surface était l'inverse de celle qu'ils lui attribuaient.

Il est important de pouvoir disposer d'une modélisation simple des petites déformations car elle permet de résoudre l'ensemble des problèmes des fondations, et de conditions aux limites⁹⁴. La plupart des formalismes antérieurs partaient de lois valables pour les grandes déformations, basées sur la plasticité parfaite ; bien entendu, ces modèles devaient être amendés successivement pour rendre compte des déformations de plus en plus petites, d'où une complexité du calcul et une difficulté à prédire simplement le comportement du sol. D'autres chercheurs avaient proposé un formalisme incrémental mais ils utilisaient des lois anisotropes pour plus de véracité, ce qui augmente le nombre de paramètres et masque la simplicité de certains comportements expérimentaux. Enfin j'ai étudié les lois rhéologiques expérimentales données par la mécanique des sols, et ai trouvé un certain nombre de cohérences internes nouvelles^{103,104,111}, ce qui démontre leur pertinence a posteriori. Ces travaux ont été la source de collaboration et de discussion avec A. Modaressi, M. Hattab et J. Biarez.

Pour définir la taille du volume élémentaire représentatif, j'ai montré qu'il fallait s'intéresser à la régression des fluctuations dans les courbes contrainte-déformation, avec la taille de l'échantillon^{117,119}. Avec F. Adjémian^{163,166,173}, j'ai étudié cette régression des fluctuations des lois contrainte-déformation $\sigma(\epsilon)$ en fonction de la taille des échantillons, sur des échantillons à comportement classique ; et j'ai montré que cette régression obéissait au théorème de la limite centrale ; le calage numérique donne un volume élémentaire représentatif de [quelques grains]³. Ceci confirme donc l'existence des lois rhéologiques quasi-statiques et le bien fondé de cette notion.

Dès les années 95, j'ai abordé parallèlement la rhéologie des écoulements granulaires¹²² en collaboration avec Ph. Coussot^{73,75,80,88} (thèses C. Ancey & Ph. Alexandre) ; une modélisation à la Saint-Venant a été proposée pour l'érosion des rivières. On a proposé aussi une approche à la Saint-Venant^{102,122}, pour l'écoulement des milieux granulaires ; elle peut s'appliquer aux problèmes à surface libre. Une approche similaire a été proposée quelques temps après par S. Douady et al pour les avalanches.

Puis, je me suis intéressé au problème de la ségrégation, pour aider une équipe de pharmaciens (cotutelle thèse N. Sommier) à caractériser le mélangeur turbulatif^{107,118,130,131,134} (collaboration avec P. Porion) ; cette dernière thèse m'a permis de me reposer les problèmes du mélange en termes de topologie des écoulements, de chaos déterministe et de turbulence ; j'ai ainsi compris que beaucoup de mélangeurs industriels, en particulier ceux qui sont basés sur des cylindres tournants, étaient de mauvais mélangeurs, simplement du fait de la topologie de leur écoulement. A ce propos, il est intéressant de noter que beaucoup

d'études actuelles sur la ségrégation utilisent ces cylindres tournants, qui ne peuvent donc être que de piètres mélangeurs.

Donc l'intérêt d'étudier ce mélangeur turbula s'est révélé être double: tout d'abord un intérêt pratique, car cet instrument est très fréquemment utilisé dans l'industrie avec des poudres humides ; ensuite un intérêt théorique, car c'est un système qui engendre des écoulements tridimensionnels complexes, où l'on devait pouvoir augmenter l'efficacité du mélange . Nous avons démontré ces deux points et avons trouvé que le turbula générait très souvent une ségrégation ; mais nous avons défini les conditions optimum de son fonctionnement, sans ségrégation: c'est de mélanger des petits grains en petit nombre dans une mer de gros grains. Cela démontre la pertinence de notre analyse. La collaboration avec la Faculté de pharmacie doit nous assurer des débouchés pratiques pour nos recherches; elle nous offre aussi une autre vision des phénomènes, et nous permet de disposer de techniques de fabrication des échantillons et d'étudier des systèmes réels de mélangeurs utilisés dans l'industrie. La collaboration avec cette équipe se poursuit maintenant sur un autre problème, celui de la compaction de comprimés pharmaceutiques^{213,221,236,237,238,264} et de leur tenue mécanique. Nous cherchons à caractériser la tenue mécanique des mélanges binaire (donc de deux poudres) et utilisons pour cela trois excipients différents (un cassant un moins cassant et un fluant).

Les expériences de vibration en micro-gravité m'ont permis de m'intéresser à des milieux encore plus lâches^{98,143,145,148,153,153} (gaz granulaire, transition gaz-cluster) qui ne peuvent probablement exister sur terre que sous une forme différente, modifiée par la gravité (collaboration D. Beysens, E. Falcon, S. Fauve et Y. Garrabos). On a trouvé par exemple qu'un gaz granulaire ne pouvait exister à l'état homogène que lorsque la probabilité de collision entre billes était faible, c'est-à-dire lorsque l'on ne peut pas appliquer les hypothèses de la mécanique des milieux continus^{98,163,172,175} !!! Ce résultat est extrêmement surprenant et pose une difficulté et une gageure nouvelles, en particulier pour la modélisation des écoulements, juste là où on ne les attendait pas. L'étude de la dynamique d'une seule bille nous a aussi réservé une surprise, en donnant un exemple du phénomène de réduction de l'espace des phases par dissipation d'énergie^{172,175}: une telle bille dans une boîte vibrée est un problème à onze dimensions en théorie; on trouve cependant expérimentalement que cette bille a souvent un comportement pratiquement totalement périodique et une trajectoire parfaitement linéaire et stable; sa description n'est donc plus contrôlée que par la période du système et par la longueur du container ; tous les autres degrés de rotation et de translation sont quasiment gelés ; adieu donc l'hypothèse d'ergodicité dans ce système!!!; ceci dit ceci n'arrive que lorsque le rapport entre amplitude de vibration et longueur de cellule est suffisamment grand ; mais c'est très souvent le cas expérimentalement. C'est en voulant calibrer un capteur de choc pour l'expérience Maxus 5 que nous avons découvert ce phénomène¹⁷⁶; nous l'avons aussi obtenu à partir de simulations numériques, mais ne l'avons pas remarqué. Nous n'avons pas fait l'expérience avant, simplement parce qu'elle ne nous paraissait pas intéressante ! En fait, cette réduction de la dimension de l'espace des phases est liée au couplage entre rotation et translation au moment des chocs via le frottement solide; ceci accroît fortement la dissipation et gèle pratiquement un ou deux degrés de liberté à ces instants; ceci démontre aussi l'importance des rotations. Il est remarquable que les simulations numériques soient passées à côté de ce

phénomène depuis 15 ans et n'aient pas encore conclu à la nécessité absolue de prendre en compte les rotations pour simuler la dynamique d'un gaz granulaire! Depuis, N.Vandewalle a retrouvé nos résultats en 2010.

J'ai aussi montré que les autres concepts physiques étaient difficilement transposables, tels la température,...^{145,168,170}. Dans l'article ¹⁷⁰, je propose une expérience très simple sur la notion de « démon de Maxwell dans les granulaires » pour initier les étudiants à la notion de bifurcation et de transition de phase ; elle permet aussi d'étudier les fluctuations en fonction du théorème central limite ; enfin, cette expérience permet d'infirmer deux hypothèses faites dans une revue de « haut niveau ». Nous avons continué dans cette voie de recherche^{210,212,217} et prévoyons une expérience micro-gravité avec la Chine sur ce thème.

Plus généralement, ces expériences spatiales m'ont permis de m'initier au domaine de la mécanique des fluides hétérogènes sous vibrations, où de nombreux effets étaient et sont probablement encore toujours à découvrir ; nous en avons découvert et étudié quelques-uns :

- *dans le cas d'un corps isolé dans un fluide*: lévitation d'un corps immergé dans un fluide soumis à des vibrations de rotation^{91,93,96,171};
- *pour un milieu granulaire sec* : blocage d'un sablier par des vibrations verticales^{47,55}, phénomène de « heaping » et de convection ;
- *dans le cas de bi-phasiques fluides* : instabilité de Kelvin-Helmholtz stationnaire induite par des vibrations horizontales^{90,92,97,164,165}, multi-structuration en couches parallèles d'un système biphasique en apesanteur¹¹², modification de la vitesse de croissance des phases dans le problème de nucléation généralisée en apesanteur^{127,157,214,224,234} (lors d'une séparation de phase liquide-gaz près du point critique T_c);
- *dans le cas des biphasiques fluide/milieu-granulaire soumis à des vibrations horizontales*: instabilité de Kelvin-Helmholtz stationnaire^{90,92,97}.
- Dans le cas d'un mélange liquide/milieu granulaire soumis à des vibrations verticales : blocage de la sédimentation dans un fluide visqueux^{89,211} ; génération d'une rugosité de surface à l'interface liquide-sable^{95,110,155}, puis liquéfaction du sable superficiel puis génération d'ondes paramétriques^{123,124}, ...¹⁶⁰

A ce propos, je dois dire que les collaborations efficaces que j'ai développées avec l'équipe russe de mécanique des fluides (V. Kozlov, D. Lyubimov) m'ont fait gagner beaucoup de temps. Le formalisme utilisé dans ce domaine devrait d'ailleurs pouvoir être adapté au problème des mouvements de convection dans les granulaires vibrés ; dans ce cas, le problème est cependant plus complexe, car il faut aussi déterminer l'état des contraintes et leur évolution au cours d'un cycle.

Dans les années 2000-2005, je suis revenu sur le problème des intermittences et des avalanches en étudiant le mécanisme de stick-slip dans un milieu granulaire formé de billes de verre^{162,166,169,173} (thèse F. Adjémian) à l'aide d'un appareil triaxial; certaines mesures laissaient penser qu'un des régimes de stick-slip est caractérisé par un volume élémentaire représentatif très grand (10^7 grains), ce qui méritait d'être

étudié plus en détails (ceci veut dire que le comportement change de nature lorsque la taille de l'échantillon dépasse 10^7 grains). On a effectivement pu montrer que le volume représentatif était bien très grand, probablement délimité par la raideur du système de mesure. Le mécanisme de stick-slip est provoqué par de la cohésion ; cette cohésion évolue avec la durée des contacts, comme dans le cas des mécanismes de Ruina-Dieterich ; elle est probablement due à une réaction de corrosion de la surface du verre, d'où l'intérêt de ne pas négliger l'aspect « chimie des contacts », domaine souvent oublié en mécanique des sols. Nous avons aussi développé des méthodes acoustiques et ultrasonores pour corrélés les effets à l'échelle locale et le stick-slip macroscopique. On a démontré que l'expérience était potentiellement réalisable, mais n'avons pas poussé plus loin faute de temps.

On pourrait se demander s'il est nécessaire de développer autant d'axes de recherche à la fois, plutôt que de se consacrer à une tâche précise. En fait cela m'a tout d'abord permis d'apprendre la mécanique sous ses différents aspects sans laisser trop de pans incultes. Ensuite une réflexion dans un axe précis peut me permettre de rebondir sur un autre. C'est pourquoi le côté pluridisciplinaire de la recherche me paraît nécessaire, non seulement à l'intérieur d'un laboratoire, mais aussi au sein d'une équipe, et si possible pour chaque individu.

Par exemple, le thème de la transition d'Anderson que j'ai abordé dans ma thèse d'État m'a permis d'aborder les expériences de multi-diffusion ultrasonore avec F.Adjémian et X.Jia^{172,175}. De même les problèmes de stick-slips (thèse F. Adjémian) et d'avalanches (thèse P. Porion) sont fortement corrélés, et corrélés aussi avec le passage micro-macro et avec le problème de la rotation des grains (cf. thèse de F. Radjai). De même aussi, les lois des écoulements rhéologiques (thèses C. Ancey, Ph. Alexandre) doivent intervenir dans les problèmes de convection sous chargement cyclique quasi-statique ou dynamique (collaboration V. Kozlov et cotutelles).

Les plus remarquables seront probablement les retombées des études sur les gaz granulaires vibrés en microgravité^{259,260,261,263,265}. C'est-à-dire les GG. En fait il s'agit « simplement » de quelques grains vibrés qui commencent à se rencontrer. En effet les simulations que nous avons réalisé avec R. Liu et le travail expérimental de thèse de YP.Chen montrent que ces systèmes dynamiques vibrés « engendrent » des forces de volume, agissant donc à distance, qui sont produites par le couplage entre le système vibrant (lié aux conditions aux limites) et le milieu granulaire²⁷⁹. Ces effets peuvent être visibles aussi à 1g (en vibration horizontale) ; mais l'effet a été « raté » par les nombreuses études antérieures, aussi bien expérimentales, que théorique, ou à base de simulations. Il faut dire qu'il faut refuser de simplifier le problème. Il faut donc analyser sa complexité en lui attribuant des « dimensions » supplémentaires, (qu'il faut d'abord chercher à connaître²⁶¹). On démontre ainsi l'existence de ces paramètres, puis l'impossibilité de réduire le problème à un simple système hydrodynamique²⁷⁹. Pour l'instant, la communauté scientifique semble très réservée, mais mon analyse a été discuté positivement par J.Villain, qui ne peut être suspecté de complaisance vis-à-vis de moi.

Le travail de détection de l'anomalie réelle à été fait à l'aide des simulations de R.Liu (qui a passé un an en thèse à l'ECP avec moi), cf. P&G 2009, et congrès Powders & Grains 2009. Celui-ci n'a pas été convaincu, et n'a pas développé ces résultats dans sa thèse. Ce travail a été repris avec la thèse de Yp.Chen,

avec d'autres simulations, une analyse de résultats en Airbus 0g et des résultats obtenus au laboratoire MSSMat. Dans la ref 284, je démontre que l'erreur faite de départ dans l'interprétation, est le refus d'appliquer le second principe de thermodynamique ! Tout est maintenant cohérent, mais je suis « en congé de longue maladie d'office » et ne peut revendiquer mes résultats, ni même faire passer la thèse de Yp. Chen.

Pour simplifier l'exposé de mes résultats je les ai regroupés en plusieurs thèmes : avalanches et stabilité de pentes, lois rhéologiques macroscopiques, passage micro-macro, stick-slip, écoulement granulaire, ségrégation, vibration de matériaux granulaires secs, vibration de milieux granulaires et/ou de fluides, vibration en apesanteur. Ces thèmes sont en fait interconnectés : certains travaux sont soit à la jointure de deux thèmes, et il arrive que leurs résultats ont des conséquences dans un autre thème.

Pour conclure cette introduction, il me semble remarquable que des effets apparemment aussi simples que l'instabilité d'un talus, la convection par vibration et la ségrégation soient toujours des phénomènes discutés et étudiés donnant lieu à des controverses. Une partie du problème provient sûrement de la grande diversité des domaines scientifiques qui étudient ces phénomènes, les formalisant dans des langages précis et appelant les mêmes choses par des mots différents ce qui rend chaque domaine imperméable au voisin. Ceci dit, ces phénomènes n'ont pas encore reçu toute la description quantitative précise nécessaire pour être totalement convaincante. Ainsi de nombreuses expériences de base restent à faire; par exemple il est remarquable qu'aucune expérience de stabilité d'un talus en fonction de la gravité effective n'ait été effectuée avant 1991. Or ces problèmes ont des applications importantes dans de nombreuses industries telles que fonderie, industrie du béton, des minerais, de la pharmacie et de l'agroalimentaire et ces sujets sont propices aux collaborations industrielles, voire au transfert de connaissance technologique d'une industrie à une autre.

La mécanique des milieux granulaires me paraît donc très riche du point de vue de ses applications; mais elle peut et doit être conçue comme un thème de recherche fondamentale qui devrait permettre à terme de préciser entre autres les concepts de frottement solide, de dilatance et de déformation plastique, et de déterminer l'influence du désordre d'empilement sur les propriétés physiques et mécaniques des matériaux. J'ai d'ailleurs essayé récemment de faire un point sur ce domaine²⁸² via la critique de publication récente de livres, de thèse ou d'articles de revue. C'est à mon sens un milieu mécanique modèle dont l'étude devrait avoir des retombées non seulement dans la physique des liquides ou des verres, mais aussi dans la description et la prédiction des propriétés mécaniques des matériaux en général (et des composites en particulier).

Cet objectif nécessite d'acquérir une pluridisciplinarité réelle qui passe par l'acquisition d'un grand nombre de langages différents et l'assimilation des savoirs propres aux divers domaines scientifiques concernés. C'est dans ce but que j'ai noué des collaborations solides avec des industriels, avec des mécaniciens (en particulier au sein du GRECO-géomatériaux et de Géo), avec des mécaniciens des fluides, des pharmaciens et que je conserve mes liens avec les physiciens (entre autre au sein du GDR-MIDI et des

expériences en micro-gravité), (même si eux semblent vouloir me rejeter) et tentent de s'approprier les programmes d'expériences spatiales que j'ai montés..

Mais plus je vis cette pluridisciplinarité plus je ressens qu'elle ne se décrète pas d'en haut par de simples regroupements de laboratoires ou par l'organisation d'écoles thématiques, etc., car l'on crée alors des structures qui permettent essentiellement de récupérer du financement. Bien au contraire, cette pluridisciplinarité se vit à la base, en général par un chercheur isolé qui décide de quitter ses confrères pour s'intéresser à un autre groupe de travail, à d'autres façons de penser et à d'autres motivations.

Bien entendu, il faut (faudrait) que le travail de ce chercheur soit aussi utile aux autres. Je pense donc qu'il est nécessaire de développer des outils de communication transdisciplinaires, permettant de forcer la communication entre les disciplines et permettant à chaque discipline de faire découvrir le langage des autres ; Car la notion même de discipline montre qu'il existe un racisme culturel entre les scientifiques des différentes disciplines. La transdisciplinarité ne peut donc pas se réaliser malheureusement. Il est aussi possible que les revues spécialisées, avec leur système de rapporteurs, ne soient pas adaptées à ce travail transdisciplinaire et qu'il faille revoir la politique éditoriale.

Par rapport à la période antérieure le jeu se complique à cause de l'interaction/collusion entre éditeur, communautés de référence et gestionnaires de la recherche, qui font perdre les pratiques déontologiques à tout le monde.

Pour moi, tout devrait pouvoir se régler si l'on force tout le monde à obéir à la déontologie scientifique. Mais cela passe par une réforme des institutions administratives, et d'assujétir aussi l'administration à un régime de sanction pour faute déontologique.

B) DESCRIPTION DETAILLÉE DE L'ACTIVITÉ DE RECHERCHE PRÉCÉDENT LA MÉCANIQUE

B.1) Recherche d'un matériau laser solide, accordable dans le proche ultraviolet. ¹

L'idée de base était de trouver une impureté ionique, tel un centre coloré, pour doper une matrice cristalline, car ces systèmes présentent des bandes d'absorption et d'émission larges qui les font ressembler à des molécules de colorant du point de vue spectroscopique. Ces bandes sont provoquées par un couplage relativement fort entre les états électroniques de l'impureté et les phonons du cristal; ces derniers induisent aussi des relaxations très rapides à l'intérieur d'une même bande. L'effet laser, s'il a lieu, fonctionne donc suivant un schéma à quatre niveaux.

Cependant, l'obtention de l'effet laser avec un matériau solide nécessite des cristaux de très bonne qualité optique, de grande dimension et de concentration en dopant bien définie. Il est donc très rare d'obtenir d'emblée cette émission et il est préférable de monter une expérience susceptible de mesurer un gain optique dans le proche ultraviolet et à basse température, car cette technique permet de définir les conditions idéales de fonctionnement du matériau laser et s'applique à des cristaux petits et de mauvaise qualité. Ainsi, notre montage expérimental était constitué d'un faisceau laser à azote fonctionnant en impulsion et pompant simultanément l'échantillon à étudier et un laser à colorant accordable; ce dernier était utilisé pour tester les capacités amplificatrices du cristal dopé excité et émettait dans la bande d'émission du cristal à tester.

Après de multiples essais infructueux sur les ions ns^2 dopant les cristaux d'halogénure alcalin ou alcalino-terreux, échecs qui ont pour raison probable l'existence d'une absorption à plusieurs photons dans l'U.V., nous avons finalement détecté un gain positif vers 3600 Å dans le cas du centre F^+ dans CaO et déterminé les conditions optimales pour obtenir un effet laser (dimension, dopage et puissance d'excitation du barreau). Une équipe anglaise a finalement obtenu l'effet laser en s'appuyant sur nos travaux.

B.2) Étude de la migration d'énergie dans les cristaux dopés. ^{2-10, 13,31,32,45}

En 1977, au début de cette étude, on comprenait relativement bien les principes essentiels qui gouvernent les transferts d'énergie dans les matériaux faiblement dopés; mais au contraire, toute une série de phénomènes nouveaux et mal répertoriés apparaissaient lorsque les concentrations de dopants dépassaient un seuil critique c_c . Or de nombreuses applications, telles que laser de puissance par exemple, requièrent l'introduction de dopant en quantité importante. J'ai donc consacré une bonne partie de ma recherche à déterminer les lois cinétiques de la diffusion d'une excitation dans des matériaux fortement dopés. J'ai été ainsi amené à introduire dès 1983 la notion de fractale dans ces problèmes.

J'ai essentiellement étudié deux systèmes différents: un système ionique, le praséodyme dans la fluorine et un système organique, les cristaux mixtes de naphthalène perdeutérié (D_8) et de naphthalène perhydrogéné (H_8).

2.a) Un système multisites: l'ion praséodyme dans la fluorine. ²⁻⁵

L'étude de la spectroscopie de l'ion praséodyme (Pr^{3+}) dans la fluorine (CaF_2) avait pour but de préciser les mécanismes de base relatifs aux transferts d'énergie entre impuretés dans les cristaux, puis de mieux comprendre les caractéristiques de la diffusion à grande distance d'une excitation dans un système désordonné. (Cette diffusion est-elle par exemple régie par une transition d'Anderson ou une percolation?) Nous avons choisi ce matériau en raison de la structure lacunaire du cristal et de la différence de charge entre le dopant et la matrice; ainsi, des mécanismes différents de compensation de charge par fluor interstitiel devaient exister, et donner lieu à des ions Pr^{3+} dans des symétries particulières que nous comptons caractériser par leurs états d'énergie: un des grands avantages de l'ion Pr^{3+} est qu'il est faiblement couplé au réseau; ses raies d'absorption sont donc très fines et ne dépendent que faiblement du champ cristallin et nous pouvions ainsi, par simple analyse spectroscopique, déterminer et différencier les ions dans les diverses symétries.

Lors d'une expérience préliminaire (²⁻⁴) qui utilisait une technique d'excitations sélectives continue et en impulsion, suivie d'une analyse de la fluorescence, nous avons montré l'existence de quatre sites différents pour l'ion Pr^{3+} dans la fluorine pour un échantillon dopé à 0,2%. De plus, l'analyse de la polarisation de la lumière émise par chacun de ces sites, lors d'excitations en lumière polarisée, nous a permis de déterminer leur symétrie ponctuelle. L'étude en temps résolu et en fonction de la température a prouvé l'existence d'un transfert d'énergie entre deux de ces centres que nous noterons b' et b"; cet échange a pu être interprété à l'aide d'une interaction dipôle-dipôle résonnante. Par ailleurs, les mêmes expériences répétées sur un matériau plus concentré (0,9%) nous avaient permis de mettre en évidence une très nette diminution du rendement quantique de fluorescence des deux centres b' et b" en interaction. Nous pensions que ce phénomène était lié à l'apparition d'un processus coopératif tel que la transition d'Anderson, qui devenait prépondérante au-dessus d'une concentration critique.

Nous avons donc entrepris de poursuivre cette étude dans le but de préciser la nature du transfert en déterminant la variation de ses caractéristiques en fonction de la concentration en impuretés du matériau.

La première difficulté à laquelle nous nous sommes heurtés fut l'obtention de cristaux de "bonne qualité", car suivant leur provenance (Aberdeen, Harshaw, Nancy ou Optovac), des cristaux ayant des spectres d'absorption identiques (à haute résolution et à $T=2\text{K}$) présentaient des rendements quantiques variant dans un facteur mille. Nous avons cherché les causes de ces variations.

Cette étude a montré que la formation de ce cristal a une importance considérable sur l'intensité de sa fluorescence à tel point que deux cristaux d'Optovac de concentrations identiques mais dont les axes de croissance sont différents, ont des rendements quantiques variant d'un facteur 5. Cette propriété est donc directement liée à la thermodynamique de la cristallisation (nombre de gros amas formés et nombre de défauts cristallographiques) dont la pesanteur est un paramètre important.

En outre, les résultats des expériences en temps résolu ont montré que si les durées de vie des états excités des différents centres dépendaient fortement de la concentration en impuretés, le temps de transfert que nous avons mis en évidence entre les ions praséodyme b' et b" est indépendant de la concentration en praséodyme. Ceci démontre clairement que ces deux sites Pr^{3+} b' et b" sont toujours à la même distance l'un de l'autre et forment donc une paire. Comme les spectres d'absorption et de fluorescence

d'un cristal dopé à 0,1% présentent des intensités approximativement égales pour les centres isolés et appariés, la répartition du praséodyme à l'intérieur du matériau ne suit pas une loi de distribution aléatoire.

Il devenait ainsi difficile d'étudier l'influence du désordre sur la diffusion des excitations puisque nous ne connaissions ni la nature de celui-ci, ni son évolution en fonction de la concentration. C'est pourquoi j'ai entrepris l'étude du naphthalène qui a fait l'objet de ma thèse d'État.

2.b) Application des fractales et de la percolation à la diffusion dans les cristaux mixtes de naphthalène D_8 et de naphthalène H_8 . ^{6-9,31,32}

Le but que nous avons poursuivi lors de ces expériences était identique à celui qui avait motivé notre étude du praséodyme dans la fluorine, c'est-à-dire caractériser les propriétés physiques de la diffusion des excitations dans une structure désordonnée. De notre point de vue, l'avantage présenté par ce mélange binaire de naphthalène perdeutérié (D_8) et perhydrogéné (H_8) auquel nous pouvions ajouter des traces de β -méthyl-naphthalène était triple.

- Tout d'abord, comme pour tout isotope, les propriétés chimiques des molécules hydrogénées et deutériées sont identiques, ce qui permet l'élaboration d'un cristal parfait, indépendant de la proportion relative des deux constituants. Moyennant certaines précautions de fabrication (mélange poussé des deux espèces, par exemple), la répartition des molécules est réellement aléatoire dans le cristal.

- De plus, le couplage entre molécules adjacentes est négligeable comparé à l'énergie électronique séparant deux états d'une même molécule; les états électroniques des molécules du cristal sont très voisins de ceux de la molécule libre. Ce faible couplage intermoléculaire, tout en assurant la propagation d'excitons de Frenkel, confère à l'état triplet une largeur de raie remarquablement fine, ce qui facilite grandement l'analyse des résultats expérimentaux.

- Enfin, l'énergie d'interaction qui assure la propagation des excitons triplets est beaucoup plus petite que les écarts d'énergie entre les niveaux triplets du naphthalène D_8 , du naphthalène H_8 et du β -méthyl-naphthalène, mais beaucoup plus grande que l'inverse de la durée de vie de ces états. Il s'ensuit que lorsque la température de l'échantillon est suffisamment basse, une excitation qui diffuse saute de molécule en molécule, mais n'utilise que les isotopes de plus faible énergie comme étapes de sauts, les autres (naphthalène D_8) étant traversés par effet tunnel; la diffusion s'arrête lorsque l'excitation rencontre une molécule de β -méthyl-naphthalène qui piège l'énergie. Ainsi, l'addition à l'état de traces de ce composé permet de l'utiliser comme indicateur de délocalisation. Ce cristal binaire présentait donc les conditions qui nous semblaient essentielles pour observer une délocalisation de l'énergie (faible couplage de l'impureté avec le cristal, séparation très nette des niveaux d'énergie, possibilité de mélange en toute proportion des deux espèces en présence).

Expérimentalement, Kopelman avait montré que la délocalisation de l'énergie sur l'état triplet du naphthalène H_8 apparaissait à basse température (2-4K) pour des concentrations supérieures à 8 moles % dans du naphthalène perdeutérié. Cependant, une controverse existait à l'époque sur l'interprétation de ces résultats: le processus de délocalisation était-il dû à une percolation, phénomène purement géométrique, ou à une transition d'Anderson, phénomène purement quantique et beaucoup plus complexe, comme le

proposait Klafter? C'est dans l'intention de préciser les mécanismes de diffusion de l'énergie à l'intérieur de ces états triplets que nous avons entrepris cette étude sur des cristaux mixtes dont la concentration en naphthalène H_8 variait de 5 à 20 %. Nous avons obtenu quelques résultats significatifs.

Nous avons tout d'abord montré qu'on pouvait se passer du β -méthyl-naphthalène comme critère de délocalisation en étudiant simplement la fluorescence singulet créée directement par la fusion de deux états triplets: celle-ci n'est évidemment possible que lorsque deux excitations se sont rencontrées, c'est-à-dire lorsque les excitations ont visité un nombre de sites suffisamment grand. Ce nouveau critère présente l'avantage qu'il peut être varié continûment sur le même échantillon en changeant la puissance d'excitation.

Nous avons ainsi compris que les réactions de piégeage et de fusion d'excitation pouvaient être décrites par le même formalisme que celui des réactions chimiques et qu'en particulier, la cinétique de ces réactions est essentiellement régie par la variation du nombre de sites distincts visités $N(t)$ (ou le volume visité) en fonction du temps, quand le temps de réaction lui-même est petit. L'étude de la dynamique du piégeage et de la fusion des excitations triplets dans un cristal mixte naphthalène H_8 -naphthalène D_8 à basse température nous a ainsi conduit à mettre en évidence deux régimes d'exploration distincts, l'un correspond à une géométrie tortueuse et restreinte (fractale) de l'espace, l'autre à une géométrie euclidienne:

- Tout d'abord, au début de la migration, l'espace présente une structure particulière qui est engendrée par la distance aléatoire des isotopes dans le cristal: lorsque la température est suffisamment basse pour qu'un seul des isotopes puisse servir de support à la propagation de l'énergie, et lorsque le temps est suffisamment court pour que certains sauts élémentaires entre ces isotopes soient interdits, le système se décompose en une série infinie d'amas et la géométrie du chemin que peut suivre une excitation n'est plus euclidienne; ceci réduit la dimensionalité effective de l'espace de chaque amas, laquelle **devient fractale**. Pour rendre compte de cette structure particulière, nous avons utilisé un modèle de percolation et nous avons ainsi pu prédire les lois cinétiques qui gouvernent la fusion et le piégeage des excitations. En étudiant alors la fluorescence retardée, qui est créée par la fusion de deux états triplets excités, nous avons obtenu un accord satisfaisant entre nos résultats expérimentaux et nos prévisions théoriques; en particulier, nous avons mesuré par cette méthode l'exposant spectral d_s de la percolation $d_s \approx 1,3$. Cette valeur est donc en bon accord avec sa valeur théorique ($4/3$) qui venait juste d'être prédite par Alexander et Orbach.

- Lorsque les temps deviennent grands comparés aux temps de sauts élémentaires, chaque excitation a visité un grand nombre de sites différents et exploré la plupart des configurations possibles. Mais de nouvelles connexions deviennent possibles par effet tunnel, qui connectent les amas entre eux; dans ce cas, le désordre se trouve pratiquement moyenné. L'espace redevient euclidien, les lois de cinétique réactionnelle de fusion et de piégeage redeviennent classiques.

En réalité, la nature particulièrement favorable du matériau et la connaissance approfondie de ses caractéristiques, que nous avons dès le début de cette étude, sont à l'origine de l'interprétation détaillée des résultats expérimentaux et de la mise en évidence de la structure fractale de la diffusion aux temps courts. En effet:

- Grâce aux données expérimentales très étayées, confirmées par divers auteurs et mesurées de différentes manières, nous avons pu mener à bien le calcul a priori des temps de sauts élémentaires entre molécules de naphthalène H_8 séparées par un nombre quelconque de molécules de naphthalène D_8 (cf. ⁹) et le modèle que nous avons présenté ne fait pratiquement appel à aucun paramètre ajustable (cf. thèse d'État).

- La substitution d'un naphthalène H_8 à un naphthalène D_8 est parfaitement aléatoire; la statistique de la distribution des amas d'un même isotope est donc bien définie et l'emploi d'une théorie de percolation pour décrire le système est justifié.

Enfin, pour des raisons que nous n'explicitons pas ici car l'argumentation théorique en est complexe (cf. ⁸), nous fondions des espoirs certains sur une méthode de perturbation des intensités de phosphorescence par un champ magnétique pour détecter une transition d'Anderson. Nous avons effectué cette expérience sur le naphthalène (^{8,9}) et obtenu des résultats susceptibles d'être interprétés à l'aide de cette théorie. Cependant, nous avons clairement montré que les plus grands effets observés sont en fait liés à une variation des temps caractéristiques des trois sous-niveaux triplets des pièges (temps de relaxation et durée de vie) en fonction du champ magnétique et que le phénomène s'apparente à ce qu'on appelle un passage adiabatique rapide associé à un anti-croisement de niveaux et non à un phénomène du type transition d'Anderson. Nous avons ainsi prouvé que cette expérience pouvait conduire à des résultats ambigus.

Dans la compétition internationale, l'expérience en temps résolu que j'ai réalisée a été capitale pour démontrer la validité du modèle de percolation, par rapport au modèle de Klafter basé sur une transition d'Anderson, car elle a permis d'accéder directement à l'exposant spectral de percolation ; ainsi, les expériences de Kopelman qui n'utilisaient qu'une excitation continue ne pouvaient pas permettre de démontrer ce point.

Bien qu'anecdotique, j'aime mentionner que ces expériences ont été réalisées lorsque R. Orbach était en séjour sabbatique dans le bureau à côté du mien à l'ESPCI, qu'il était bien entendu au courant de mes résultats et qu'il calculait à ce moment précis l'exposant spectral de la percolation (que j'étais en fait en train de mesurer) ; mais nous ne comprenions pas mes résultats ; il m'a même financé partiellement un voyage aux USA pour participer à deux conférences et discuter avec les spécialistes du problème (Kopelman et Klafter) . Bien entendu, ces deux chercheurs n'ont pas compris non plus. Puis R. Orbach est parti. C'est quelques mois plus tard, au cours d'un entretien à l'ESPCI avec P.G. de Gennes que ce dernier a pu faire le lien avec la théorie de la percolation, et qu'il a pu faire le calcul direct du piégeage. Puis il m'a fallu généraliser la méthode pour décrire la fusion de 2 excitations en introduisant le concept de réaction chimique dans les espaces fractales percolants.

L'idée en est simple : la géométrie d'un amas de percolation près du seuil de percolation est très ramifiée, de telle sorte qu'elle est presque uni-dimensionnelle, il s'ensuit que le volume $V(t)$ visités lors d'une marche au hasard suit une loi « anormale » de diffusion et varie en $V_0 t^{d_s/2}$ où V_0 est un volume élémentaire et d_s est la dimension spectrale de l'espace fractale . Si maintenant on considère que le processus limitant la réaction est la rencontre des marcheurs A et B le nombre δn_r de réaction entre t et $t+\delta t$ est donné par : $\delta n_r = -\delta n_A = -\delta n_B = \delta t [n_A n_B dV/dt]$, où n_A et n_B sont les concentrations en marcheurs A et B à l'instant t . En passant aux dérivées, on obtient l'équation cinétique :

$$dn_A/dt=dn_B/dt= -(n_A n_B) dV/dt = - (d_s/2)V_0 t^{d_s/2-1} (n_A n_B)$$

Dans cette équation $(d_s/2)V_0 t^{d_s/2-1}$ joue le rôle de la constante de réaction k ; mais celle-ci évolue avec le temps, $k(t)$. La réaction est du premier ordre en A et du premier ordre en B; cependant, si les marcheurs A et B sont identiques cette réaction devient du deuxième ordre.

La loi de variation de $V(t)=V_0 t^{d_s/2}$ n'est valable que pour une dimension $d_s < 2$; au delà le marcheur repasse très peu sur ses traces et le volume réel visité $V(t)$ est proportionnel au nombre de sauts; il croît donc linéairement avec le temps: $V(t) = k t$. En remplaçant $V(t)$ par kt dans l'équation précédente, on obtient l'équation de cinétique classique: $dn_A/dt=dn_B/dt= -(n_A n_B) dV/dt = -k (n_A n_B)$.

On comprend ainsi pourquoi les résultats que nous avons obtenus grâce aux expériences en temps résolu sont aussi applicables aux réactions chimiques dans certains matériaux poreux de faible dimensionnalité, ou lorsque leur structure est induite par une percolation. C'est pourquoi ces idées ont été reprises en chimie et que ce domaine de recherche reste encore très actif vingt ans après à cause de l'enjeu technologique et du nombre réel d'applications (catalyse, chimie de surface, chromatographie,...).

Pour finir, les lois cinétiques de la diffusion de l'énergie et des réactions de piégeage et de fusion que nous avons utilisées proviennent d'études théoriques relatives à la densité de phonons dans les verres, à la conductivité électrique dans les matériaux désordonnés et à la dynamique des réactions chimiques entre polymères. Tous ces problèmes sont en effet intimement liés puisqu'ils sont régis par le même type de système d'équations différentielles couplées: un résultat acquis dans un de ces domaines peut donc être appliqué aux autres.

B.3) Étude du rendement des films minces électroluminescents de sulfure de zinc (ZnS) dopé au manganèse. ¹¹

Il est connu que les sulfures de zinc dopés au manganèse présentent des propriétés d'électroluminescence (luminescence du manganèse sous forte tension). Celles-ci sont d'autant plus intenses que les défauts dans les cristaux sont nombreux. Cependant, lorsque la concentration de manganèse dépasse la valeur de 1%, le rendement de conversion diminue énormément. Nous avons cherché à interpréter ce résultat à l'aide des théories exposées dans ma thèse d'État (*cf.* paragraphe B.2.b).

Nous prévoyions en particulier des déclin en forme d'exponentielle étirée, du type $\exp[-(t/\tau)^\alpha]$, qui seraient dus à la diffusion des excitations sur une structure fractale engendrée par le désordre, puis par leur piégeage. Ce type de déclin non exponentiel a été effectivement observé sur les cellules étudiées.

B.4) Étude de la phase incommensurable de ThBr₄ par spectroscopie de perturbation. ¹²

Mon intérêt pour la notion d'incommensurabilité a été stimulé par B. Briat et cette étude intervient au moment de la naissance des quasi-cristaux.

On sait qu'une phase incommensurable est caractérisée par un champ cristallin qui varie d'une maille à l'autre du cristal de façon sinusoïdale. La période de cette sinusoïde est incommensurable avec le réseau. Nous avons utilisé l'ion U⁴⁺ ajouté en proportion infinitésimale à ThBr₄ pour sonder le champ dans

la phase incommensurable de ThBr_4 à l'aide de mesures d'absorption et de dichroïsme circulaire magnétique (DCM). En dessous de $T_c = 95 \text{ K}$, on montre que la symétrie du site U^{4+} varie bien continûment d'un point à un autre du cristal et passe continûment de la symétrie D_{2d} à D_2 . On montre par ailleurs que la densité des sites soumis à un champ cristallin donné est bien décrite par la théorie sur les cristaux incommensurables. Ceci nous a permis de prouver que U^{4+} ne provoque pas l'accrochage de la phase incommensurable. Nous avons enfin déterminé les différentes caractéristiques spectroscopiques de l'ion U^{4+} en fonction du champ magnétique et les facteurs de Landé des cinq niveaux étudiés.

B.5) Dynamique d'un réseau transitoire dans un matériau désordonné. 14,15

Lorsque l'on fait interférer deux faisceaux lumineux de même longueur d'onde sur un matériau absorbant, on imprime dans celui-ci un réseau périodique d'états excités. Un des processus qui permet l'effacement de ce réseau est la diffusion de ces états excités à l'intérieur du matériau.

Les questions que nous nous sommes posées dans ces deux articles sont celle du déclin par diffusion d'un réseau transitoire gravé dans un matériau désordonné et celle de l'influence du désordre sur le temps de déclin. Pour cela, nous avons modélisé le milieu à l'aide d'un réseau de percolation de concentration c proche de son seuil de percolation c_c . Ainsi, le système se décompose en amas fractals finis et infini et les excitations restent confinées à l'intérieur de chaque amas. Nous avons montré tout d'abord que le réseau transitoire ne peut s'éteindre que partiellement du fait de l'existence d'amas très petits. Nous avons ensuite calculé le temps de déclin de ce réseau en fonction des exposants critiques de la percolation, de la valeur de l'interfrange I et de celle de la longueur de corrélation du désordre L , (L dépend de $c-c_c$). Nous avons montré en particulier qu'il existe deux types de déclin suivant que l'on sonde réellement des propriétés locales ($I < L$) ou non ($I > L$); c'est ainsi que la dépendance temporelle du réseau transitoire permet de mesurer les propriétés de diffusion dans l'espace fractal lorsque $I < L$.

B.6) Étude par spectroscopie de la géométrie de l'espace des pores d'un matériau poreux: le Vycor. 16,17,29-32

Au cours de mon travail et dans les paragraphes précédents, j'ai été amené à développer une méthodologie expérimentale à base d'optique, de spectroscopie en temps résolu et de réseau transitoire pour démontrer si une structure est fractale ou non. Celle-ci a déjà été exposée dans les paragraphes précédents sur le naphthalène (§-B.2.b) et le réseau transitoire (§-B.5). Cette nouvelle série de trois articles a pour thème essentiel un matériau poreux le Vycor ; mais c'est en fait surtout une étude critique de l'interprétation systématique en terme de « fractale » de résultats expérimentaux ; car pour parler de « fractale », il faut pouvoir tester réellement la symétrie de dilatation de l'espace, condition qui est difficile à réaliser avec la plupart des techniques expérimentales . C'est le cas en particulier des deux expériences suivantes.

6.a) Analyse non fractale de la dynamique de transfert à un saut entre donneur et accepteur dans le Vycor. 16, 17, 29

Sous la direction de M.A. El-Sayed, je me suis intéressé à la dynamique des transferts d'énergie

entre molécules de colorants imbibées dans un matériau poreux. Lorsqu'une molécule donneur est excitée et qu'elle est entourée de molécules accepteur, l'excitation du donneur peut être piégée directement par l'un des accepteurs sans faire intervenir de diffusion inter-donneurs. On conçoit alors que la dépendance temporelle du nombre de donneurs excités reflète non seulement l'évolution de la force de couplage en fonction de la distance donneur-accepteur, mais aussi la loi de distribution des accepteurs autour des donneurs. Klafter et Blumen ont trouvé en particulier la loi de désexcitation d'un donneur situé dans un espace fractal. Cette théorie avait permis à Even et al. d'expliquer leurs résultats expérimentaux obtenus en excitant avec un laser picoseconde une molécule de rhodamine B située dans un milieu poreux (le Vycor) et entourée de pièges (vert de malachite). Ils avaient conclu que l'espace des pores était une fractale de dimension 1,7.

Des études au microscope électronique réalisées à UCLA par une autre équipe nous avaient montré cependant que ce poreux est en fait un empilement compact de sphères et que l'espace des pores est l'espace laissé libre entre les sphères. Ce type de structure était aussi corroboré par des expériences sur la superfluidité de l'hélium III dans le Vycor. Nous avons été ainsi amenés à montrer à l'aide de simulations numériques que les résultats expérimentaux de Even et al. étaient compatibles avec une géométrie régulière des pores, que l'espace poreux n'était pas obligatoirement fractal et que ce type d'expérience en temps résolu était finalement trop sensible aux variations locales de géométrie (à une échelle typique égale à celle du transfert). Dans un deuxième temps, nous avons prouvé, simulations numériques à l'appui, que certains espaces fractales bien choisis pouvaient ne pas obéir à la loi prédite par Klafter et Blumen pendant un laps de temps comparable aux échelles de temps sondées par les dispositifs expérimentaux. Ce phénomène est essentiellement dû à la diminution très rapide (au moins en R^{-6}) des forces de couplage donneur-accepteur de telle sorte qu'il serait nécessaire de sonder des temps variant sur au moins six décades pour sonder des distances variant sur une décade.

6.b) Méthode du réseau transitoire et Vycor. ^{30, 31, 32}

D'autres expériences ont été réalisées pour étudier ce poreux. En particulier, Dozier et al. ont photo-isomérisé l'azobenzène contenu dans une solution immergée dans le Vycor et ont mesuré son coefficient de diffusion en mesurant le temps mis par la molécule pour parcourir une échelle de longueur de l'ordre du micron par la méthode du réseau transitoire que j'ai décrite précédemment. Ils ont alors comparé cette mesure à celle effectuée sur l'azobenzène dans la même solution libre (sans Vycor). Ils ont attribué la différence entre les deux mesures à l'existence d'une géométrie fractale de l'espace poreux située entre 30 Å et 300 Å.

Pour expliquer cette différence sans faire appel aux fractales, nous avons supposé que la molécule d'azobenzène pouvait coller aux parois des pores: en effet, compte tenu du diamètre du pore (~ 30 Å), il est peu probable que les propriétés physiques de la molécule d'azobenzène dans le liquide ne soient pas affectées par la présence d'une surface de verre en si grande quantité.

Nous avons cherché à confirmer ce point en mesurant par la méthode du réseau transitoire picoseconde le temps de relaxation rotationnelle de la molécule d'azobenzène (ceci est en effet possible en

travaillant en lumières polarisées). Nous avons ainsi montré expérimentalement que lorsque la molécule est dans la solution libre, elle tourne beaucoup plus vite que lorsqu'elle se trouve dans le Vycor. La molécule colle donc aux parois des pores. Comme par ailleurs, diffusion rotationnelle et diffusion translationnelle à l'échelle de la molécule sont issues des mêmes fluctuations, elles reflètent les mêmes grandeurs. Ceci prouve que le coefficient de diffusion translationnelle à l'échelle microscopique ($< 10 \text{ \AA}$) est altéré par la présence du Vycor et rend caduque l'interprétation de l'expérience de Dozier et al. en termes de fractales.

Nous avons conforté cette analyse en mesurant la densité optique d'une solution d'azobenzène en équilibre avec cette même solution imbibée dans le milieu poreux. On montre ainsi que le rapport des concentrations entre la solution libre et la solution imbibée atteint un facteur 16 et que les molécules d'azobenzène sont fortement adsorbées à la surface du poreux.

B.7) Electrocrystallisation du cuivre et modèle de Witten et Sander. (18 - 20)

Un modèle de croissance dendritique avait été proposé en 1981 par Witten et Sander. Il est basé sur un processus d'agrégation limité par une équation de diffusion. Il est très général et peut expliquer aussi bien l'instabilité hydrodynamique de Saffman-Taylor, que celle de la croissance dendritique d'un cristal lors de sa solidification ou lors d'une électro-cristallisation. Ce modèle explique aussi la croissance aléatoire de petits agrégats. Par ailleurs, Piétronéro et Wiesmann ont montré que ce modèle s'appliquait dans certains cas à la propagation d'étincelles ou de fractures. Un des résultats majeurs de ce modèle est que les structures qu'il engendre sont fractales.

On sait par ailleurs qu'une cellule électroluminescente s'excite facilement lorsqu'on lui applique une tension proche de son seuil de claquage, c'est-à-dire lorsque l'on est proche de la réalisation d'une étincelle. Il m'a alors semblé intéressant à l'époque de mieux connaître ce modèle en vue de son application à l'électroluminescence et j'en ai mené l'étude par trois approches différentes: après une approche expérimentale (cf. ¹⁹) basée sur électro-cristallisation du cuivre qui m'a permis de détecter une différence entre le modèle théorique et les résultats expérimentaux, j'ai poursuivi une réflexion théorique (cf. ¹⁸) qui m'a révélé l'importance cruciale d'une hypothèse sous-jacente qui concerne la conductivité de l'agrégat lui-même. Avec P. Meakin et Z.Y. Chen, j'ai enfin développé des simulations dérivées du modèle initial de Witten et Sander qui permettent de déterminer l'influence de l'anisotropie des particules s'agglomérant (cf. ²⁰). Sander a publié le résultat ¹⁸ un peu plus tard.

7.a) Electro-cristallisation du cuivre. (18, 19)

Avec M.A. El-Sayed, j'ai monté une expérience simple d'électro-cristallisation 2-D du cuivre à UCLA; elle faisait croître des structures dendritiques et fractales de métal. Nous avons analysé les formes obtenues à l'aide d'un ordinateur, d'une caméra vidéo et d'une carte de digitalisation. Nous avons ainsi pu comparer nos résultats à ceux obtenus sur des amas théoriques.

La conclusion de cette étude est que les agrégats expérimentaux de cuivre électro-cristallisés ont bien la dimension fractale (1,7) des agrégats théoriques à 2-D; cependant une analyse plus fine de leur géométrie, basée sur la détermination des caractéristiques d'une marche aléatoire (dimension spectrale), a

montré que ces deux types d'agrégats, théorique et expérimental, étaient différents: leurs dimensions spectrales étaient différentes. Nous avons interprété ce fait en considérant l'influence de la conductivité du cuivre métallique.

En effet, une hypothèse sous-jacente du modèle de Witten et Sander suppose que l'agrégat formé est une équipotentielle, ce qui impose dans le cas de l'électrodéposition que la conduction dans l'agrégat est bien supérieure à celle de l'électrolyte qui l'entoure. Ceci ne peut être réalisé que pour des tailles d'agrégats fractals suffisamment petites car, de par la nature fractale de l'agrégat, le rapport entre la masse de celui-ci et celle de l'électrolyte décroît constamment avec la dimension de l'objet et la loi de décroissance dépend de la dimension fractale. Il en est de même du rapport de la conductance de l'objet à celle de l'électrolyte, mais la loi de décroissance dépend alors de la dimension spectrale. Ainsi, la résistance de l'objet fractal n'est plus négligeable devant celle de l'électrolyte pour de très grands amas.

Ce raisonnement m'a permis de prévoir (*cf.* ¹⁸) que dans tous les types d'expériences où le modèle de Witten et Sander doit s'appliquer (électro-cristallisation, Saffman-Taylor, étincelle électrique, fractures, cristallisation,...), il existe une taille maximale au-dessus de laquelle le modèle ne s'applique plus et au-dessus de laquelle les agrégats ne sont plus fractals. Sander a obtenu ce résultat quelques années après.

7.b) Étude des agrégats formés par collage de molécules anisotropes. ⁽²⁰⁾

Lorsque l'on étudie la forme des agrégats obtenus par agrégation limitée par la diffusion (DLA), on s'aperçoit que celle-ci reflète la structure du réseau sur lequel la marche aléatoire a lieu. Ainsi, pour un réseau carré à deux dimensions, la forme moyenne obtenue par superposition de plusieurs amas est un carré. Avec P. Meakin et Zhong-Yin Chen, j'ai voulu déterminer si une anisotropie dans le processus de collage, due par exemple à une anisotropie du marcheur aléatoire, influait aussi sur la forme des agrégats. Ce phénomène pourrait être important car bon nombre d'amas sont constitués de particules anisotropes dans la nature.

Nous avons choisi un réseau carré, des particules carrées dont deux côtés se collent plus facilement que les deux autres (les côtés identiques ne sont pas adjacents). Nous avons étudié les deux cas limites de rotation gelée et de rotation rapide des particules sur elles-mêmes durant la marche au hasard.

Nous avons aussi cherché à déterminer si une orientation privilégiée des molécules lors du lâchage conduisait à une altération de la forme des amas. Nous avons montré bien entendu que cette altération n'apparaissait que lorsque la rotation de la molécule était interdite et avons trouvé que ce nouveau processus de croissance conduisait à des agrégats relativement compacts et en forme d'aiguilles avec deux lois d'échelle distinctes en largeur et en longueur, (le rapport entre ces deux grandeurs largeur/longueur décroît comme la racine carrée de cette longueur). On parlera maintenant de système à symétrie auto-affine.

B.8) Étude d'un matériau laser (YAP) (phosphate d'aluminium et d'Yttrium dopé au néodyme Nd³⁺).

21

Nous avons cherché à caractériser le fonctionnement picoseconde d'un barreau YAP (perovskite d'aluminium et d'Yttrium) en régime picoseconde. D'après les études spectroscopiques et les caractéristiques de l'émission laser continue, ce barreau semblait en effet présenter des caractéristiques sensiblement meilleures que celles du YAG, tant en ce qui concerne la puissance moyenne que la durée des impulsions picosecondes. Ceci a été confirmé par notre étude. De plus, la cavité laser que nous avons utilisée n'était optimisée que pour un laser YAG et non pour le YAP; il est donc fortement probable que les caractéristiques que nous avons publiées sous-estiment les possibilités réelles offertes par ce matériau.

B.9) Effet de cohérence en lumière incohérente: mélange à quatre ondes sur un film mince de crésyl violet. (22, 23, 45)

Le problème que nous avons voulu aborder ici est de nature quantique et fait appel à des formalismes complexes; nous allons cependant chercher à le résumer le plus simplement possible. Au moment de cette étude, des expériences d'autodiffraction d'un laser à colorant de temps de cohérence très court (quelques 100 femtosecondes (fs), *i.e.* $1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$) et de durée de quelques dizaines de picosecondes sur un film mince de polymère dopé au crésyl violet avaient montré que le temps de mémoire de phase T_2 du matériau était très court ($T_2 < 20 \text{ fs}$) lorsque l'on excitait ce matériau au centre de sa bande d'absorption; mais on trouvait aussi que ce temps T_2 était nettement plus long ($T_2 \sim 100 \text{ fs}$) si le matériau était excité sur le flanc basse énergie de cette même bande d'absorption; toutes ces expériences ayant lieu à très basse température (1,5K). Le résultat de cette expérience était interprété à l'aide d'un modèle basé sur un schéma à deux niveaux représentant les états de la molécule de crésyl violet.

Cette interprétation ainsi que la valeur du temps de cohérence T_2 nous ont semblé difficilement acceptables: en effet le crésyl violet est une molécule de colorant dont les états électroniques sont relativement couplés aux modes de vibration de la molécule, ce qui explique la forte largeur de son spectre d'absorption et l'existence d'un flanc d'absorption basse énergie assez raide; tout ceci rendait donc caduque l'interprétation simplifiée à l'aide du modèle à deux niveaux précédent, d'autant qu'une expérience de mélange à quatre ondes fait intervenir un processus élémentaire d'absorption-émission-absorption-émission dans lequel quatre longueurs d'onde différentes interfèrent. Ainsi, il nous semblait que l'effet observé était lié à un effet de filtre déplaçant en énergie le spectre de l'onde lumineuse diffractée et augmentant ainsi son "temps de cohérence" effectif.

Nous avons cherché à reproduire ces expériences en faisant varier la température du milieu et le temps de cohérence τ_c du laser. Nous avons ainsi pu montrer que le temps T_2 mesuré était en fait proportionnel à τ_c et que ce n'était donc pas un temps caractéristique spécifique du seul milieu. Nous avons ainsi prouvé expérimentalement l'incompatibilité du modèle à deux niveaux et avons déterminé les lois de variations des paramètres de cette expérience.

Il reste à bâtir un modèle susceptible d'expliquer ces résultats; ceci est malheureusement une tâche ardue car ce modèle doit respecter en grande partie la complexité du système; il doit donc être basé sur un

calcul au quatrième ordre de perturbation d'un hamiltonien dépendant du temps qui fait intervenir trois continuums d'états, l'un décrivant le champ électromagnétique en fonction de la longueur d'onde, et les deux autres décrivant les deux bandes d'états vibroniques de la molécule de crésyl violet. On ne peut plus simple !

C) TRAVAUX EN MECANIQUE DES MILIEUX GRANULAIRES

C.1) Caractérisation des avalanches de billes ; phénomènes de stick-slip. ^{25, 34, 39-41, 46, 50, 57, 60, 61,67, 68,20,150,159,162,166,169,173,177-179,181,183,184}

Position du problème : Lorsqu'un cylindre est partiellement rempli de billes et tourne autour de son axe horizontal, on observe deux régimes différents du flux des billes suivant la vitesse Ω de rotation du cylindre: Lorsque cette vitesse est grande, on observe un flot plus ou moins constant de billes ; lorsque la vitesse est petite, le flux de billes devient intermittent et consiste en une série discrète d'avalanches séparées par des régimes sans écoulement. On peut définir les quantités suivantes : les avalanches durent un temps caractéristique T_{aval} qui dépend de la longueur de la pente, elles commencent à un angle θ_{max} et s'arrêtent à un angle θ_{min} , et ont une taille $\Delta\theta = \theta_{\text{max}} - \theta_{\text{min}}$. On trouve expérimentalement que T_{aval} , θ_{max} , θ_{min} , et $\Delta\theta$ fluctuent. La transition entre régime d'avalanches et régime continu a lieu lorsque $\Omega T_{\text{aval}} = \Delta\theta$ approximativement.

En 1987, est apparue la notion de Self Organised Criticality (SOC) pour expliquer le bruit en $1/f$ que l'on trouve dans beaucoup d'expériences de physique. Ce modèle est basé sur une simulation numérique de l'écoulement du sable le long d'une pente ; pour cela le modèle postule une alimentation au hasard, une loi de stabilité entre grains voisins et des règles d'écoulement locales relativement simples (en fait le passage à la limite continu a permis de montrer que ces lois sont moins simples que l'on croyait, puisqu'elles donnent lieu à un saut du coefficient de diffusion pour un angle de pente donné.

1.a) Premières études des avalanches ^{25, 34, 39-41} :

Dans un premier temps ^{25,34}, nous avons étudié le régime intermittent en utilisant l'émission sonore provenant du choc des billes contre les parois du cylindre. Nous avons déterminé ainsi les statistiques de la durée des avalanches et du laps de temps séparant N avalanches successives. Nous avons montré que la distribution de la taille des avalanches est large et qu'il n'y a pas de corrélation entre avalanches consécutives (après une grosse avalanche, il y a aussi bien une grosse ou une petite avalanche dans la limite de notre précision expérimentale). Enfin certaines caractéristiques de la statistique de ces avalanches semblent être indépendantes de la largeur transversale du front (dans la limite où cette largeur est petite devant la longueur de la pente).

Cependant, j'ai vite réalisé que la mécanique des milieux granulaires n'était pas une science aussi jeune que nous le proclamions alors, tout au moins en ce qui concerne la mécanique macroscopique. En 1990, j'ai donc décidé de faire des stages dans plusieurs laboratoires de mécanique (LCPC, puis LMS de l'Ecole polytechnique) pour m'installer en 1991 (et m'intégrer en 1992) au Lab. MSSM de l'Ecole Centrale de Paris. Ceci m'a permis un apprentissage rapide de la mécanique macroscopique quasi-statique des milieux granulaires; c'est ainsi que j'ai proposé dès 1990 de faire le parallèle entre le mécanisme d'avalanche et celui d'une transition de phase du premier ordre ³⁹⁻⁴¹, qui peut devenir du deuxième ordre sous certaines conditions. J'ai pu aussi expliquer, les effets de taille finie vus par une équipe d'IBM (Held et al.) ⁴⁰, expérience que nous avons reproduite (thèse P. Porion). Cette même interprétation (effet de taille

fini) a été publié par C.H. Liu & S. Nagel et al. , un peu après nous comme ils l'ont reconnu (cf. Témoignage #1) ; il est dommage que cette équipe ne cite pas notre travail . Le modèle de Per Bak et al., qui prévoit un bruit en $1/f$ et une statistique d'avalanches extrêmement large, n'est pas observé expérimentalement, sauf lorsque la longueur L de la pente est petite par rapport à la taille du grain d : $d > L \Delta\theta$.

En reliant ce problème d'avalanches au problème de résistance des matériaux granulaires en grande déformation sous chargement ⁴⁰, j'ai pu utiliser les résultats expérimentaux et les approches théoriques proposées par les mécaniciens des sols ³⁹⁻⁴¹. C'est ainsi que j'ai relié de façon quantitative la densité initiale du tas et les effets de dilatance: plus celle-ci est grande, plus les effets de dilatance sont importants. On sait en mécanique des sols que ces effets de dilatance affectent le frottement solide effectif , et qu'il existe une relation (dite relation de Rowe) entre la résistance effective d'une part et la dilatance et l'angle de frottement solide à la plasticité parfaite d'autre part .

Le modèle simple ³⁹⁻⁴¹ que j'ai proposé incorpore ces deux quantités : frottement solide unique (ou de plasticité parfaite) et la dilatance. Il prévoit que la densité du tas et la gravité gouvernent la taille des avalanches. Ainsi, le régime d'avalanches correspond à une transition sous-critique ; il n'existe que lorsque la densité du tas est supérieure à une densité donnée, (appelée densité "critique" ρ_c en mécanique des sols). La bifurcation devient critique (ou super critique) lorsque la densité ρ devient égale ou inférieure à la densité "critique" .

1.b) Avalanches en centrifugeuse ^{46, 50, 57, 58, 60, 61, 68} :

J'ai ensuite développé une collaboration avec le L.C.P.C.-Paris (P. Porion et J.-L. Durville), le LCPC-Nantes (D. Fargeix et L.M. Cottineau) et avec MM. Habib et Luong de l'Ecole polytechnique, sur l'étude des avalanches en macrogravité. Cette étude a fait partie de la thèse de P. Porion; une subvention de sept semaines de centrifugeuse nous a été accordée par le MRE à ce propos.

Ces séries d'expériences ont montré ou confirmé ^{46, 50,57}:

- que l'effet de la cohésion est faible voire négligeable sur le processus d'avalanche dans du sable,
- que l'effet de l'élasticité des grains peut être négligé,
- que les tailles d'avalanches et leurs fluctuations sont indépendantes de la gravité et de la densité initiale du tas après qu'une série de trois à cinq avalanches a été réalisée,
- mais que la taille des premières avalanches dépend de la densité initiale,
- que l'on peut effectivement définir un état "critique" avec une densité critique, qui dépend de la gravité effective,
- qu'on observe très rarement un écoulement continu lorsque le container tourne très lentement ; on n'arrive donc pas à mettre le système à l'état critique ,
- que la taille moyenne $\langle \delta\theta \rangle$ des avalanches dépend du matériau considéré,
- qu'on observe un phénomène de tassement par saccades (ou discontinu) aux faibles densités de sable, c'est-à-dire lorsque le système devrait se comporter de façon supercritique, sans rupture macroscopique.

D'autres résultats sur d'autres sables ou sur d'autres matériaux (riz) ont été aussi obtenus. Ils tendent à confirmer ces résultats; **ils confirment aussi la corrélation forte entre les caractéristiques mécaniques obtenues par l'étude des avalanches et celles mesurées à l'essai triaxial, comme nous le supposions au départ.**

1.c) Des avalanches presque critiques⁶⁸:

Enfin, nous avons pu montrer⁶⁸ (thèse P. Porion) que sous certaines conditions expérimentales l'écoulement granulaire du sable d'Hostun acceptait de se placer très proche de son point critique, c'est à dire que nous avons observé des avalanches de taille très faible ; le débit était très faible dans ce cas.

Dans certain cas, nous avons pu stopper l'écoulement à la demande, juste en arrêtant la rotation du container ; l'écoulement reprenait alors dès que la rotation reprenait ; mais si on ajoutait quelques grains à la surface du tas avant de reprendre la rotation, cela générerait un écoulement très lent légèrement amplifié à la sortie (thèse P. Porion).

En confrontant les résultats expérimentaux sur la taille $\Delta\theta$ des avalanches, nous avons constaté une différence de comportement suivant que l'expérience est réalisée en cylindre tournant ou avec des récipients ouverts (pour lesquels l'écoulement tombe à l'extérieur) : on trouve dans le premier cas $\Delta\theta = \theta_{\max} - \theta_{\min} \approx 2(\theta_{\max} - \alpha)$ et dans l'autre cas $\Delta\theta = \theta_{\max} - \varphi$. Nous avons montré que c'était lié au mode de dissipation⁶⁸. Ceci démontre que l'avalanche ne s'arrête pas à l'angle de frottement dynamique φ_{dyn} dans une expérience en cylindre tournant, mais est telle que $\theta_{\max} - \varphi_{\text{dyn}} \approx \varphi_{\text{dyn}} - \theta_{\min}$. Il est regrettable que la confusion subsiste toujours dans les notations et que l'on appelle encore souvent l'angle d'arrêt en cylindre tournant, l'angle de frottement dynamique.

Par contre, l'avalanche s'arrête approximativement à l'angle de frottement dynamique dans une expérience à container ouvert, puisque l'on a : $\theta_{\max} - \theta_{\min} \approx \theta_{\max} - \varphi_{\text{dyn}}$. De plus, l'expérience en centrifugeuse sur le sable d'Hostun a donné une valeur de φ_{dyn} qui correspond à celle mesurée en quasi-statique avec un triaxial, soit φ de plasticité parfaite (ceci à l'incertitude de mesure près (1°) évidemment). Tout ceci est donc conforme au modèle que j'ai proposé. Il reste par contre à comprendre pourquoi l'expérience en centrifugeuse ne permet pas de placer systématiquement le système à l'état critique et de fabriquer des avalanches de taille négligeable.

1.d) Pourquoi n'observe-t-on pas des avalanches presque critiques^{120,150,159}:

J'ai tout d'abord proposé une explication¹²⁰ à ce phénomène, mais elle ne me paraît pas complètement satisfaisante.

Une autre explication est apparue lorsqu'on a étudié par simulation numérique la limite de stabilité d'une pente^{120,159}: on obtenait des pentes maximums qui pouvait dépasser nettement l'angle de frottement suivant le critère de plasticité choisi. Par exemple en prenant le critère de rupture de Drucker-Prager, la pente maximum peut atteindre 57° lorsque l'angle de frottement solide est de 30° . Ceci est généré par le rôle joué par la contrainte intermédiaire σ_2 ($\sigma_3 < \sigma_2 < \sigma_1$) dans le critère de plasticité. Le critère de Coulomb ne lui fait jouer aucun rôle ; c'est pourquoi l'angle de frottement est toujours le même. Mais ne

pas faire jouer de rôle à σ_2 est réaliste lorsque σ_2 prend réellement une valeur intermédiaire ; par contre cela le devient beaucoup moins lorsque $\sigma_1 \approx \sigma_2$ ou $\sigma_3 \approx \sigma_2$; dans ce cas, le critère de rupture doit traiter de façon équivalente σ_1 et σ_2 ou σ_2 et σ_3 . On trouve alors que la pente du tas peut dépasser la valeur du frottement solide.

L'étude des avalanches se poursuit de plusieurs manières distinctes : tout d'abord nous avons cherché à calculer l'état de contrainte dans différents tas, avec des géométries différentes (triangulaire et conique) ; nous cherchons à tester la capacité des modèles à tenir compte des conditions aux limites, des conditions de fabrication,...; ce thème est développé dans la section (C.2.e) car il concerne aussi la description des propriétés mécaniques macroscopiques des milieux granulaires. Ensuite, nous cherchons à améliorer l'écriture des lois d'écoulements (cf. section C. 3), pour décrire l'écoulement lui-même.

1.e) Un cas simple de stick-slip: une chaîne de rouleaux⁶⁷

La mécanique des stick-slips est très semblable à celle des avalanches. Pour le comprendre, on peut utiliser un système patin-ressort, où le patin frotte sur le sol avec un coefficient de frottement dynamique μ_d , différent du coefficient statique μ_s . Cela provoque un mouvement saccadé que le support soit horizontal, incliné de façon quelconque ou à la limite du glissement. On l'étudie en mesurant l'évolution de la force F du ressort au cours du temps ; lorsque le mouvement d'entraînement est continu, la force croît linéairement pendant les périodes d'arrêt (de $F_{\min}(n-1)$ à $F_{\max}(n)$), puis relaxe rapidement à $F_{\min}(n)$, ($F_{\max}(n) > F_{\min}(n)$). Les séquences $\{\dots, F_{\max}(n), F_{\min}(n), \dots\}$ permettent de caractériser le stick-slip, de dresser les statistiques et les corrélations.

Dans ce travail⁶⁷ (et thèse F. Radjai) nous voulions étudier l'effet des rotations internes et du frottement entre les grains sur le mouvement de stick-slip. Nous avons choisi une chaîne unidimensionnelle de rouleaux car c'est le système le plus simple. On a trouvé par exemple que la distribution expérimentale des valeurs F_{\max} et F_{\min} est large $\Delta F_{\max}/F_{\max} \approx 1$. On peut définir un centre d'oscillation $F_{\max}(n) - F_{\min}(n)$; on trouve qu'il varie linéairement avec $F_{\max}(n)$. Ce centre d'oscillation correspond au coefficient de frottement dynamique moyen μ_d . μ_d n'est donc pas constant et dépend de F_{\max} et de l'amplitude du stick-slip ; il dépend donc des conditions initiales.

Ce système est simple, et sa description mathématique complète est réalisable ; on peut ainsi démontrer que le mouvement a lieu avec une auto-organisation spécifique des mouvements de rotations et de contre-rotation des rouleaux, que l'on peut aussi vérifier expérimentalement. On trouve par exemple que les rouleaux près du bord libre tournent sans glisser sur le support pour minimiser la dissipation, et que ceux qui sont au milieu de la chaîne tournent en sens inverse : un sur deux dans un sens, les autres dans l'autre sens ; les rouleaux qui roulent dans le bon sens, roulent sans frotter sur le support, tandis que les autres reportent une partie de leur poids sur les rouleaux adjacents ce qui limite la dissipation ; lorsque la chaîne est trop grande on obtient un flambage.

Cette auto-organisation est sensible à la valeur du coefficient de frottement de chaque grain, ce qui explique l'existence de stick-slip ; une fois le mouvement des grains lancé, il se continue jusqu'à l'arrêt, sans modification forte de l'auto-organisation ; ceci explique les corrélations entre F_{\min} et F_{\max} . Une

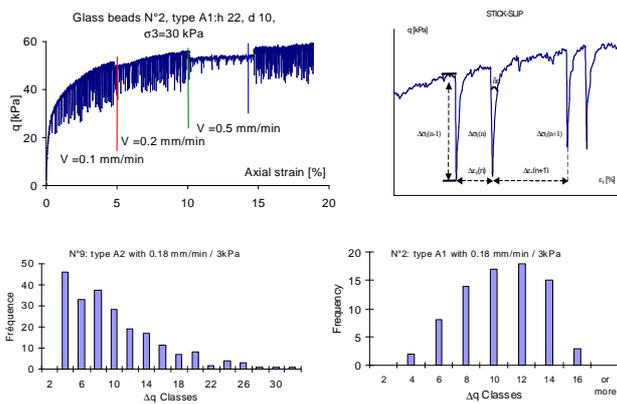
modélisation numérique de ce système a été réalisée en collaboration avec S. Roux ; elle utilise une méthode implicite similaire à celle de M. Jean et J.J. Moreau, puis extrapolée à un ensemble de rouleaux bidimensionnels.

1.f) Mécanisme de stick-slip dans un échantillon de billes de verre étudié à l'aide d'un triaxial

162,166,169,173,175,177-179,181,183

Nous étudions les problèmes de stick-slip à partir de compression uniaxiale axisymétrique à vitesse de déformation imposée, dans l'espoir de mieux comprendre ce phénomène, puis, peut-être, de l'appliquer aux séismes. Les échantillons utilisés sont cylindriques, de diamètre variable (5 cm ou 10 cm) ; ils sont formés de billes de verre (de diamètre 0.2mm ou 0.7mm) ; ils sont secs et sous vide partiel ($\sigma_3 = -30\text{kPa}$ ou -60kPa). (Des billes de 3mm, ou du sable d'Hostun ont aussi été utilisés pour « caler » l'expérience, mais ils ne présentent pas de stick-slip). Des essais saturés ont été réalisés mais ils ne donnent pas lieu à du stick-slip ; de même, les essais sur des échantillons denses ne donnent aucune saccade, et seuls les échantillons lâches donnent le stick-slip.

Un exemple typique est donné sur la figure suivante. On voit que le nombre d'évènements



produits est grand lors de la compression (de l'ordre de 50 à 400), ce qui permet une étude statistique. Ceci est rare dans les études passées. On voit aussi que la chute de contrainte est très rapide et que le « réarmement » est plus lent ; il est lié à la constante élastique du ressort qui assure la mesure de la force déviatoire q . On voit aussi que cette force déviatoire q dépend de la vitesse moyenne V de la compression, et qu'elle est d'autant plus petit que V est grand.

L'échantillon est donc « rhéofluidifiant ».

La mécanique d'un système « rhéofluidifiant » devrait être totalement instable, si elle ne faisait intervenir une mémoire interne et un mécanisme rhéo-épaississant aux vitesses de déformations très grandes. C'est pourquoi le système étudié doit posséder une loi de frottement de type Ruina-Dieterich, dont la force τ dépend de la durée des contacts et d'une variable interne θ , et de constantes a , b , μ_0 , V_0 et L_1 . Dans la version Ruina-Dieterich, on a $\tau = \sigma \{ \mu_0 + a \ln(V/V_0) + b \ln(V_0 \theta / L_1) \}$ et $d\theta/dt = 1 - \theta V / L_1$, de telle sorte que τ à l'état stationnaire est donné par $\tau = \sigma \{ \mu_0 + (a-b) \ln(V/V_0) \}$; τ décroît donc si la vitesse augmente lorsque $a-b$ est négatif. Le système est totalement stable si $a-b$ est positif ; il devient instable si $a-b = -c(V)$ est suffisamment négatif, ou si la vitesse V devient brusquement suffisamment grande pour un $a-b$ négatif donné. De tels effets sont connus depuis les années 60 par les géo-mécaniciens et sont à la base des modélisations des séismes, mais ils sont redécouverts périodiquement. On sait aussi que ce modèle conduit à des stick-slips périodiques et que le passage du régime stable au régime de stick-slip périodique se fait par une bifurcation de Hopf.

Le calage de ce type de modèle sur nos observations expérimentales n'a pas encore été totalement

réalisé.

Comme nous l'avons souligné, l'intérêt particulier de la présente expérience réside en ce qu'elle génère un grand nombre de stick-slips qui ne sont pas périodiques et dont on peut étudier la statistique en fonction de la taille de l'échantillon et de la vitesse de déformation. On a trouvé en particulier que cette statistique variait de forme (distribution exponentielle vs. distribution gaussienne) pour des échantillons contenant 10 000 000 grains, ce qui laisse penser à un volume élémentaire représentatif de 10^7 grains !!.

1.g) Diffusion acoustique multiple comme sonde du phénomène de stick-slip ^{175,178}

Avec X. Jia et F. Adjémian, on voudrait remonter au mouvement des grains en étudiant la variation de signature temporelle d'un signal acoustique transmis par le milieu granulaire après une série de multi-diffusion. Le signal ultrasonore émis est court et de haute fréquence (200kHz) pour que sa longueur d'onde soit un peu plus grand que la taille du grain. Dans ce cas, on montre que le signal temporel multi-diffusé est une signature très sensible à la configuration locale des contacts et des forces; elle doit donc varier rapidement en fonction de la déformation macroscopique. Nous avons démontré ce point. "Reste" à quantifier le mouvement des grains.

Des expériences similaires ont déjà été réalisées par voie optique, mais elles sont plus faciles à réaliser car le signal optique est peu cohérent, les détecteurs sont insensibles à la phase de l'onde utilisée et sensibles à l'intensité. Le signal acquis est donc moyenné. Ce n'est pas le cas dans notre expérience: le signal initial est cohérent, la phase de l'onde est conservée et les détecteurs sont sensibles à l'amplitude. Il s'ensuit donc une richesse et une sensibilité plus grandes des signaux,... et une difficulté plus grande du dépouillement.

C.2) Description des propriétés mécaniques d'un milieu granulaire ; comportement macroscopique ; passage micro-macro. ^{43,44,49,51-54,56,59,62,63,65,67,72,78,85-87,94, 103,104, 106,108,112,113-116}

Comme j'ai déjà eu l'occasion de le mentionner, je me suis aperçu qu'un parallèle important pouvait être fait entre les expériences d'avalanches et les essais triaxiaux sur du sable, (refs. 25,34,39-41,47,48). La mécanique des milieux granulaires semble donc bien définie à l'échelle macroscopique lorsqu'on est dans le régime quasi-statique. Cependant, elle doit dépendre au moins partiellement des propriétés microscopiques. Pour bien comprendre l'ensemble de la mécanique quasi-statique des milieux granulaires et réussir un passage "micro-macro", il faut donc connaître les lois à l'échelle microscopique, celles à l'échelle intermédiaire, que j'appellerai mésoscopique, et les lois du domaine macroscopique où le milieu granulaire ressemble plus ou moins à un milieu continu homogène avec des lois spécifiques; c'est le domaine décrit par l'essai triaxial. Il se situe nettement au-delà du domaine microscopique où le mouvement réel de chacun des grains est important, mais en deçà du domaine "géologique" où apparaissent des inhomogénéités macroscopiques telles que failles, plissement de terrain, qui sont le lieu de génération des séismes

Ainsi, un milieu granulaire homogène ne reste pas toujours homogène lorsqu'il est soumis à des contraintes extérieures: les déformations peuvent se localiser à certains endroits qui dépendent de la géométrie du système, de l'ensemble des conditions de départ et des conditions aux limites; ceci crée une

structuration du matériau à grande échelle. On sait aussi que cette structuration peut s'organiser de façon hiérarchique dans certains cas; (c'est par exemple le cas des simulations de tectonique des plaques sur le poinçonnement "Inde-Asie"). Les caractéristiques du milieu fluctuent alors spatialement et ses réponses peuvent varier brusquement (tremblement de terre). Une question supplémentaire est donc de comprendre et de prédire les caractéristiques à grande échelle (échelle "géologique"), connaissant les caractéristiques à l'échelle intermédiaire (macroscopique). C'est ce que j'appellerai le domaine du passage macro-géo.

2.a) comportements macroscopiques homogènes 43, 44, 53,78,103,104,106,108,111,113,115,120,121, 125, 129,132, 133,137-142,144,151,184

C. Stéfani et moi (43, 44, 53) avons montré que l'on pouvait rendre compte simplement de la forme générale des courbes contrainte-déformation d'un milieu granulaire sous compression uniaxiale simple quasi-statique ; il suffit pour cela de postuler que la dissipation ne dépend que des contraintes appliquées et de la dilatance (la dilatance est la variation dv/dh du volume spécifique v du milieu en fonction de sa variation de hauteur h). Grâce à cela, on démontre l'existence des états "critique" et caractéristique et l'on place correctement le maximum de contrainte au pic de dilatance . (Les guillemets sur "critique" indique que ce mot est pris au sens des mécaniciens des sols et non au sens des transitions de phase et des bifurcations). Il est remarquable que la densité $\rho=1/v$ du tas n'intervienne pas « le » paramètre qui contrôle directement la dissipation plastique; (elle intervient cependant indirectement, car l'intégrale de la dilatance est égale à la variation du volume de l'échantillon et correspond donc à une variation de la densité en sens inverse).

L'intérêt de cette formulation est qu'elle est très générale et contient à la fois l'approche de Rowe, et celle de Schofield et Wroth, suivant la fonction de dissipation choisie. De plus, elle correspond aux observations expérimentales qui montrent que la densité d'un milieu granulaire qui se déforme de façon homogène évolue vers la densité "critique", d_c constante, indépendamment du chemin de contrainte suivi; (d_c dépend de la contrainte principale appliquée). Ceci montre que les lois rhéologiques de la mécanique des sols s'écrivent relativement simplement. Fort de cette constatation, j'ai cherché à systématiser l'approche.

Il est clair qu'un milieu granulaire accepte les grandes déformation ; il doit donc aussi pouvoir subir des petites déformations ϵ ; celles-ci sont assez vite de nature plastique ($\epsilon > 10^{-5}$) puisque les grains sont relativement durs. Si l'on considère au départ un milieu granulaire isotrope et homogène sous contrainte isotrope, sa loi de déformation doit pouvoir s'exprimer sous forme incrémentale avec un pseudo module d'Young E_p et un pseudo coefficient de Poisson ν_p . Cette approche m'a permis de proposer une loi simple pour la mécanique des sols :

Une loi simple pour la mécanique des sols : Plus récemment, j'ai proposé aussi une modélisation incrémentale simple du comportement rhéologique d'un milieu granulaire sous chargement quasi statique 86,103,104,106,108,111,113,115,120,121,129,132,133 ; elle utilise un pseudo module d'Young E_p et un pseudo coefficient de Poisson ν_p , dont on cale les évolutions sur les résultats des essais triaxiaux drainés à contrainte latérale constante. De ce fait, E_p et ν_p dépendent des contraintes principales et de la direction de chargement. En fait, on sait qu'il existe une loi qui relie la dilatance et les contraintes de façon biunivoque

(loi de Rowe) dans un essai triaxial à σ_3 constant. Cette loi peut donc servir à déterminer la variation de v_p ; on trouve ainsi

$$v_p = s1/[2s3(1+M')]$$

où M' est un coefficient relié au frottement solide ϕ . Ainsi v_p ne dépend que du rapport des contraintes principales σ_1/σ_3 , sans paramètre ajustable.

Cette loi est simple et permet de calculer l'évolution des contraintes dès lors que l'on se fixe certaines « contrainte » sur les déformations (travailler à volume constant, à rayon constant,...). Ce modèle permet donc de prévoir la valeur du rapport σ_3/σ_1 oedométrique (constante de Jaky) et lie ce rapport oedométrique à la valeur de l'angle de frottement solide ϕ .

On décrit aussi la forme générale du comportement non drainé à partir des essais triaxiaux drainés à $\sigma_3=c^{ste}$. Ce modèle, malgré sa simplicité, est en bon accord avec l'expérience et ses prévisions théoriques se calculent facilement: il est même en meilleur accord avec les résultats expérimentaux que les modèles d'états « critiques » simples, et il est bien plus facile à utiliser. De plus, il montre le rôle essentiel joué par le pseudo coefficient de Poisson dans beaucoup de cas expérimentaux, coefficient dont la variation est négligée très souvent. Or, c'est l'évolution du pseudo coefficient de Poisson qui permet de donner une explication simple et raisonnable (pour la première fois à ma connaissance) à la formule de Jaky^{86,103}. Ce modèle permet aussi de généraliser la notion d'état caractéristique^{113,115}; il est enfin compatible avec les théories de la liquéfaction^{120,121}. Enfin, on peut trouver facilement une loi de variation du pseudo module d'Young E_p grâce aux modèles rhéologiques existants: j'ai montré¹²¹ qu'on pouvait utiliser la loi de Hujoux à cet effet.

J'ai ensuite proposé à une approche "théorie des systèmes dynamiques", pour démontrer que les surfaces de Hvorslev et de Roscoe sont des parties de la même surface^{104,113,115}, ce qui semble être vérifié expérimentalement.

Bien entendu, il existe déjà des modèles qui décrivent correctement la rhéologie quasi-statique ; mais ils sont en général beaucoup plus complexes et font intervenir nettement plus de paramètres ajustables ; ils requièrent aussi l'utilisation d'un ordinateur. En fait, ces modèles partent souvent de la théorie de la plasticité parfaite, qui est valable aux grandes déformations, pour décrire les petites déformations ; cela nécessite des corrections successives ce qui complique fortement la modélisation. Dans d'autres cas, une approche incrémentale a bien été utilisée, mais associée à une loi anisotrope, ce qui complique les phénomènes.

Le modèle que je propose est suffisamment simple et général pour qu'on puisse s'en servir pour enseigner les principes de la mécanique des sols. C'est pourquoi j'en ai tiré un livre (publié¹³⁷ dans *Poudres & Grains*). Il regroupe aussi des notions de physique statistique. Je poursuis l'étude de ce modèle en l'expliquant dans les congrès¹⁵¹ et je le teste en le comparant à tous les résultats expérimentaux que je trouve^{139-142,144,184}.

La surface de Jamming (« gelification »)¹³⁸: J'ai récemment utilisé la mécanique des sols pour répondre à une question des physiciens : quelle est l'équation de la surface de « jamming » . J'ai montré que c'est l'équation des états normalement consolidés.

2.b) comportement macroscopique et localisation: du macro-au-géo^{49, 54,72}

On sait par ailleurs que les essais triaxiaux sont adaptés à l'étude de certains comportements irréversibles, (*i.e.* instabilités) tels qu'une brusque localisation des déformations. Ces mêmes essais doivent donc contenir les ingrédients permettant un passage du macro au géo. C'est dans cette idée que D. Sornette et moi (ref. ^{49,54}) avons cherché à analyser les comportements macroscopiques en termes de bifurcation sous-critiques et critiques, en termes d'attracteurs et en utilisant un espace des phases particulier . On a montré que dans cet espace l'évolution du milieu subissait une bifurcation sous-critique contrôlée par la densité du tas : le point attracteur devenait instable dans certaines directions dont nous avons déterminé le nombre . En utilisant la théorie des défauts nous avons pu déduire la caractéristique topologique des localisations, en particulier nous avons obtenu une droite lorsque le milieu granulaire est bi-dimensionnel (rouleaux) et une surface lorsqu'il est tridimensionnel ; dans ce dernier cas la forme générale des surfaces est définies par un vecteur normal qui décrit une hélice . Ces résultats sont confirmés par les expériences de Desrues et al..

Malheureusement, cette approche me semble fautive à l'heure actuelle, car cette analyse est incompatible avec le modèle proposé en C.2.c : en effet, du fait de la validité de la relation de Rowe, 2 des coordonnées que nous avons utilisées en^{49,54} pour l'espace des phases ne sont pas indépendantes; ceci réduit d'une unité la dimension de l'espace des phases et invalide nos conclusions. Nous n'avons pas encore eu le temps de publier cette incompatibilité.

2.c) Comportement microscopique et mésoscopique

166,169,173

51,52,56,59,62-64,67,114,116,

117,119,163,

La définition du comportement macroscopique à partir des caractéristiques microscopiques du milieu granulaire est une tâche ardue qui pose plusieurs questions : quels sont les rôles relatifs (i) des glissements intergranulaires, (ii) des rotations des grains, (iii) des fluctuations de force ; existe-il aussi des mouvements combinés de grains ? Engendrent-ils des corrélations à longue distance et faut-il en tenir compte ? Enfin, quel est le rôle de la dynamique dans le quasi-statique ?

J'ai cherché à répondre à quelques questions : peut-on définir des modes propres de déformation et quel est le rôle des rotations des grains, de l'ordre géométrique dans le processus de déformation; Qu'est-ce que le volume élémentaire représentatif VER? Peut-on proposer un modèle statistique simplifié des forces, des déformations, des volumes des pores... ?.

Rotations et anti-rotations des grains, modes de déformation et effet de l'ordre géométrique :

Parallèlement à ces approches, je me suis attaché avec J. Biarez, W. Meftah, F. Radjai et D. Sornette à caractériser les processus élémentaires des mouvements des grains qui interviennent lors de la déformation. J'ai aussi cherché avec J. Biarez et W. Meftah à comprendre l'influence de l'ordre

topologique sur les propriétés mécaniques d'un empilement et à savoir comment un empilement ordonné devenait désordonné.

En utilisant un modèle bidimensionnel et des réseaux réguliers de disques identiques ⁶⁴, nous avons montré tout d'abord que deux grains adjacents en contact ont tendance à tourner en sens inverse pour minimiser les dissipations énergétiques lors de la déformation; c'est ce que j'appellerai le processus de contre-rotation ^{52,64}. Nous avons aussi prouvé que les processus de déformation font appel à un ou plusieurs ensembles cohérents de mouvements combinés de toute une série de grains ⁵⁹; c'est ce que l'on pourrait appeler des modes propres de déformations. Enfin, en étudiant les propriétés mécaniques d'un ensemble de petits rouleaux bidimensionnels au triaxial, avec J. Biarez et W. Meftah, j'ai démontré l'existence de fluctuations importantes dans les propriétés mécaniques mésoscopiques ^{51,56}. Les fluctuations sont d'autant plus grandes que l'empilement est régulier, ce qui montre la grande influence de l'ordre et des chemins de déformation privilégiés.

Grâce à l'application du théorème du travail virtuel, j'ai voulu dresser un parallèle entre la mécanique des mouvements des grains (et en particulier de leur rotation) et l'état fondamental d'un anti-ferromagnétique désordonné ⁵²; pour cela, j'ai supposé qu'on connaissait la distribution de la composante normale des forces de contact; j'ai montré ainsi l'importance du phénomène de contre-rotation et l'existence du phénomène de **frustration de rotation**. J'ai pu aussi montrer que le calcul des modes de déformation était un problème d'optimisation et justifier l'existence de modes propres de déformation et de processus de contre-rotation ^{59,119}.

Avec D. Sornette, nous avons cherché à généraliser ces résultats. Nous avons fait un parallèle entre ce problème mécanique et le problème des verres de spins ^{56,62,63} et nous avons extrapolé ces résultats aux phénomènes des séismes. Nous avons ainsi suggéré que les fluctuations observées à grande échelle et à l'échelle des grains constituent une signature de la mécanique des milieux granulaires. De la même façon, nous avons proposé que la complexité spatio-temporelle observée sur la structure des failles et des tremblements de terre résulte de la frustration de la cinématique des déformations de ces blocs constitutifs.

Tous ces travaux se sont inscrits au sein d'une collaboration avec D. Sornette et avec un sous-ensemble du GRECO-géomatériaux puis de Géo dont le thème était le passage micro-macro. L'étude des rotations des grains a reçu un écho favorable outre-Atlantique; par exemple, Behringer a repris cette thématique, en l'axant surtout sur les fluctuations.

Je pense à l'heure actuelle, que les effets des rotations des grains sont moins importants que ce que je pensais au départ :

En reprenant récemment ce travail ¹¹⁹, j'ai pu affiner la modélisation et montrer que le problème d'optimisation était linéaire et ne pouvait donner lieu à un parallèle avec les verres de spins. J'ai clarifié aussi l'existence des modes de déformations et montré qu'ils formaient un demi-espace vectoriel, de telle sorte que les comparaisons entre expériences ne peuvent se faire que statistiquement. J'ai aussi montré sur des exemples que dislocation et localisation sont deux phénomènes distincts et qu'il ne faut pas les confondre. En particulier, on peut montrer que les glissements entre grains ne peuvent pas être pris en compte avec le tenseur de déformation, car ce sont des déformations incompatibles (comme le sont aussi les

dislocations dans un matériau élastique).

Volume élémentaire représentatif VER:

Pour définir la validité des lois rhéologiques macroscopiques, on a besoin de définir la taille normale d'échantillon qui permet d'observer cette loi. Les mécaniciens appellent ce volume minimum le Volume Elémentaire Représentatif (VER), mais ils ne raisonnent pas à partir d'un milieu qui fluctue. En fait, lorsque le milieu est un milieu discret formé de grains et de contacts, il est normal que ses propriétés macroscopiques fluctuent localement, d'un point à un autre.

J'ai donc été amené à redéfinir le VER¹¹⁷ à partir de l'étude de la régression des fluctuations en fonction de la taille du système. Le VER est alors la taille du système à partir de laquelle cette régression obéit au théorème central limite ; et j'ai donné quelques exemples^{117,163,166,173}.

J'ai utilisé cette approche sur différents résultats de simulations numériques, puis sur des résultats expérimentaux. Il ressort de cette étude que le VER d'un milieu granulaire « normal » contient entre 1 et 30 grains^{163,166,173} ; c'est-à-dire qu'il est nettement plus petit que ce que l'on enseigne couramment en mécanique des sols.

Par contre, il semble que nous ayons mis en évidence un REV contenant 10^7 grains dans des échantillons de billes de verre qui présente du stick-slip¹⁷³.(cf. 1.f)

Modèle statistique simplifié : Interaction statistique-microscopique // loi-macroscopique:^{114,116,137,152}

L'étude précédente montre que le VER d'un milieu granulaire est petit, ce qui implique l'absence de corrélation à grande distance. On peut donc supposer que la corrélation entre grandeurs identiques à différents endroits est nulle et que le désordre est plus ou moins optimal pour assurer les fluctuations statistiques.

En supposant donc qu'un milieu granulaire obéit à une loi de désordre optimal et qu'il est caractérisé (i) par une contrainte bien définie p (isotrope) et (ii) par un volume spécifique bien défini v , j'ai trouvé^{114,137,152} en utilisant la technique des multiplicateurs de Lagrange que les distributions des forces de contact et des tailles des trous doivent suivre une loi exponentielle. Le paramètre caractérisant chaque exponentielle est équivalent à une température ; il correspond à la valeur du multiplicateur de Lagrange correspondant au problème. On définit ainsi la température des forces (qui n'est autre que la contrainte moyenne $T_F=p$) et la température des trous T_ω (qui est reliée à l'indice des vides e). Ce modèle est en accord avec les résultats expérimentaux et les simulations numériques des forces de contact.

J'ai ensuite modifié un modèle de Boutreux et de Gennes pour proposer une justification théorique¹¹⁶ de la loi expérimentale reliant la variation du volume spécifique v d'un milieu granulaire lâche à sa pression moyenne p de confinement et au déviateur de contrainte ($v = -\lambda \ln[p] - \mu \ln[1+q^2/(M^2p^2)]$).

2.d) Un cas simple: une chaîne de rouleaux⁶⁷

Ce travail a fait l'objet de la thèse de F. Radjai. L'idée était la suivante^{59,67} : l'effet des rotations et des contre-rotations des grains diffère fortement en fonction de la dimensionalité de l'espace, car le

rapport surface/volume varie fortement. Ainsi, le nombre de degrés de liberté interne est bien plus grand à 3d qu'à 2d, et à 2d qu'à 1d. Par souci de simplification nous avons donc opté pour le cas 1d.

L'avantage de ce système est que le calcul mathématique complet est réalisable ; on peut ainsi démontrer l'existence d'une auto-organisation des mouvements de rotations, de contre-rotation et de glissements des rouleaux. On peut facilement démontrer (et vérifier expérimentalement) que les rouleaux près du bord libre tournent sans glisser sur le support pour minimiser la dissipation ; de même, ceux qui sont au milieu de la chaîne ont intérêt à tourner en sens inverse : un sur deux dans un sens, les autres dans l'autre sens, ceux qui roulent dans le bon sens, roulent sans frotter sur le support, tandis que les autres reportent une partie de leur poids sur les rouleaux adjacents et frottent beaucoup moins sur le support.

2.e) tests des comportements macroscopique ; pertinence de la notion de déformation

65,84,86,87,94,99,100,105,150,159

Nous avons vu dans le paragraphe §-C.1 que les avalanches obéissent aux règles de la mécanique définies par l'essai triaxial, c'est-à-dire aux lois macroscopiques connues. Ces lois macroscopiques sont souvent calées sur des expériences grandeur nature (barrage, fondation,...) et servent souvent au dimensionnement ou à la prédiction d'évolution future.

C'est pourquoi, rares sont les expériences de mécanique des sols qui sont menées avec suffisamment de précision pour permettre d'infirmer ou de confirmer certaines hypothèses. Il faut dire que cela n'est pas nécessaire en général, car les impondérables de la construction (pluviométrie, mauvaise connaissance du sous-sol,...) sont tels que les calculs sont menés avec des coefficients de sécurité très larges. Cela n'empêche qu'un effort pour (i) parfaire notre connaissance de la rhéologie des milieux granulaires et (ii) confronter expériences et théorie semble nécessaire si l'on veut améliorer la fiabilité des calculs.

Parallèlement, Bouchaud, Cates, Claudin, Wittmer, (BCCW) ont remis en cause l'approche classique et proposent de traiter la mécanique des milieux granulaires en excluant les déformations. Cela a fait l'objet de plusieurs articles dont un à *Nature*, l'autre à *Phys. Rev. Lett.* . Le plus simple était de tester leur hypothèse. J'ai donc monté une expérience pour tester la théorie sur la propagation des contraintes proposée par cette équipe et j'ai montré son inadéquation.¹⁰⁵

J'ai aussi voulu montrer le rôle important des déformations plastiques et de leur modélisation. C'est ainsi que j'ai proposé⁸⁶ une explication de la valeur de la constante de Jaky et du rapport des contraintes dans les silos. De plus, pour montrer une nouvelle fois l'importance des déformations en mécanique, j'ai étudié le chargement d'un silo⁹⁴ en collaboration avec P.G. de Gennes et montrer que l'état des contraintes était très sensible aux conditions aux limites. Un modèle utilisant un matériau élastique et des parois rigides avec un frottement plus ou moins mobilisé a été développé. Ainsi nous avons montré l'importance des déformations. (On trouvera d'autres exemples dans la sous-section §C2a, lorsque je teste mon modèle de loi rhéologique quasistatique aux tests expérimentaux.

Par ailleurs, j'ai discuté une hypothèse, appelée Radial Stress Field (RSF) scaling, faite par Bouchaud, Cates, Claudin et Wittmer (BCCW) et ai montré qu'elle était en fait la somme de plusieurs

hypothèses distinctes⁸⁷. J'ai montré en particulier que les résultats expérimentaux sur les avalanches contredisaient cette hypothèse⁸⁷.

BCCW pensent que leur théorie s'applique aux distributions des contraintes dans des empilements prismatiques et coniques et que seule leur théorie est capable de la déterminer. C'est loin d'être évident⁸⁴; par exemple, les solutions qu'ils proposent sont totalement compatibles avec une analyse mécanique classique (cf. congrès Powders & Grains 97). De plus, A. Modaressi, S. Boufellouh et moi avons mené à bien un calcul par éléments finis, pour montrer la sensibilité des résultats aux conditions de fabrication, à la forme du tas; ces prévisions sont en accord avec les mesures expérimentales que nous avons obtenues en centrifugeuse⁹⁹ sur des empilements de formes diverses (triangle, cône) et de fabrications diverses¹⁰⁰.

J'ai monté sur les conseils de Bouchaud une expérience pour infirmer ou confirmer une autre hypothèse de BCCW, qui affirme que les contraintes se propagent en ligne droite. L'expérience n'a évidemment pas réussi (au sens de BCCW); elle a obligé BCCW à compliquer leur théorie en invoquant la « fragilité » du matériau ! Plutôt qu'à conclure à la fragilité de leur théorie. C'est dommage car cette attitude conduit à des arguments d'autorité (J'ai eu beaucoup de mal à publier mon résultat) (cf. Témoignage #1)]. Elle entraîne des jeunes chercheurs dans des voies sans issue, ce qui est dommage aussi, à moins qu'on s'en serve comme critère d'embauche : On n'a pas besoin de suiveurs, mais de découvreurs qui s'enlisent le moins possible.

J'ai utilisé le regain d'intérêt pour ces problèmes simples pour étudier avec l'aide des mécaniciens la capacité de prévision de leur programmes numériques et de leurs modèles. Avec A. Modaressi (thèse S. Boufellouh), j'ai donc cherché¹⁰⁰ à calculer la distribution des contraintes dans des tas coniques et prismatiques fabriqués de différentes façons (strates horizontales et strates inclinées) et leur variabilité en fonction des conditions aux limites. J'ai comparé le résultat de ces calculs avec les divers résultats expérimentaux et avec des résultats⁹⁹ que j'avais obtenus avec l'équipe de la centrifugeuse du LCPC à Nantes. Ceci est récapitulé dans la thèse de S. Boufellouh.

Avec A. Modaressi, j'ai poursuivi l'étude en étudiant l'évolution du champ de contrainte lorsqu'on fait tourner le tas, et avons déterminé la limite d'existence des solutions. Ceci donne l'angle maximum du talus. Nous avons pu obtenir des pentes supérieures à l'angle de frottement^{150,159} lorsqu'on utilise certains critères de plasticité. C'est lié à leur écriture, qui permet de maintenir l'équilibre mécanique par chargement ou déchargement de la contrainte intermédiaire σ_2 , ($\sigma_3 < \sigma_2 < \sigma_1$). (cf. 1.e)

2.f) mesures macroscopiques^{65,85}

Dans ce paragraphe, je citerai enfin brièvement des travaux métrologiques concernant la mesure de propriétés mécaniques, tels que l'analyse par traitement d'images de la déformation de matériaux bidimensionnels⁶⁵, et la mesure de la densité locale d'un sable par un pénétromètre dynamique⁸⁵.

La méthode est particulièrement efficace. Nous n'avons pas pu passer plus avant l'analyse des résultats car il faudrait pouvoir les comparer à des mouvements convectifs calculés à partir de simulation numérique basées sur des lois macroscopiques mécaniques réalistes, ce que l'on ne sait pas faire actuellement, à cause des conditions de bord (bord libre en régime stationnaire).

2.g) mesures macroscopiques et mesures microscopique (IRM, imagerie 3d X)^{206-208,213,221,236-8,264}

Je parlerai ici d'une partie des études en collaboration avec P.Porion (CRMD) et l'Equipe de pharmaciens de l'université de Paris Sud (G.Couarraze, P.Tchoreloff, V. Busigny). Il s'agissait à étudier des compacts de mélange de matériaux à diverses teneur (0-100%) et tassés à différentes pressions, pour faire le lien entre leurs propriétés mécaniques (module de Young, densité, fracture,...), les types de matériaux (cassant, intermédiaire ou fluant), leur distribution au sein de la matrice obtenue par microtomographie X 3d (P.Porion), et la propriété de diffusion dans les pores par RMN (P.Porion). Nous avons aussi utilisé ces résultats pour démontrer leur incompatibilité avec un modèle de percolation²¹³. (voir aussi Annexe 3)

En 2013-14, je fais monter par F.Douit une expérience simple de visualisation des contraintes pour son stage de fin d'étude d'ingénieur CNAM.

C.3) écoulements granulaires.^{73,75,80, 88,102,122}

Pour comprendre, décrire et prévoir les avalanches, il ne suffit pas de s'intéresser à la statique d'un talus ou d'un milieu granulaire, mais il faut aussi s'intéresser à la dynamique des écoulements ; c'est pourquoi j'ai étudié depuis 1994 ces phénomènes d'écoulements dans diverses conditions : soit rapides, soit lents, soit secs ou en présence d'eau. Ce travail est né d'une collaboration avec le CEMAGREF (Ph. Coussot) via deux thèses (Ph. Alexandre et Ch. Ancey) portant l'une sur la modélisation des cours des torrents⁸⁸, et l'autre sur la rhéologie des milieux granulaires^{73,75,80,102,122}.

3a) Evolution de la forme d'un torrent⁸⁸

L'évolution du lit d'un torrent dépend fortement de la mise en mouvement des grains par l'eau qui s'écoule au-dessus du lit. Elle dépend aussi de l'apparition et de l'évolution de ressauts hydrauliques, de l'existence de méandres, d'enlèvement, etc., de telle sorte que c'est un phénomène complexe présentant de nombreuses non-linéarités; la résolution du problème hydraulique seul n'est pas simple! La thèse de Ph. Alexandre a permis cependant de proposer une formulation de Saint-Venant de ce problème, de proposer un système d'équation simple et réaliste décrivant le couplage eau-grains et donc le transport des grains, et de traiter en particulier l'évolution d'un ressaut⁸⁸.

3b) Écoulement granulaire^{73,75,80,102,122}

Le travail de Ch. Ancey a débuté par l'étude des écoulements granulaires à surface libre inclinée, simulant donc une avalanche en régime permanent. Nous avons tout d'abord proposé un modèle simple pour décrire le mouvement d'une bille sur une surface rugueuse, il tient compte des discontinuités cinématiques sur les aspérités du fond; cela revient à introduire une viscosité et explique pourquoi la vitesse de la bille dépend linéairement de l'inclinaison de la pente, dans une gamme de pente considérée. Ce modèle a été repris et généralisé par N. Rivier (2000). Nous avons montré que ce modèle décrivait correctement la réalité⁷³ et qu'il pouvait servir à décrire des écoulements granulaires secs permanents à surface libre⁸⁰. Nous avons de plus montré que les résultats expérimentaux sur les écoulements granulaires denses et secs à surface libre ne pouvaient être décrits par un modèle de mécanique des fluides⁷⁵.

Nous avons alors proposé une modélisation plus complète à partir d'une description quantitative détaillée des phénomènes locaux existants dans des écoulements en cisaillement tels que frottement solide, collision grain-grain, lubrification, viscosité¹⁰². Cela nous a permis de proposer une description de la rhéologie d'une suspension dense à partir d'un certain nombre de paramètres sans dimension et de la formuler de façon simplifiée en fonction des valeurs relatives de ces paramètres¹⁰². Nous avons fait ressortir l'existence de comportements simples mais aussi l'existence de transitions brutales et de bi-stabilités¹²². On montre en particulier, grâce à une approche à la Saint Venan, le parallèle qui existe entre les écoulements granulaires à surface libre et les écoulements fluviaux et torrentiels: existence de ressaut hydraulique, propagation d'onde de surface, différents régimes (fluvial-torrentiel). Ces points sont contenus dans la thèse de Ch. Ancey (1997). C'est une description générale de l'évolution des écoulements à surface libre quasi-stationnaires ou faiblement instationnaires qui doit s'appliquer à de nombreuses situations expérimentales : avalanches, écoulements en conduites (silo,...).

Le même type d'approche « à la Saint-Venan » a été proposé un peu plus tard par S. Douady et al dans le cas des écoulements à surface libre et des avalanches.

Un autre résultat remarquable de cette recherche, que l'on peut trouver dans¹⁰², est le fait que le tenseur de contrainte d'un fluide complexe, i.e. mélange eau-grains, n'a pas de définition unique car sa valeur dépend de la méthode utilisée pour le définir (i.e. soit via l'énergie, soit via la contrainte); la raison de cet état de fait est liée à l'existence d'un terme d'énergie non nul provenant des corrélations des mouvements particuliers.

C.4) Ségrégation-Mélange^{101,107, 118,130,131,134,146,149,161,180;}

Ce travail est né d'une collaboration avec P. Porion du CRMD-Orléans et avec une équipe de la Faculté de pharmacie de Châtenay (G. Couarraze et P. Tchoreloff). Il a fait l'objet de la thèse de Nathalie Sommier. P. Porion a un imageur RMN (IRM) à sa disposition, ce qui permet des mesures quantitatives tri-dimensionnelles non destructrices de la distribution des grains dans un échantillon de petites taille. Pour cela il faut utiliser des grains contenant un fluide hydrogéné, des graines par exemple. L'étude consistait à prendre deux types de grains A et B différents par leur taille (d_A, d_B) et de suivre l'évolution de la

distribution à l'intérieur de l'échantillon au cours du mélange. Lorsque les grains sont des billes de sucre, on a marqué une des deux catégories avec de l'huile de silicone pour la rendre visible à l'IRM.

L'étude IRM s'est focalisée sur le fonctionnement du mélangeur Turbula, dont l'intérêt est double : un intérêt pratique, puisque cet instrument est très fréquemment utilisé dans l'industrie pharmaceutique; un intérêt théorique, car c'est un système qui engendre des écoulements tri-dimensionnels complexes, qui doivent donc augmenter l'efficacité du mélange ; dans ces conditions, observer une ségrégation dans ce système est un résultat beaucoup plus général que dans les systèmes classiques de cylindres ou d'ellipsoïdes tournants. Cette étude a permis de faire des mesures quantitatives suffisamment précises pour montrer l'existence d'une **ségrégation** importante dans ce mélangeur Turbula même lorsque les tailles de grains sont très peu différentes, soit $(d_A - d_B)/d_A \geq 10\%$ ^{101,107,118}. Un résultat similaire a été trouvé par simulation dans un cylindre tournant 2-d. Nous avons montré aussi que la figure de ségrégation obtenue pour une dilution de quelques petits grains dans une mer de gros grains était différente du cas inverse (quelques gros grains dans une mer de petits) ; de plus cette figure dépend de la vitesse de rotation dans le premier cas ; elle n'en dépend pas dans le second. On a donc mis en évidence deux mécanismes de ségrégation, l'une est due à la percolation par cisaillement qui apparaît dans la couche d'écoulement surfacique ; ce mécanisme éjecte les grosses billes de l'intérieur de l'échantillon vers la surface extérieure. L'autre attire les petits grains au centre de l'échantillon ; ce dernier mécanisme peut être combattu en augmentant les forces centrifuges et de Coriolis.

Ceci nous a permis de définir les conditions d'utilisation de cet appareil, pour obtenir un mélange correct. Il faut travailler en faible dilution de petits grains dans une mer de gros grains, et faire tourner suffisamment rapidement le mélangeur de manière à ce que les mouvements inertiels combattent les forces de pesanteur ^{146,149,161} (à paraître). De plus, nous avons montré que le comportement d'un grain était indépendant de la teneur en grain de l'échantillon, dans la limite des faibles concentrations $c < 10\%$. Chaque grain se comporte donc comme s'il était seul dans une mer d'autres grains. Ceci montre que cette ségrégation est un phénomène qui peut être décrit par une théorie de champ moyen (interaction d'une particule isolée, avec un milieu continu différent).

Nous avons montré que la mesure quantitative de la ségrégation passe par l'utilisation d'un indice de ségrégation. Cependant cet indice doit être choisi judicieusement, car il doit tenir compte de la forme géométrique des figures de ségrégation pour ne pas masquer des effets transitoires importants. Il est même possible qu'une description détaillée requière la définition de plusieurs indices différents, chacun d'entre eux permettant de mettre l'accent sur une structure transitoire particulière.

Percolation de petites billes induite par un tap-tap : Dans sa thèse (déc. 2000), Nathalie Sommier a étudié aussi l'écoulement par percolation d'un ensemble de petites billes d_A à travers un lit de grosses billes d_B , lorsqu'on fait subir une série de chocs verticaux à l'éprouvette qui contient les billes. Le flux de petites billes est induit par la percolation qui est elle-même stimulé par les chocs ou les vibrations (l'écoulement s'arrête dès qu'on arrête les chocs). Un des points remarquables obtenus est le fait que la vitesse d'écoulement est une variable très fluctuante, dont on n'a pas réussi à limiter les fluctuations.

Nous espérons que la collaboration avec la Faculté de pharmacie nous assure des débouchés pour ces recherches; elle nous offre en tout cas une autre vision des phénomènes, plus pratiques et utilitaires ; elle nous permet de disposer de techniques de fabrication d'échantillons nouvelles et d'étudier des systèmes réels de mélangeurs utilisés dans l'industrie.

C.5) vibrations et milieux granulaires : 26-28,33,35-38,42,47,48,55,66,71,74,76,77,79,81-83,89-93,95-98,109,110,123,124,126-128,135,136,153,154,156-158,164,165,168,170,171,174,175,186

On sait que des billes de différentes tailles que l'on secoue périodiquement se répartissent par ségrégation spontanée: les grosses billes remontent au sommet du tas. C'est dans le but de préciser les conditions d'apparition de cette ségrégation que J. Rajchenbach et moi avons voulu observer le comportement d'un tas de billes vibrées verticalement; mais avant d'aborder ce problème, nous avons au préalable considéré un ensemble de billes mono-disperses et nous avons ainsi mis en évidence une instabilité de la surface libre qui est spécifique au tas de sable (ou aux milieux granulaires). Lorsqu'on agite celui-ci par un mouvement périodique vertical de suffisamment grande amplitude, sa surface libre s'incline spontanément à une valeur proche de l'angle maximal du talus; toutes les autres configurations, y compris une surface libre plane horizontale, sont instables. De plus, dans cette nouvelle configuration, les billes, à la surface, dévalent spontanément la pente créant un courant surfacique; parallèlement, le haut du tas est réalimenté en billes nouvelles par un courant interne de billes.

Cette expérience, dont le résultat est surprenant pour le novice, a été le facteur déclenchant d'une série d'études sur l'effet des vibrations sur les milieux granulaires. Il était cependant déjà bien connu et étudié par les spécialistes du sujet, cf. B. Thomas and A. M. Squires, *Phys. Rev. Lett.* **81**, 574 (1998). A l'heure actuelle, bien que j'étudie toujours le comportement des granulaires secs sous vibration, dans le cadre des expériences en micro-pesanteur, j'oriente aussi ce thème vers les milieux granulaires dans un environnement totalement liquide incompressible pour chercher à quantifier différents effets, entre autre celui de la viscosité. De plus, les conséquences des vibrations sur ces milieux placés en micro-gravité sont énormes, car les effets dynamiques moyennés sur le temps engendrent des forces macroscopiques à l'intérieur d'un milieu hétérogène. Ces forces deviennent prépondérantes en l'absence de pesanteur, dès la moindre vibration; elles permettent d'orienter les hétérogénéités,... Ces effets sont donc cruciaux pour les vols spatiaux dès qu'on a besoin de contrôler la position d'un fluide dans un réservoir soumis à des vibrations (alimentation de réacteur, expérience de solidification,...). Cette activité ^{126,127,128} a été récemment expertisée par l'ESA et a obtenu son soutien. Je rassemblerai dans un souschapitre séparé C5B- les résultats de ces recherches.

5A.a) vibration verticale, convection et "heaping" dans des granulaires "secs" ^{26,28,33,35,36,37,42,48}

Comme je l'ai dit dans l'introduction de ce sous-tème C5, il existe de nombreuses publications antérieures aux miennes relatives à ce thème 2a de telle sorte que celles-ci sont beaucoup moins novatrices que ce que je le pensais à l'époque ; c'est le risque de la recherche ; mais c'est aussi la fierté du chercheur de reconnaître ses maladroites. Ainsi, je présenterai quand même les résultats publiés.

Nous avons montré le rôle important que joue la pesanteur g ^{26,28} dans le phénomène qui est décrit plus haut, en prouvant que le seuil où apparaît l'instabilité correspond à des variations d'accélération $\Delta\Gamma$ de l'ordre de g . Une vision simplifiée du mécanisme qui conditionne l'instabilité de la surface libre horizontale et l'écoulement convectif des billes est ainsi la suivante : tant que $\Delta\Gamma$ est inférieur à g , la pesanteur impose la cohésion interne du milieu granulaire. (Les billes restent en contact et le frottement solide est suffisant pour imposer des conditions de non-glissement). Lorsque $\Delta\Gamma$ devient supérieur à g , le milieu granulaire se trouve par instants dans une configuration telle qu'il n'est plus supporté par le fond de la boîte, le système de billes perd sa "cohésion" car les forces de frottement entre grains deviennent négligeables; la forme du tas peut alors évoluer sous l'action de faibles perturbations extérieures plus ou moins bien contrôlées mais qui agissent toujours dans le même sens du fait du régime périodique d'excitation. Les grains sont ensuite remis en contact les uns avec les autres par l'action de la pesanteur lors de l'atterrissage et le système est recompacté à ce moment là. Ceci entraîne un réarrangement global de l'empilement. On peut justifier très simplement⁴⁸ la forme que prend le tas et l'existence de mouvements de convection par l'existence de variations périodiques des conditions aux limites, ou simplement en ajoutant une légère composante horizontale à la vibration ; ceci impose un couple qui agit sur le matériau granulaire et qui le fait tourner lorsqu'il n'est pas contrebalancé par le frottement solide.

En fait, ce phénomène est sûrement plus complexe, car il est la combinaison de plusieurs effets. Dans le cas que nous avons étudié, la surface libre était inclinée dans une seule direction, preuve que l'expérience était biaisée. Dans d'autres cas, on obtient un cône. L'explication donnée plus haut n'est alors plus valable et l'effet de l'air doit être invoqué^{35,48}, cf. B. Thomas and A. M. Squires, *Phys. Rev. Lett.* **81**, 574 (1998). Le fait que l'air puisse jouer un rôle n'est pas important car l'expérience que nous avons publiée montre que l'effet dépend d'autres paramètres aussi et qu'il est sensible à de tous petits biais. L'air est un biais possible, mais il en existe bien d'autres.

Une étude conjointe avec Pont-à-Mousson^{36,37} a confirmé la valeur $\Delta\Gamma_c = 1,2g$, que nous avons trouvée pour le seuil de variation d'accélération au-dessus duquel apparaît cette instabilité de surface. Elle a par ailleurs montré l'existence de cette instabilité sur des quantités de matière plus grandes (1000 kg). Cette étude a de plus mis en évidence un phénomène très important: seul le haut du tas peut être considéré comme "fluide" et nous avons mesuré l'épaisseur h de "fluidification" en fonction de $\Delta\Gamma$; à l'inverse, les parties centrale et basse du tas semblent consolidées de telle sorte que les chocs sable-fond de cuve semblent parfaitement inélastiques. Plusieurs brevets ont été pris à Pont-à-Mousson sur ce problème, grâce à notre collaboration, et mon activité de conseil dans cette société a duré de 1989 à 1996.

5A.b) vibration horizontale rapide et convection dans des granulaires “ secs ” ^{38,48}

Nous avons montré qu'un mouvement de convection torique ^{38,48} pouvait aussi exister dans un matériau granulaire vibré horizontalement; (le récipient est soumis dans ce dernier cas à une translation horizontale circulaire d'amplitude importante). On n'observe alors qu'un très faible gonflement (ou bombement) de la surface libre. Nous avons interprété ce phénomène en assimilant le problème à celui d'un "bulldozer" (ou mieux boteur) alterné qui décolle périodiquement les grains de la paroi verticale du container.

Un mouvement convectif bi-dimensionnel similaire est obtenu pour une excitation horizontale dans une seule direction.

5A.c) vibration lente horizontale et convection dans des granulaires “ secs ” 2d ^{66,71,79,81}

J'ai confirmé ce modèle quelques années plus tard grâce à une expérience faite en quasi-statique, c'est-à-dire sans que la fréquence de vibration et l'inertie du milieu granulaire jouent un rôle ^{66,71,79,81}. Dans ce cas, on observe aussi un mouvement convectif qui est engendré par la différence de comportement du milieu granulaire à la “poussée” et à la “butée”. Là encore la mécanique classique des milieux granulaires semble rendre compte correctement de la majeure partie des phénomènes observés, c'est-à-dire de la convection et de la diffusion des grains.

Cette expérience a été utilisée dans un but pédagogique en Travaux Pratiques et en projet recherche de 2^{ème} année, pour former les Centraliens à la réflexion scientifique. Elle leur permet d'assimiler les notions de convection et de diffusion, ainsi que d'aborder les problèmes de l'analyse statistique des résultats. C'est en effet une expérience très riche, qui débouche tout d'abord sur une initiation aux théories de mélange, mais aussi qui est un début d'illustration de chaos déterministe. De plus, elle pose le problème de la validité du principe ergodique en mécanique des milieux granulaires.

5A.d) Débit d'un sablier vibré ^{47, 48, 55}

Dans un autre domaine, j'ai cherché avec Wahib Meftah à caractériser le débit d'un sablier vibré verticalement (^{47, 48, 55}). Nous avons ainsi pu montrer grâce à des expériences à faible amplitude de vibration que le temps de réponse de l'écoulement était plus grand que 0,2s. Nous avons aussi montré que dans les gammes de fréquences étudiées (5-100Hz) la durée moyenne de l'écoulement total du sablier décroît au lieu de croître lorsqu'on applique une vibration de faible amplitude, ce qui est incompatible avec l'établissement d'un régime stationnaire en moins de 0,2s. Ce résultat est d'ailleurs cohérent avec d'autres observations, telles que l'existence de fluctuations de débit sur cette échelle de temps ou celle des ondes de densité.

En soumettant le sablier à des vibrations plus importantes, nous avons aussi trouvé ^{47, 48, 55} que l'écoulement pouvait être arrêté par des amplitudes suffisamment intenses dans une plage de résonance (30-60Hz). Ce dernier phénomène est pour le moins surprenant. Il est toujours incompris à ma connaissance. L'air y joue peut-être un rôle.

En collaboration avec D. Beysens, S. Fauve, et Y. Garrabos et avec l'aide du CNES et de l'ESA, j'ai pu mener à bien en 1998 une expérience de vibration en fusée sonde sur (i) un mélange liquide-gaz juste au-dessous du point critique T_{ac} et (ii) un milieu granulaire. La durée du vol était de 3 minutes. Cette expérience a permis de montrer que le milieu granulaire se condensait de façon très hétérogène pour n'occuper qu'une petite partie du container ⁹⁸; il diminue ainsi son couplage avec le monde extérieur (parois de la cellule).

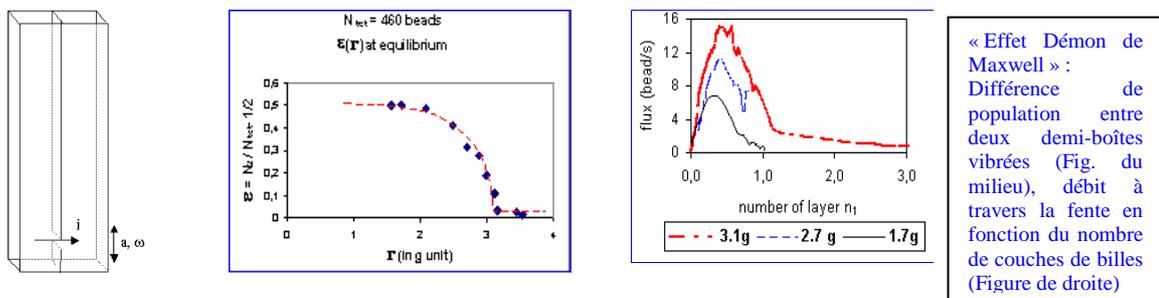
On a aussi mesuré une dépendance anormale de la distribution des forces d'impact granulaire avec les paramètres de vibration. La largeur de la distribution semble varier en $(b\omega)^{3/2}$, où b (ω) est l'amplitude (pulsation) de la vibration. D'autres mesures sont en cours dans l'Airbus A300 du CNES; elles sont nécessaires pour confirmer ces premiers résultats, qui sont, somme toute, très prometteurs.

En fait, le régime "gazeux" semble n'exister que lorsque le libre parcours moyen d'une bille, entre deux collisions avec des billes, est supérieure à la taille de la cellule ¹⁵³. C'est alors l'analogue d'un gaz en régime de Knudsen ¹³⁵. De plus l'expérience Minitexus 5 a montré que l'excitation due au paroi était du type "supersonique" ¹³⁵, c'est-à-dire que la vitesse moyenne des particules est inférieure à la vitesse maximum du container, de telle sorte que les parois et le gaz "n'adhère" pas constamment ¹³⁵.

Ceci montre l'importance des collisions entre billes : les simulations 1d d'une seule bille montre que sa vitesse typique moyenne est toujours plus grande que la vitesse du container. ¹⁴³

J'ai aussi montré que la notion de température granulaire ¹⁶⁸ était dangereuse, car un vibreur est un vélostatis (c'est-à-dire qu'il impose une vitesse typique) plutôt qu'un thermostat. Le mélange de deux catégories de billes de masse différentes pose donc systématiquement un problème au niveau de l'équi-répartition de l'énergie.

Gaz granulaire en régime de Knudsen : ¹⁸⁶: Ceci vient d'être confirmé par des expériences à petit nombre de billes (12,24,36 et 48 billes) en apesanteur (Airbus A300) qui montre que la distribution de vitesse obéit à une loi exponentielle $\rho(v) \approx \exp[-v/v_0]$, (et non à la distribution de Maxwell-Boltzmann classique $\rho(v) \approx \exp[-v^2/v_0^2]$). Il est intéressant de noter que la distribution $\rho(v) \approx \exp(-v/v_0)$ s'obtient si l'on suppose que la boîte est un vélostatis et que le désordre est maximal ¹⁸⁶, ce qui aurait tendance à confirmer mon analyse précédente .



Démon de Maxwell : Ces expériences ont été aussi corroborées par des expériences de « démon de Maxwell » granulaire, où l'on étudie l'équilibre de population de grains entre deux

demi-boîtes vibrées, connectées par une fente et partiellement remplies de grains : Lorsque les grains sont en suffisamment grand nombre l'une des boîtes se remplit tandis que l'autre se vide spontanément. L'étude de la vitesse d'écoulement à travers la fente permet de caractériser le phénomène. Il est bon de signaler l'intérêt pédagogique de cette expérience, qui familiarise l'étudiant avec la notion de transition de phase et avec les problèmes de fluctuations, car le nombre de grains qui traversent la fente par unité de temps est en général petit, ce qui donne lieu à des fluctuations statistiques importantes. Cette expérience montre aussi que certains modèles publiés dans Phys. Rev. Lett. récemment sont inadéquates.

Simulation et étude de la dynamique d'1 bille :^{170,176,186} L'étude de la dynamique d'une bille a permis de calibrer les capteurs de l'expérience Maxus 5 : Dans certaines conditions, la bille a un mouvement parfaitement périodique et non ergodique^{172,175}, ce qui permet une mesure précise de la vitesse de la bille et du coefficient de restitution $e = -v_{out}/v_{in}$ bille-paroi. On a trouvé que e dépendait peu de v contrairement à ce qui avait été supposé dans certaines simulations pour expliquer nos résultats antérieurs en micro-gravité (MiniTexus5).

Le mouvement périodique est en contradiction avec le principe ergodique ; cependant, ceci est normal, car le système dissipe de l'énergie ; son espace des phase peut donc être réduit spontanément. Ici, la réduction est très forte, puisque l'espace passe de 11 à 1 dimensions ou de 11 à 3 dimensions si le mouvement de la bille est 1d mais erratique. (11=3 positions+3 vitesses + 2 rotations, +2 vitesse de rotation+temps) ; 1 car la vitesse et la position de la bille sont données par le temps seulement). On montré le rôle important du couplage rotation-translation au moment des collisions, qui accroît très fortement la dissipation du système, et qui force la dynamique à être 1d.

Ce thème se rapproche du problème de chaos quantique.

Un autre résultat important de cette expériences est la mesure des coefficients de restitution en direction normale avec une précision inégalée.

Avancée récente sur le comportement des gaz granulaires :

Plus récemment, j'ai pu montrer que le problème du gaz granulaire et du clustering avait été très mal posé depuis 20 ans, cf , 241-63; 265 ; 269-75; 279-80 ; 282-90. Ceci dit, cela n'intéresse ni le CNRS, ni le CNES, ni l'ECP, ni l'AERES . Ces organismes préfèrent torpiller ces résultats et donner les retombées à la Chine, via les 2,1 thésards que j'ai co-encadrés (R.Liu, Yp. Chen [& Y.Li]). Les articles 260, 264, 274, 279, 284, relatent les résultats, et les expliquent. En les lisant on comprendra et connaîtra l'évolution et l'historique du thème. Ceci nécessite de compulsé Poudres & Grains, ce que ni le CNES, ni le CNRS, ni l'ECP, ni l'AERES, ni leur rapporteurs semblent vouloir le faire, ce qui dénote leur faible ouverture, et le renoncement à la déontologie du copyright. Ils essayent de me faire passer pour malade psychiatrique...

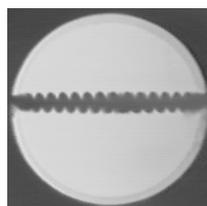
On trouvera l'essentiel des résultats expliqués dans l'annexe 3, (Extrait du Rapport à 2,5ANS de Pierre Evesque de 2012).

5B.f) Milieux granulaires ou bi-fluides soumis à des mouvements vibratoires horizontaux rapides en présence de liquide ^{74,77,82,89,90,93,97,109, 126-128,136,158,164,165,185}

L'intérêt des mélanges liquide/milieu-granulaire est qu'ils sont incompressibles et que les forces inertielles sont grandes. L'intérêt du mouvement oscillant rapide réside en ce que l'épaisseur de la couche limite visqueuse δ dépend de la fréquence d'excitation. Si celle-ci est petite devant la taille de l'échantillon, mais grande devant la taille d'un grain, le milieu granulaire humide apparaît comme un milieu cohérent, puisque le mouvement des grains est un mouvement d'ensemble solidarisé par l'interaction visqueuse, mais les forces visqueuses qui agissent sur ce milieu à l'échelle macroscopique sont négligeables. Dans ces conditions le liquide et le milieu granulaire se comportent comme des liquides parfaits non visqueux. On peut alors engendrer une instabilité de type Kelvin-Helmholtz en les secouant parallèlement à l'interface séparant les deux phases. C'est ce que j'ai vérifié avec V. Kozlov et A. Ivanova ^{74,77}. Nous en avons proposé une explication théorique basée sur une théorie faisant intervenir deux liquides proposée il y a 10 ans par D. Lyubimov, puis nous en avons amélioré la présentation en collaboration avec D. Lyubimov, T. Lyubimova et B. Roux ^{82,90}. Cette instabilité de Kelvin-Helmholtz combat les forces de pesanteur, imposant une interface "sinusoïdale" permanente, dont la période spatiale et l'amplitude dépendent de la vitesse de vibration et du rapport de densité des deux phases. Cette interface est un relief immobile "gelé", dans le référentiel de la cellule; il relaxe tout de suite dès que l'on arrête la vibration. Ceci prouve que le milieu granulaire est totalement fluide et se comporte comme un liquide parfait, *i.e.* non visqueux. Sa mécanique est totalement contrôlée par les seuls effets d'inertie et de pesanteur. De plus, comme l'interface liquide-milieu granulaire ne présente pas de capillarité macroscopique, le système se comporte comme deux fluides idéaux sans viscosité et sans force capillaire; la forme (amplitude et longueur) du relief ne dépend ainsi que du rapport sans dimension $W = \delta \rho b^2 \omega^2 / (\rho g D)$, où la différence de densité est notée $\delta \rho$, la densité moyenne ρ , la vitesse et la taille de la cellule $b\omega$, D .

Vibration horizontale et transition liquide-gaz près du point critique ⁹⁷: J'ai observé le même phénomène dans une expérience sur du CO₂ vibré juste en dessous du point critique T_c ; cette expérience était menée en collaboration avec D. Beysens, Y. Garrabos et S. Fauve lors d'expériences préparatoires à une expérience spatiale; le même type d'instabilité a donc pu être obtenu pour l'interface liquide-gaz du CO₂ critique ⁹⁷. Grâce à la collaboration avec V. Kozlov, j'ai donc été à même de comprendre ce phénomène peu connu (car publié en russe) pour des fluides de densité très différente. Il est remarquable que cette instabilité fonctionne aussi dans le cas de fluides très compressibles et de faible différence de densité. Il faut dire que la tension superficielle décroît aussi près de T_c et que les vibrations utilisées sont très rapides.

CO₂ biphasique près de T_c (hypercompressible) vibré horizontalement: génération d'un relief permanent stable qui dépend des paramètres de la vibration (a, ω) et de $(T-T_c)$.
Le phénomène est semblable à celui que l'on observe pour des biphasiques liquide-liquide ou liquide-sable



Vibration horizontale et systèmes bi-fluides : Nous avons aussi étudié la même instabilité dans le cas de deux liquides de densités différentes. Nous avons montré que la transition est

de type supercritique et que la viscosité peut jouer un rôle important aussi ^{109,136,164,165}. Nous avons proposé une théorie simplifiée du phénomène et étudié la forme du relief très loin audessus du seuil. Dans ce cas, les deux liquides se comportent comme si leur forces capillaires étaient très faibles. On se retrouve alors dans un cas très similaire à celui observé pour un mélange liquide-milieu granulaire, ce que les expériences nous ont confirmé. On a aussi montré que la transition entre le régime près du seuil et le régime loin de celui-ci était obtenu par un mécanisme de doublement de période.

5B.g) Milieux granulaires soumis à des mouvements vibratoires verticaux rapides en présence de liquide ^{89,92,95,110, 123,124,155,182,185}

Avec V. Kozlov et A. Ivanova, j'ai étudié le relief qui est engendré à l'interface liquide-sable par des vibrations verticales ; lorsque l'accélération est suffisante, l'interface devient "rugueuse" ⁹⁵ avec une taille caractéristique de la rugosité qui augmente lorsque l'amplitude de vibration augmente. Nous avons étudié en détail les paramètres contrôlant l'évolution de ce relief. Le relief est permanent, c'est-à-dire qu'il reste en place dès qu'on baisse la puissance de vibration. Les collines sont distribuées au hasard, mais avec une densité inversement proportionnelle à la hauteur moyenne h des collines. La hauteur moyenne croît lorsque l'amplitude de vibration croît et se stabilise dès que l'amplitude vibration est stabilisée.



Figure 2.37 :
Sédimentation avec des billes bleues plus légères que le liquide : à gauche : sans vibration ; à droite : la vibration verticale force la stratification horizontale

A plus forte amplitude de vibration, on constate l'apparition d'ondes paramétriques qui détruisent la rugosité soit par intermittence, soit en permanence. Nous

avons étudié ces phénomènes en fonction des différents paramètres du liquide (viscosité, densité) et des paramètres de vibration ^{92,95, 123,124}

de manière à en déterminer les mécanismes. On a montré l'effet de la viscosité. C'est une expérience complémentaire aux expériences du paragraphe §-C.5.a; mais l'épaisseur de la couche "liquéfiée" est bien plus faible que dans le cas d'un mélange air-milieu granulaire, de telle sorte que l'effet du fond est négligeable dans l'expérience présente.

Vibration verticale et sédimentation ^{89, 182} : On a montré que la sédimentation pouvait être fortement perturbée par les vibrations verticales. ⁸⁹ L'effet est très semblable à celui obtenu sur des bulles ou des gouttelettes sous vibration. On observe par exemple dans la figure de droite ci-contre une stratification horizontale qui bloque la sédimentation. Cette figure concerne un "sablier" rempli de liquide et plat, pour lequel le sens de la sédimentation est inversée car les billes sont moins denses que le liquide .

La reproduction de cette expérience de stratification sous vibration est beaucoup plus difficile à 3d. On vient de montrer qu'elle persiste, mais nécessite des vibrations beaucoup plus intenses et de partir d'une solution dense de particules ¹⁸².

5B.h) effets des vibrations de rotation ^{76,83,91,93,96,160,171,174,185}

Effets des vibrations de rotation sur un corps plongé dans un liquide ^{76,83,91,93,96,171} : Par ailleurs, V. Kozlov, A. Ivanova et moi avons pu obtenir la lévitation d'un objet lourd immergé dans un fluide en soumettant la cellule qui le contient à un mouvement périodique rapide de rotation ^{76,83,91,93,96}. V. Kozlov a pu modéliser ce phénomène à partir des lois hydrodynamiques simples (forces de Coriolis et centripète). Ce résultat est important car il montre que des vibrations non rectilignes sont susceptibles d'engendrer des forces de volume. Il existe aussi en régime turbulent. Elles peuvent donc avoir un rôle dans les expériences reportées en §-C.2.a. Elles pourront aussi servir à manipuler des fluides dans l'espace. On reprend cette expérience en faisant varier la gravité.

Vibration rotatoire et biphasique liquide/milieu-granulaire ¹⁶⁰ : Dans cet article j'analyse les différents effets que l'on pourrait observer dans un tel système en fonction des conditions aux limites. Je n'ai pas considéré la possibilité de générer des forces centripètes, telles que nous avons détectées dans la sous-section précédente.

Convection induite par des vibrations de rotation dans un liquide ¹⁷⁴ : Je poursuis aussi l'étude des effets des vibrations rotatoires en cherchant à déterminer leur influence sur la génération d'écoulements permanents : les vibrations de rotation forcent le liquide à s'écouler périodiquement ; mais l'interaction entre cet écoulement périodique et les conditions aux limites (coin carré par exemple) se fait avec un déphasage qui dépend de la position ; ceci engendre un écoulement permanent (Mécanisme de Schlichting) dont nous cherchons à déterminer la forme et la vitesse en fonction des paramètres de vibrations. Cette étude est probablement de première importance dans les expériences spatiales, car ce mécanisme de génération de courant permanent peut biaiser toutes les expériences de mesure de coefficient de diffusion, ou modifier les propriétés de transport thermique du fluide. Il intervient donc souvent dans les expériences de cristallisation, de diffusion,...

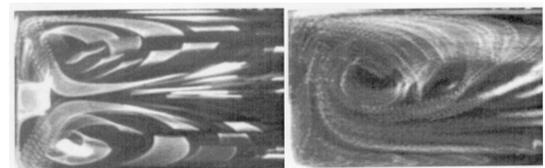


Figure : Ecoulements permanents dans un fluide visqueux ; ces écoulements sont générés par des vibrations rotatoires sur une éprouvette rectangulaire ; ils sont produits par l'interaction entre l'écoulement oscillant et les coins. L'écoulement change de forme au dessus d'une transition.

5B.i) Milieux hétérogènes fluides soumis à des mouvements vibratoires en apesanteur

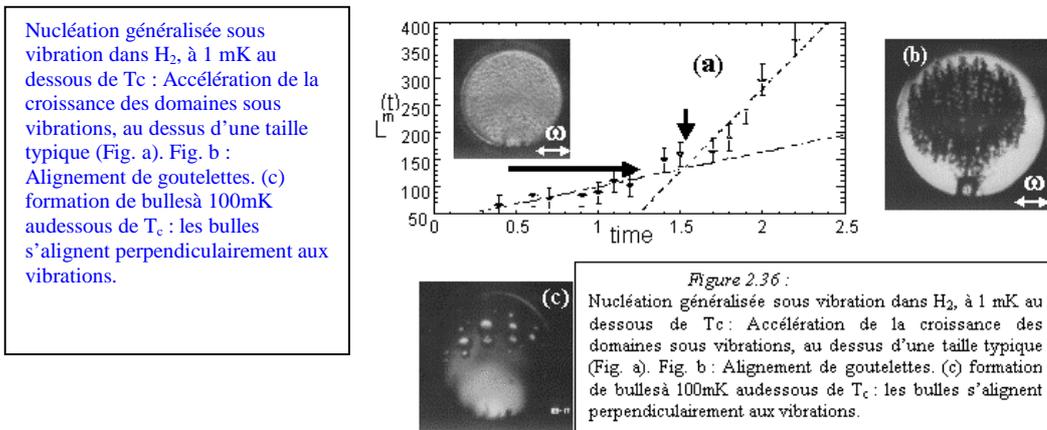
^{97,112,126,127,157,185}

Les expériences préliminaires sur les fluides près du point critique au sol ont permis de mettre en évidence l'instabilité de la surface plane d'un milieu biphasique hypercompressible vibré horizontalement et de mesurer la dépendance de ce phénomène en fonction de la distance au point critique de transition de phase liquide-gaz $T-T_c$ ⁹⁷. Ce résultat est très analogue à celui donné dans la section C.5.f. De même bien que les résultats sur le fluide biphasique vibré en apesanteur ¹¹² soient très partiels, ils tendent à montrer que les comportements d'un mélange liquide-grains et biphasique hypercompressible sont similaires. Ils

montrent aussi que les interfaces de ces milieux tendent à s'orienter perpendiculairement à la direction de vibration en micro-gravité.

Tout ceci tend à montrer l'intérêt de définir un thème unique traitant de façon générale de la physique des milieux hétérogènes sous vibration en apesanteur. Nous montrons dans la figure ci-dessus quelques effets observés lors de la transition de phase en apesanteur près du point critique T_c : alignement de goutelettes, nucléation généralisé...

Ce programme est soutenu par l'ESA et le CNES pour ce projet. Ainsi, un topical team "effets des vibration en apesanteur" a été créé (2000-2001), dont j'ai été le co-organisateur avec D. Beysens.



Remarque : D. Beysens, un de mes coauteurs et PI sur ce sujet, a reçu la médaille ELGRA de recherche spatiale en 2014.

Voir aussi l'annexe pour en savoir un peu plus (Extraits du Rapport à 2,5 ans de Pierre Evesque (2012).

D) PROGRAMME DE RECHERCHE

Pour fixer les idées, voici d'abord ce que je disais en 2006, en encre noire les propos tenus en 2006 et en bleu les corrections ou appréciations de 2012. Les arcanes administratifs que je subis modifient ma perception d'avenir, et surtout change profondément mes niveaux de priorité. Depuis deux ans je me sens en URSS, avec une administration aussi sectaire que là-bas. On sait malheureusement ce que cela a produit ; Je dois donc définir un nouveau programme de recherche et d'activité ; ce sera D'.

D.1 MOTIVATIONS.

Voici maintenant plus de 25 ans que la théorie de la percolation et que le groupe de renormalisation ont été inventés et près de 20 ans que des théories "nouvelles", tels les fractales, le chaos et les verres de spins, sont apparues pour décrire les propriétés physiques des matériaux désordonnés en fonction par exemple du type de désordre rencontré. Il reste cependant très difficile de contrôler le désordre à l'échelle submicronique, de telle sorte que les résultats expérimentaux qui ne peuvent être expliqués par les théories classiques si l'on ne recourt qu'à un petit nombre de paramètres, peuvent concorder avec ces théories pour peu que l'on introduise de nombreux paramètres destinés à rendre compte de la complexité du milieu; l'interprétation par une théorie nouvelle (utilisant par exemple les fractales) de ces résultats devient ainsi problématique. C'est pourquoi j'ai été amené à infléchir mes thèmes de recherche en 1987 vers des problèmes de physique statistique à l'échelle macroscopique; j'ai ainsi opté pour l'étude des matériaux présentant des propriétés microscopiques bien connues et pour lesquels les résultats ne sont liés qu'à l'existence du désordre macroscopique. Le cas qui m'a semblé le plus simple est celui du matériau granulaire non cohésif (exemple: tas de sable). Je me suis maintenant spécialisé dans l'étude de ses propriétés mécaniques et reste convaincu que ces systèmes sont extrêmement riches en propriétés encore très mal comprises, voire inconnues; de plus ces matériaux peuvent servir de matériaux modèles pour des matériaux composites.

La caractéristique essentielle de ces matériaux est la présence de frottement solide qui rend leur comportement très souvent totalement non linéaire, et difficilement prévisible. (2012 : vrai).

Du point de vue fondamental, la recherche sur la physique et la mécanique du milieu granulaire sera probablement d'un apport capital à la physique des solides désordonnés à l'échelle submicronique (tels que verre...), voire à la physique des liquides: des simulations numériques déjà anciennes ont fait intervenir des modèles de sphères "dures" (c'est-à-dire rigides pour un mécanicien) pour étudier la transition liquide-solide. Par ailleurs, il semble que l'on obtienne des comportements mécaniques similaires sur des verres, sur des matériaux composites et sur des matériaux granulaires, indépendamment de leur nature, lors de leur rupture ou lorsqu'on cherche à leur imposer de grandes déformations plastiques; reste à savoir si ces comportements sont vraiment liés aux mêmes propriétés physiques, auquel cas les retombées sur le plan industriel ou sur le plan fondamental auront des conséquences primordiales. (2012 : Je sais maintenant grâce au travail d'autres équipes que ce point est faux) (cf. ref 282 : Poudres & Grains 20, 37-51 (2012)).

A mon sens, le problème de savoir si un milieu granulaire est un liquide ou un solide est un faux débat, car cela dépend de l'échelle de temps, de l'amplitude des déformations. Ce qui est sûr c'est que ce milieu n'est pas fragile, car il se "recoud" spontanément très souvent: même les localisations ne sont pas des ruptures et on utilise des tas de sables pour arrêter les balles, les obus... (2012 : toujours vrai)

J'avais choisi au départ deux directions de recherche: étudier d'une part les processus liés à l'apparition et à l'arrêt des avalanches et déterminer d'autre part l'influence des vibrations sur la mobilité d'un milieu granulaire sec. Ces thèmes de recherche ont maintenant évolué et sont devenus par eux-mêmes des axes de recherche. Ils ont par ailleurs trouvé une résonance internationale dans la communauté des physiciens, ils évoluent donc spontanément et les expériences deviennent sophistiquées. De plus mon contact avec les mécaniciens (et mon intégration au sein de cette communauté scientifique) m'apporte aussi une vision macroscopique des mécanismes locaux et/ou globaux, que le physicien statisticien moderne a tendance à oublier, mais qui est à mon sens nécessaire pour bien rendre compte de tous les mécanismes. J'ai porté une grosse partie de mes efforts sur ce nouveau problème les 15 premières années en me focalisant sur le passage micro-méso-macro-géo. C'est ainsi que notre équipe a pu montrer le rôle essentiel des rotations des grains dans les processus de dissipation. Par ailleurs, la collaboration que j'ai entreprise avec des mécaniciens des fluides (V. Kozlov, D. Lyubimov) a permis de démontrer qu'un milieu granulaire pouvait se comporter aussi comme un liquide parfait (*i.e.* non visqueux); c'est une voie de recherche qui reste peu explorée. Ma collaboration avec des rhéologues m'apporte une vue beaucoup plus pragmatique. Bien entendu, les collaborations que je poursuis avec les physiciens du désordre, des transitions de phase (D. Sornette, D. Beysens, Y. Garrabos, S. Fauve, ~~P.G. de Gennes~~) et avec l'ex GDR MIDI me maintiennent directement au courant, me permettent d'échanger des points de vue et d'aborder des sujets nouveaux (apesanteur, ...) (2012 : de moins en moins car l'écart de conception et de compréhension s'amplifie dans certains cas ; de plus une certaine désillusion m'interpelle quand à la déontologie) .

C'est pourquoi, bien que tous les problèmes de vibrations, d'écoulements et de mouvements de convection dans les milieux granulaires m'intéressent toujours très fortement, je pense plus spécialement me concentrer ces prochaines années sur quelques axes de recherche, à savoir (i) l'influence des vibrations sur les mélanges liquide/milieu-granulaire, voir même fluides hétérogènes, (ii) les effets d'apesanteur (2012 : le programme est bien entamé, et a rapporté gros), (iii) la ségrégation (2012 : D'autres équipes s'y intéressent), (iv) une meilleure connaissance des propriétés macroscopique et ses corollaires (iv-bis) passage « micro-macro » et (iv-ter) la confrontation entre prévision théorique et mesures expérimentales, tant du point de vue de la quasi-statique que de l'écoulement.

2012 : Je pensais être maintenant relativement bien intégré dans une équipe de mécaniciens. Mais les phénomènes de rejet existent souvent, (surtout quand la concurrence est rude). J'aurai donc pu être à même de transmettre les connaissances de ces spécialistes à la communauté des physiciens et je m'y employait une bonne partie du temps, cf. §-C.1 et §-C.3. Mais je pensais aussi pouvoir réaliser le processus inverse et transmettre les prochains acquis de la physique des milieux granulaires aux mécaniciens des sols;

un bon [début aurait pu être](#) la propagation des ondes élastiques dans ces milieux. Mais pour communiquer, il faut être deux, et tout ne dépend pas de moi.

En fait, un des points qui me préoccupent fortement à l'heure actuelle est celui des publications et des communications. Plus les années passent, plus le nombre de publications médiocres ou redondantes, ou exposant même des résultats faux, me semble important. De plus, le taux de participation aux congrès n'a jamais été aussi grand, mais cela ne veut pas dire que les gens communiquent, car chacun y reste souvent le moins longtemps possible, juste le temps d'exposer son problème. En d'autres termes, si tout le monde parle, il me semble que peu écoutent et que la communication consiste à propager des idées simples, voire simplistes, comme le ferait un publiciste. Internet augmente ce processus. Les conditions sont donc réunies pour que les arguments d'autorité l'emportent et que les travaux de réflexion profonde et/ou d'innovation réelle qui restent peu nombreux et qui sont très souvent difficiles à comprendre soient étouffés. Il me semble que c'est un point crucial qui se pose à tous les scientifiques et qui doit être résolu pour que la science reste du domaine scientifique. Il faut aussi que la communauté scientifique arrive à préserver la déontologie scientifique, ce qui n'est pas toujours le cas même pour des bonnes équipes, *cf.* Témoignages #1 et 4 pour mon propre cas, voir aussi D. Ruelle, *Hasard & Chaos*, édition poche Odile Jacob, Paris 1991. Je pense donc employer une partie de mon temps à chercher des solutions à ces problèmes.

Ces problèmes de gestion de la recherche me paraissent très importants, j'y reviendrai à la fin de mon programme de recherche. Je décrirai tout d'abord les thèmes scientifiques que je compte développer, en commençant par la mécanique quasi-statique, puis le domaine des écoulements et de la ségrégation et enfin le domaine de la dynamique et des vibrations.

[\(Toujours d'actualité en 2012\)](#)

D.2 MECANIQUE QUASI-STATIQUE

D.2.a: comportement macroscopique quasi-statique; confrontation entre expérience et modèle: La collaboration avec A. Modaressi dans ce domaine sera poursuivie, *cf.* §-C.3.e. J'essaierai de valider l'approche que j'ai proposée. Je resterai aussi attentif au problème du passage micro-méso-macro-géo, *cf.* §-C.3.a, §-C.3.b, §-C.3.c.

[\(2012: toujours d'actualité mais peut-être pas avec les mêmes acteurs\)](#)

D.2.b: Stick-slips et Séismes: Je pense poursuivre l'étude statistique sur la mécanique des stick-slips, peut-être pour tenter une analogie avec les séismes et les transitions de phase du 2^{ème} ordre. La thèse de F. Adjemian est terminée et son post-doc touche à sa fin.

[\(2012 : pour l'instant en très fort standby, attente d'une nouvelle idée\)](#)

D.3 ACOUSTIQUE ET ULTRASONS POUR L'ETUDE DE LA MECANIQUE DES MILIEUX GRANULAIRES

D.3.a: Détection acoustique des glissements intergranulaires: C'est un sujet ancien déjà développé par quelques laboratoires ; j'essaierai d'étudier les stick-slips par cette méthode.

D.3.b: Ultrasons: J'envisage d'utiliser la diffusion multiple ultrasonore pour caractériser l'évolution des diffuseurs à l'intérieur d'un milieu granulaire. (2012 : ...)

D.4 COMPORTEMENT DES LES FLUIDES HETEROGENES SOUS VIBRATIONS :

D.4.a: vibrations sur les mélanges liquide/milieu-granulaire: Je pense intensifier la collaboration avec V. Kozlov, A. Ivanova, D. Lyubimov, B. Roux dans ce domaine, cf. §-C.2.e et §-C.2.f, notamment en ayant des étudiants en co-tutelle. C'est un programme de recherche qui est partiellement couplé avec celui des expériences en apesanteur. (2012 : ...)

D.4.b : gaz granulaire en apesanteur : Ce projet se poursuit; il faut dépouiller l'expérience Maxus 5, publier les résultats des vols paraboliques Airbus et préparer de nouvelles expériences; ceci n'est qu'en partie réalisé. En théorie, une expérience Maxus 7 est programmée; cependant la politique spatiale est difficile à prévoir, et sujette à des revirements intempestifs, cf. politique sur ISS. Je resterai donc discret sur les divers possibilités. J'ai la chance de travailler avec D. Beysens et Y. Garrabos, qui ont une grande pratique des recherches spatiales, de leur contrainte et de leur programmation. Je compte donc en partie sur eux pour applanir les difficultés de programmation.

(2012 : Ce programme est maintenant totalement modifié par le grand nombre de groupes en présence et la lenteur des développements expérimentaux. J'espère pouvoir étudier les résultats obtenus par ces programmes.)

D.4.c: expériences de nucléation généralisée (près de T_c) en apesanteur et sous vibration: Le projet "Effets des vibrations sur les fluides hétérogènes" mené en collaboration avec D. Beysens, Y. Garrabos, E. Falcon et S. Fauve, cf. §-C.2.g, a été accepté par l'ESA. Il faut dépouiller l'expérience Maxus 5, publier les résultats des vols paraboliques Airbus et préparer de nouvelles expériences.

Bien que les expériences spatiales soient très longues à réaliser compte tenu de leur coût, des intérêts en jeu et du nombre d'industriels concernés (Par exemple, l'expérience que nous avons réalisée en 1998 était déjà programmée en 1991), ces expériences nouvelles avancent relativement rapidement.

Nous espérons aussi fédérer un projet à l'échelon international, comprenant au moins d'autres Européens et des Russes.

D.5 NANO-TECHNOLOGIES, NANO-COMPOSITES ET NANO-TUBES

Le problème de la bille dans la boîte vibrée m'a ramené au temps du chaos quantique, car les problématiques sont assez semblables entre elles, semblables aussi au problème du billard. Or qui dit chaos quantique dit nano-composite et nano-technologie. Comme de plus une partie du laboratoire s'intéresse aux nano-tubes, il est donc possible que je m'y intéresse aussi...

D.6 OBJECTIFS GENERAUX:

Un certain nombre de problèmes connexes me semblent importants à résoudre. Ils touchent le domaine de l'organisation de la recherche et du transfert de savoir.

Un point qui me tient à cœur est celui du respect de la déontologie scientifique. Il passe entre autre par une politique éditoriale et scientifique sérieuse. Je l'ai mentionné en différents endroits de ce rapport, cf. fin de l'introduction, §-C.1, §-C.3.e, fin de §-D.1, Témoignages #1-4.

En regardant ma liste de publications de ces dernières années, je m'aperçois que la formule que je propose avec *Poudres & Grains* m'a au moins permis de dire ce que j'avais envie de dire. Cette production va ralentir très probablement, car *Poudres & Grains* est apparu au moment où j'avais aussi beaucoup de choses à dire, après dix années de réflexion sur la physique des matériaux granulaires. Par contre, en m'abonnant à des sites de recherche en ligne, je m'aperçoit que *Poudres & Grains* est lu, de l'ordre de 20 à 30 téléchargement par moi. Peu en France, voir en Europe, mais en Chine, en Australie, aux USA.

Ainsi, la formule *Poudres & Grains* est extrêmement efficace, car elle m'a permis de faire le point sur un grand nombre de questions très rapidement, au moins deux à trois fois plus rapidement que si j'avais du publier dans des revues spécialisées, simplement à cause des délais qu'imposent ces revues.

Le problème est maintenant de juger la qualité de ces articles. Je pense qu'elle est bonne, mais l'avenir le dira. Je ferai le suivi des erreurs, ce que ne proposent pas les revues spécialisées. Je pense que la qualité est équivalente, c'est pourquoi je classe ces articles dans la catégorie articles dans les revues à comité de lecture.

(2012 : j'ai finalement trouvé très peu d'erreurs surtout si l'on compare à la littérature physicienne, cf *Poudres & Grains* 20 (2012))

Ceci dit, je reviens au problème de la recherche sur les milieux granulaires elle-même. Comme on le voit, le nombre et la diversité des sujets possibles sont très grands et la démarche profonde qui m'a conduit à étudier les problèmes de la mécanique des grains s'en voit justifiée. En outre, je pense que ce matériau (le tas de billes ou de sable) est un matériau modèle pour lequel on va pouvoir définir des règles et des comportements assez "simples" (la **psammomécanique** (de psammos=sable en grec)) qui serviront ensuite par extrapolation dans le domaine plus général de la mécanique des matériaux composites et/ou désordonnés, **Cela produira aussi certaines idées d'applications dans le domaine des verres et plus généralement de la physique du solide et de la physique des liquides, mais il faudra être capable de comprendre les différences de comportements dans chacun des domaines.**

On peut aussi comprendre la motivation qui m'a poussé à demander mon rattachement à un laboratoire de mécanique; ma perspective reste bien entendu celle de la physique et en particulier de la physique statistique, mais il me paraît nécessaire de réaliser l'interface entre physique et mécanique, de manière à utiliser les acquis de la physique statistique en mécanique et réciproquement de sensibiliser les physiciens aux problèmes de mécanique et de leur communiquer le maximum d'informations concernant les comportements de base et les données expérimentales qui pourraient leur être utiles.

Ma position de physicien au sein d'une équipe de mécanique me permet d'espérer **toujours** d'être un vecteur important de transfert de la mécanique vers la physique et réciproquement. Cependant, ceci ne se décrète pas et il faudra voir à l'usage.

E) Nouveau Programme de Recherche et d'Activité

Constat :

On voit la difficulté réelle d'étudier les systèmes désordonnés (ou les systèmes complexes); ils sont susceptibles d'être transformé en un autre tout aussi vraisemblable grâce à une petite hypothèse simplificatrice, ou au contraire dévoilé sa véritable nature quand ils sont pris sérieusement dans toutes leurs difficultés : un détail peut tout changer, ou être éliminé par l'approximation ad hoc (mais irréaliste). La complexité joue son œuvre de complexification et de transformation dans certains cas, i.e. tout aussi bien dans le cas du naphthalène NH_8/ND_8 , ou dans celui des gaz granulaire ;... Par contre, cela n'était pas le cas dans beaucoup d'autres systèmes optiques (vycor, poreux,...) ; cela n'a pas été le cas pour le passage micro-macro en mécanique granulaire (avalanches, rhéologie,...). Dans ces derniers cas la complexité ne joue pas de rôle ; et toute la difficulté c'est de trancher !!!

Pour résoudre ce type de problème dans le comportement des granulaires vibrés sous $0g$, j'ai du l'étudier plus de 10 ans (jusqu'en 1998 à peu près) ; j'aurai pu avoir de l'aide extérieur si on m'avait cru (2002-2006). Même quand j'ai été très proche de la solution, vers 2008, j'ai eu

beau demandé à un thésard chinois (R.Liu), en stage d'1 an au labo MSSMat pour sa thèse en cotutelle, de faire des simulations ciblées et de montrer les incompatibilités générées entre le modèle proposé et ses simulations, il n'a pas compris l'intérêt de ses simulations. Ceci a donné lieu à la ref. (4) ci-dessous. Elle contient plus de 1000 Figures contenant 10 courbes chacune, dont seules quelques unes sont en contradiction avec le modèle de gaz réel. C'est dire la difficulté de ces problèmes complexes. A tel point que R.Liu a refusé de comprendre l'intérêt de son travail pendant son stage à Paris, que revenu à Pékin il a refusé de l'intégrer à sa thèse... Et que ma collègue, M.Hou, n'a rien fait pour s'y opposer. J'ai donc repris ce travail en le complétant avec une seconde thésarde chinoise, YP Chen, pendant ses 3 ans de thèse à Paris, en la formant pour qu'elle comprenne.

Elle aussi, elle n'a probablement compris qu'en partie l'intérêt de son travail aussi ; et il m'a fallu reprendre très fortement l'écriture de sa thèse 1 an après pour exprimer les idées à peu près clairement, pour que son texte soit à peu près compréhensible pour tous.

Je devais venir lui faire passer sa thèse et assister à une Ecole d'été sur le sujet, en tant qu'enseignant. L'ECP et le CNRS en ont voulu autrement, et le CNES a acquiescé aussi. On m'a mis en congé longue maladie d'office sans raison (voir jugement du TA), autre que celle constatant que les hommes de pouvoir n'acceptent pas les hommes compétents, même en science. Ils sont racistes vis-à-vis de leur nombril. YP Chen a soutenu sa thèse sans moi, sans mon autorisation, avec l'aide maligne du CNES, de l'ECP, et à la connaissance de l'AERES.

YP.Chen a publié nos résultats, cf. Phys Rev E88, 052204 (2013), avec un modèle simplifié à deux types de billes, basé sur une approximation qui respecte la physique de l'existence de deux températures. Il est dû à un physicien allemand, Mario Liu, lors de son séjour à KITP Beijing de Juin 2013; il ne respecte pas complètement les bases réelles soumises par le système, mais il les respecte déjà bien mieux que les modèles anciens ; jusqu'où sera-t-il efficace ? M. Liu (et non R.Liu, mon ex demi-thésard de 2009) a probablement su vaincre les réticences de ma collègue M. Hou, et peut-être aussi celle de YP Chen, (et de R. Liu)... Pour ma part, bien qu'invité à ce 1,5 mois de travail à Beijing comme enseignant, j'étais mis en repos forcé par une juridiction hors norme, cherchant à me faire passer pour le physicien fou, comme on savait le faire en URSS. Et dire que l'Académie était aussi prévenue, ainsi que l'AERES... Notre France est plus que malade.

Il m'est donc impossible de publier dans ces conditions et j'en reporte la responsabilité entière sur l'administration et les chercheurs scientifiques, ainsi que sur les sections du CNRS, qui veulent s'approprier les résultats sans risque, sans critique et sans déontologie. Pour moi c'est du vol, et ils doivent être rayés de la communauté. Ce n'est pas une question d'édition, car

Koppelman, en son temps, m'a abusé aussi.... C'est une question réelle de règle et de transparence.

Ce qui n'est pas dit, mais qu'on trouve dans la ref (5), c'est que les conditions d'excitation créées engendrent une force nouvelle, à longue portée entre les particules, et redonne un sens à (ou justifie) un pseudo modèle de « Van der Wals ».... D'où l'effet SOC.

Enfin, que penser d'un système capable **d'effacer un chercheur** ! Que penser d'un système qui refuse la transparence, qui fabrique les preuves. Je ne peux que me mettre en contre. Je ne le fais pas pour moi, ma conscience me suffit, mes résultats me suffisent aussi, mais pour mes élèves et anciens thésards !!! Et le système refuse de s'amender. Pourtant la différence de gestion entre une stratégie correcte et n'importe quoi peut être du vrai « détail », comme le montre le détail des conditions au limites du problème ci-dessus, des gaz granulaires. Mais dans un cas le système marche et dans l'autre il fait n'importe quoi,... et viole le second principe de thermodynamique sans que personne ne le remarque ; il en a été de même pour les verres de spins en son temps, mais Sherrinton et Kirpatrick étaient arrivés à temps.

C'est cela la vraie gestion des systèmes complexes, celle qui doit être appliquée et enseignée, celle dont se prévaut l'ECP et qui est en dehors de son champ de compétence réelle, celle que l'administration devrait aussi mettre en œuvre pour respecter l'humanité et l'humanisme, et les préceptes juridiques... et tout bonnement la réalité....

Dans le cas de la l'administration scientifique, la différence notoire entre pratique correcte et malsaine réside probablement dans la liberté de dire ce qui ne va pas, de discuter les faits, d'accepter un journal qui impose la discussion sans imposer le reviewing par avance, mais qui oblige le post reviewing. Cela ne veut pas dire que tout le monde doit ou voudra publier dans ce type de journal. Je le sais, je l'ai bien vu : peu de personne accepte, pas même les referees du cnrs... Cette nécessité est indispensable pourtant pour que l'arbitraire n'existe pas. La science s'est batit avec ce principe. Cela a toujours été le cas : les soutenances de thèse (sauf celle proposée par l'ECP à YP Chen) sont publiques et avec débat. Ce doit redevenir le lot commun, nécessaire sur simple demande. Pour démontrer ce que je dis du travail de Y.P. Chen, il suffira peut-être de comparer son travail de thèse chinois (soutenance vers 2013) et celui que j'ai rerédigé jusqu'en Mai 2013 (soutenance d'Avril 2014).

Beaucoup de création de journaux nouveaux sont liés à ces problèmes, à l'intransigeance de mauvais éditeurs, sinon à quoi bon augmenter le nombre de journaux ? Les motivations essentielles de ces « créations de nouveaux outils » ne sont-elles pas la formation d'un lobby

avec un pouvoir, et la possibilité de publier des articles difficiles à faire passer ailleurs, soit parce qu'ils sont justes mais en avance, soit qu'ils sont faux.... En effet, souvent les parutions nouvelles contiennent des articles importants dans les premières parutions, **preuves que les anciennes n'ont pas fait leur devoir.**

Enfin, j'ai fait différents rapports pour reporter mes dire, 4 sont stockés par le médiateur, par le laboratoire, ... et j'ai fait ou subi des requêtes en justice (TA, CAA, requête pénale) et les procédures contiennent des éléments de preuve. Les 3 rapports suivants sont publiés en interne pour moi, compte tenu de la malignité du système qui ne me permet plus d'accepter de me faire rouler par plagiat ou méthode similaire. Je ne veux plus écrire mes cogitations scientifiques avant que l'ordre soit revenu. Et je veux continuer et remédier au problème. Ce sera pour moi un travail à plein temps que de lutter contre une administration intempestive et indélicate ; il faut réformer ses pratiques car j'ai constaté que celles-ci sont déviantes de beaucoup de manières différentes, et que l'exercice se pratique maintenant à tous les niveaux, chercheur, technicien, administratif et instances de gestion, d'évaluation et de financement...

Pour l'instant je me crois au temps de Louis XIV quand il interdisait aux protestants un certain nombre de tâches, d'emplois, ou au temps de l'URSS avec ses hôpitaux psychiatriques ! En plus je suis persuadé que ce système ne résoudra pas le problème du nombre toujours croissant de journaux et l'abondance de doublons ou « multiplons », de copier-coller, ... J'ai l'impression de jouer à Newton ou à Darwin, qui refusaient de dévoiler leurs pensées scientifiques secrètes.

La déontologie est un critère majeur de la qualité d'une recherche. (Sans elle, tout le monde peut raconter n'importe quoi). Comment peut-on assurer qu'un travail est nouveau, efficace, qu'il doit être considéré comme une vraie étape, à sa juste valeur ?

Ce doit donc être un critère majeur de sélection. Mais le monde réel actuel est la publicité. On choisit d'évaluer chaque personne par le nombre de ses articles et leur bruit dans la machine. La désinformation règne maintenant dans la pratique réelle présente : on augmente le nombre de journaux, on accepte les doublons, le copier-coller.... En fait, on ne comprend réellement ce qui se passe qu'avec la pratique personnelle, et la volonté certaine de surmonter les travers administratifs.

La première chose est de vouloir **faire un bilan** ; il faut donc provoquer ou trouver les exemples et les critiquer efficacement. C'est ma méthode. Mais les éditeurs refusent de la suivre, et les lobbys sont trop présents et ont trop d'intérêts à ce que cela fonctionne ainsi ; les administratifs se considèrent sans aucune responsabilité par rapport aux travers de fonctionnement, et ils sont absous dès qu'ils sont promus ! On sélectionne ainsi les administratifs qui laissent faire, voir qui acquiescent....

Je donne tout de suite un exemple personnel : Il me semble par exemple anormale qu'un jugement du tribunal administratif, au tort de l'administration, ne soit pas considéré comme une note donnée à l'administration, et que ce système de note ne soit pas intégrée dans le dossier des responsables administratifs.

Autre exemple, je me suis aperçu que même l'enseignement de la déontologie au niveau du master pose un vrai problème ; certains enseignent que le manque de déontologie ne peut pas être sanctionné. Ceci engendre bien entendu des abus et une mauvaise pratique généralisée de la déontologie ; et les étudiants semblent passifs devant ces lacunes. Les hommes sont de plus en plus attirés par le virtuel.

A ce stade, si rien n'est fait d'urgence, il est probable que notre société passera irréversiblement à l'ère post-scientifique dans quelques années seulement. Comment arrivera-t-on alors à gérer des centrales nucléaires... ?

Programme :

■ Comportement des milieux granulaires en impesanteur:

- Continuer (?) mon travail sur les recherches du comportement des milieux granulaires en impesanteur : suivre le travail de mes collaborateurs pour les aider ou pour palier leurs défaillances possibles.
- Utilisation du système vibrant en impesanteur utilisant le lévitateur magnétique mis au point au laboratoire en collaboration avec la Chine.

Ne publier ces résultats que si le système s'amende.

■ Comportement des milieux granulaires en compression (Compacts) ou au broyage.

- Utiliser la machine mise au point au laboratoire avec F.Douit.

■ Physique des systèmes complexes et gestion administrative :

- utilisation des méthodes introduites dans cette physique pour comprendre et améliorer les techniques de gestion administrative. Applications aux cas réels rencontrés dans les organismes de recherche.
- Corolaire : application à la gestion de l'économie politique (?) (cf :)

■ Trouver et définir les bases pour faire respecter la déontologie scientifique de manière efficace

Ce sera mon activité principale : je ne peux envisager de publier mes résultats scientifiques nouveaux qu'après avoir obtenu de sérieuses garanties quand à leur prise en compte. Ce sera le gage de ma sincérité. C'est un travail à plein temps et ce seront des responsabilités importantes qui nécessitent de ne pas se faire prendre la main, ni d'être trop théoricien. Il faut donc pouvoir se faire accompagner par des juristes, pouvoir connaître certains cas particuliers certaines pratiques et enfin être toujours capable de

raisonner en professionnel de la recherche. Ceci requiert donc d'avoir en plus et toujours une activité réelle de recherche dans mon domaine particulier.

Le changement n'est probablement pas si grand entre une bonne pratique, et ce que l'on constate maintenant : un petit changement peut supprimer les effets pervers ; mais il faut que ceux-ci soient éradiquer par une volonté exemplaire pour qu'on traite correctement ma réalité ; tout le reste est schizophrénie, schizophrénie des administrations, des sociétés, des communautés. Elles finiront par imposer leur schizophrénie à l'homme commun l'« homo diabolicus diabolicus » si on ne le libère pas de ses fantasmes.

Par contre, il y a tout à faire : création d'un tribunal déontologique, création d'un code sérieux et d'une grille de sanctions, création d'un corps de juges habilités, obligation de faire dépendre les autres organismes français (universités, CNES, INSERM,...) du même code, et de forcer la généralisation à l'échelle européenne, puis internationale....

Création d'un enseignement spécifique, et d'un master.... Sur ce thème.

Relation avec les industriels... ;

.....

Début de cette tâche : Cette tâche a débuté pour moi :

vers 1999, avec la création/transformation du journal Poudres & Grains sur le net, pour répondre à une inadéquation du système des journaux avec referees . Poudres & Grains était avant un bulletin de liaison attaché à un congrès international quadriennal.

Puis en 2008-2009 quand j'ai vu un certain nombre de débordements anormaux (harcèlement d'un technicien de mon laboratoire par la direction du laboratoire, refus de la direction du laboratoire de voir ses erreurs administratives, volonté de la direction de saboter mes recherches (soit par refus que j'utilise mes crédits, soit par l'essai de me spolier les crédits dédiés pour mes contrats, refus de fabrication de pièce pour mes expériences, refus de signer des ordres de mission), puis vers 2012 volonté d'embrigader les étudiants, de leur refuser une bourse, refus de signer des conventions de secrets en masquant le fait en me demandant d'écrire ce contrat, Refus de me donner le contrat de gestion du laboratoire entre l'ECP et le CNRS. Puis action via le comité médical et essai de me faire passer pour fou ou malade mental, refuser que je puisse assister à des conférences, des écoles de formations, des écoles scientifiques en tant que formateur par directement par mes collègues internationaux,.....). Refus que je fasse passer la thèse de ma thésarde chinoise, que j'assiste à l'évaluation de mon laboratoire par l'AERES, que j'assiste à l'Assemblée générale de mon laboratoire...

Depuis Mai 2013 j'ai été à plein temps pour sortir de l'état de « maladie de longue durée d'office à l'aide d'une action en justice. Le tribunal administratif a déjà jugé l'affaire en 1^{ère} instance. J'ai perdu en

Appel, le CNRS refusant d'accéder à ma demande de connaissance du dossier médical ; tout ceci est décrit dans mon blog <http://defense-pierre-evesque.over-blog.com/>, en libre accès. L'affaire est portée devant le conseil d'Etat. Une autre requête a été déposée pour annuler la remise en congé d'office, suite à l'annulation de la 1^{ère} mise en congé d'office par le TA. Le jugement a eu lieu le 15 Juillet 2015 ; il m'a donné tort ; je fait appel du jugement auprès de la CAA.

Par ailleurs, la lettre rar qui m'a averti/(apporté le jugement) ne m'est arrivée qu'avec presque un mois de délai, malgré de nombreuses réclamations, montrant ainsi une défaillance très forte du système de gestion des lettres RAR par la poste, société maintenant privatisée. J'ai demandé d'en avertir le garde des sceaux pour sécuriser la délégation de service public de la poste car la pérennisation de ce service public doit être à la charge de l'Etat, qui seul à le pouvoir réel de sanctionner, de porter plainte et vérifier la qualité du service en imposant des sanctions si nécessaire.

Mon temps de travail est ce qu'il est ; je ne peux fournir plus, mais il dépasse l'horaire légal. Comme je l'ai déjà dit, ce sera pour moi un travail à plein temps que de lutter contre une administration intempestive et indélicate, subordonnée à des administrateurs intempestifs et indélicats ; il faut réformer ces pratiques ; j'ai constaté que celles-ci étaient déviantes de beaucoup de manières différentes, et que l'exercice se pratique maintenant à tous les stades du système. Il faut pourtant limiter les contraintes supplémentaires et trouver les parades intelligentes minimales.

Comme on le voit, cela fait partie de mon nouveau centre d'intérêt et de mon nouvel axe de recherche: **effet du désordre sur la gestion des systèmes complexes : économétrie des systèmes complexes et anomalies administratives.**

III. ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT ET DE DIRECTION DE RECHERCHE

A) ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT

J'ai assuré:

- Des travaux dirigés de thermodynamique sous la direction de Monsieur P. Papon à l'E.S.P.C.I., de 1978 à 1980.
- Un préceptorat et les séances de travaux dirigés en hydrodynamique sous la direction de Monsieur E. Guyon à l'E.S.P.C.I., en 1983-1984.
- Des travaux dirigés de physique en 1^{ère} année de médecine (Université Paris V), en 1979-1980.
- des séances de travaux pratiques en 1^{ère} année de l'ECP et
- l'encadrement d'un élève en stage de DESS d'électronique, électrotechnique et automatique (2000)
- un encadrement dans des projets recherche en 2^{ème} année de l'ECP
- une activité d'"ouverture" en première année de l'Ecole Centrale Paris sur la "Physique du désordre, le chaos et la mécanique",
45 h/an (1992 à 97)
30 h/an depuis 1997-98
- un tutorat auprès de 5-7 élèves de l'ECP depuis 1997
- un encadrement de stagiaires BTS électronique (2/4 stagiaires/an depuis 1995)
- un encadrement dans de 2 projets d'initiation à la recherche (licence de mécanique, Orsay)
- des stages de 2 mois d'étudiants indiens des ITT, des stages de master pro...

B) DIRECTION DE RECHERCHE

a) Direction de thèses

- C.L. Yang: "diffusion dans les milieux désordonnés"; pendant mon stage post-doc à UCLA chez Prof. M.A. El-Sayed: C.L. Yang
- M.T. Portella: "Spectroscopie cohérente et étude d'un espace poreux par le mélange à 4 ondes", soutenue le 1.7.1987 à l'U.P.M.C. (Paris VI); collaboration J. Duran; embauchée à l'université du Brésil
- P. Montelmacher: "Spectrométrie cohérente en lumière incohérente: problèmes liés aux mesures de mélange à quatre ondes", soutenue le 22.9.1987 à l'U.P.M.C; collaboration J. Duran; embauché dans un cabinet de brevet.
- W. Meftah: "Du matériau discontinu formé de grains au milieu fictif"; collaboration avec J. Biarez, thèse ECP soutenue le 13 mai 1996
- P. Porion : "Frottement solide et avalanches dans les matériaux granulaires", collaboration G. Joly, Université de Lille, 28 janvier 1994, embauché au CNRS (CRMD Orléans)
- F. Radjai : "Dynamique des rotations et frottement collectif dans les systèmes granulaires" , thèse Un. Paris Sud, 7/12/95; embauché au CNRS, Montpellier.
- Ph. Alexandre : " Modélisation numérique de l'évolution du lit des torrents", collaboration Ph. Coussot, thèse Un. Grenoble, 13 novembre 1997

- Ch. Ancey: “ Rhéologie des écoulements granulaires en cisaillement simple: Application aux laves torrentielles granulaires” thèse ECP du 18 novembre 1998; collaboration avec Ph. Coussot; embauché au Cemagref-Grenoble
- S. Boufellouh : “calcul des contraintes dans un empilement”; thèse ECP; collaboration A. Modaressi ; soutenue le 20/4/2000; mention très honorable, jury: A. Modaressi, J.C. Roth (rapp), M.P. Luong (rapp+président), J.P. Bouchaud, P. Evesque
- R. Vocka: thèse ECP "Percolation dans les milieux hétérogènes" soutenue le 19 novembre 1999; direction Marc Dubois-CEA.; collaboration M. Dubois, SPEC-CEA; Mention félicitations du Jury
- R. Wunenburger : “Transfert de chaleur et effet des vibrations dans les fluides purs diphasiques au voisinage du point critique”; thèse Un. Bordeaux; co-direction; directeur: Y. Garrabos, ICMCB Bordeaux, soutenue le 13 octobre 2000, mention Félicitations du Jury ; enseignant maintenant à la Fac de Bordeaux
- Nathalie Sommier : “Mélange et ségrégation de milieux granulaires”; thèse Un. Paris sud; collaboration P. Porion, P. Tchoreloff & G. Couarraze, Fac. Pharmacie de Châtenay-Malabry ; thèse soutenue le 12 Décembre 2000, mention Félicitations du Jury
- Florence Adjemian : “Stick-slip et transition de broutage dans les essais triaxiaux sur billes de verre ”; thèse Ecole centrale Paris, début: Oct. 2000. Soutenue, le 19 Septembre 2003, ECP (9h30), mention très honorable
- Aissa Allaoui, "Comportement mécanique et électrique des enchevêtrements de nanotubes de carbone", Thèse ECP soutenue le 11 Mai 2005, co-direction J. Bai, D. Durville & P. Evesque
- Virginie Busignies, "Recherche de lois de mélange sur des propriétés mécaniques de systèmes granulaires compactés, Université Paris XI, Fac. Pharmacie, 7 Octobre 2005 ; maintenant enseignant-chercheur à la Fac de Pharmacie de Châtenay-Malabry
- Rui LIU, Chinese Acad Sc. Beijing Gaz Granulaire, Mai 2010 Beijing, co-direction M. Hou ; (1 an à ecp), maintenant enseignant chercheur au CAS.
- YanPei Chen, Chinese Acad Sc. Beijing, Gaz Granulaire vibré, Nov. 2012 Beijing, co-direction M. Hou ; (3 ans à ecp, puis 1 an à CAS)) (**voir ref 290, pour la thèse en cotutelle**)

Stage de fin de thèse :

Sachiko Ogawa, étudiante japonaise en fin de thèse en 2010-2011, stage à l'ecp de 6 mois en 2011. Elle enseigne à l'université.

b) direction de stage post-doctoral:

Mahdia Hattab, “mesure de densité d'un tas vibré” (1996); embauche M^e de conf. Mécanique, Un. Metz

Florence Adjémian: Etude d'un glissement de terrain lent dans le Pacifique (2004), puis post doc cea , embauche IFP juin 2006

Marc Leconte: Milieux granulaires vibrés en microgravité (Sept 2004-Sept 2006), puis ATER Paris XI

c) Encadrement de stagiaires en initiation à la recherche

-1983 : Dominique TAUDIN	(3 ^{ème} année de l'E.S.P.C.I.)
-1987 : Mohamed HACHICHA	(DEA de Physique du Solide)
-1987 : Noureddine TABTI	(DEA de Physique du Solide)
-1987 : Patrice PORION	(DEA de Physique des Liquides)
-1988 : Christophe ALLARD	(DEA de Physique du Solide)
-1991 : Denis AIVAZIAN	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-1991 : René SANCHEZ	(2 ^{ème} année de de l' ECP)

-1992 : SAMAKA	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-1992 : SEFFA	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-1993 : Aleth PETITJEAN	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-1993 : Albane ARSEGUEL	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-1994 : Hicham AMAHMOUD	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-1994 : David HALLEY	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-1994 : Anne MALATERRE	(Maîtrise Math Appl. Un. Orsay)
-1995 : Bertrand MAYEUR	(3 ^{ème} année ECP + DEA Génie civil)
-1995 : Laurent LEVY	(3 ^{ème} année ECP + DEA Génie civil)
-1995 : Asma ABUHASSAN	(DEA Génie civil)
-1996 : Lionel LAMY	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-1996 : Benoit PARMENTIER	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-1997 : Véronique PREVOTAT	(DEA de Pharmacie , Un. Orsay)
-1997 : Emmanuel PETITJEAN	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-1997 : Huong TRAN	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-1998 : Sylvie BLAIN	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-1998 : Laurence RABOT	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-1999 : Mathieu GEOFFRAY	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-1999 : Sylvain MOULIN	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2000 : Frédéric CHAST	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2000 : Pierre-Edouard BIENVENU	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2000 : Grégoire VIASSNOFF	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2000 : Nicolas BROSSIER	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2000 : Nicolas JAUBERT	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2000 : Jean-Baptiste JOURJON	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2001 : Arnaud FLATRES	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2001 : Emmanuel BOUVIER	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2001 : Sébastien PARE	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2001 : Marc BRANCHU	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2001 : Nicolas CHAUTRU	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2001 : Thierry GAVOUYIERE	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2001 : Fabien JANUARD	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2001 : Sami DAHER	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2002 : Hugo BELLENGER	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2002 : Pierre BURBAN	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2002 : Laurent PONSON	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2002 : Pierrick JEAN	(2 ^{ème} année de l' ECP)
-2006: Simon Fossier	(3 ^{ème} année de l' ECP)
- 2006: Vincent Morello	(3 ^{ème} année de l' ECP)
- 2006: Piero Desgaperi	(1 ^{ère} année de l' ECP)
- 2006: Philip Shafer	(1 ^{ère} année de l' ECP)
- 2006: Dario Sangiovani Shafer	(1 ^{ère} année de l' ECP)
- 2006: Francesco Taiariol	(1 ^{ère} année de l' ECP)
.....	

d) encadrement de stagiaire de BTS d'électronique

- 1994-1995: Christophe LEDANTIC & Ulysse ROISIN
- 1995-1996 : Xavier CARVALLO & Mohamed LHASSANI
- 1996-1997 : Christophe COURANT & Tarek BOUABIB
- 1997-1998 : Many CAMARA, Cédric LATEB, Pascal MELIX, Mickael MELIX,
- 1998-1999 : Franck MORISSEAU, Daniel COSTA
- 1999-2000: Nicolas VIAULT et Patrice TALENS
- 2000-2001: Alain BOYO-ADOU, Sébastien RUELLAND
- 2001-2002 : Tony SALVADO, Lahoucine ALASSEN, El Hassan OURAMI
- 2002-2003: Marc LOUZIR, Mathieu MENCE
- 2003-2004: Gérard SYNORKIAN, Abderrahim EL GUILLOUI
- 2004-2005: Olivier BARAT, Jonathan THERMIDOR
- 2005-2006: Esther MAUDUIT, Pierre LENOAN
-

e) encadrement de stagiaire de DESS d'électronique

- 2000-2001: Anis MILED ; DESS Electronique-électrotechnique-Automatique
- 2004-2005 : Nelson DASILVA ; DESS Electronique-électrotechnique-Automatique

f) encadrement de stagiaires universitaire

- Juillet 2006: AAhlam Lakyari, ISPG, Paris 13
- 2003-2004 : Guillaume Thoorens ; Orsay-Univ. Paris 11 (1 mois)
- 2003-2004 : Claire Ratier ; Orsay-Univ. Paris 11 (1mois)
- 2004-2005 : Ronan Toulhoat ; Orsay-Univ. Paris 11 (1mois)
-

g) Stage de fin d'étude d'« Ingénieur CNAM » de laboratoire de F.Douit (technicien du laboratoire) pour avoir son titre d'Ingénieur de Recherche CNAM (Mention Bien), 15 Juin 2015

C) PARTICIPATION A DES JURYS DE THESE

- A. Aissaouia**, "Etude du comportement rhéologique de deux boues bentonitiques de forage à l'aide du rhéogoniomètre de Weissenberg" (ECP, 21/1/94)
- A. Ghaouti**, "Approche micromécanique du comportement des matériaux particulaires en interaction à distance"; Ecole Centrale de Lyon, 21/12/95;
- B. Al Taweel**, "Cinématique de rupture des sols pour les ouvrages de génie civil: Ecrans de soutènement, Fondations, Silos. Calcul des localisations des grandes déformations" (ECP, 13/12/94)
- Mohamed Sid**, "Approche analytique de l'écoulement en masse d'un matériau granulaire dans une trémie", thèse de l'Université de Metz, spécialité: mécanique, option génie civil, soutenue le 18 Février 1998, Rapporteur
- Ch. Chan Tien**, "simulation numérique du 3ème corps", thèse INSA Lyon , 2 mars 1998, Rapporteur
- Khadija Marikh**, "Mélange des poudres en continu et modélisation" ; thèse de l'INPL soutenue le 27 novembre 2003 à Albi, Président du jury
- Aissa ALLaoui**, "Comportement mécanique et électrique des enchevêtrements de nanotubes de carbone", soutenue à l'ECP le 11 Mai 2005
- Virginie Busignies**, "Recherche de lois de mélange sur des propriétés mécaniques de systèmes granulaires compactés, Université Paris XI, Fac. Pharmacie, 7 Octobre 2005
- Refus de l'ECP et du CNRS pour assister à la soutenance de YP Chen (2014), malgré mes demandes répétées, et bien que j'ai participé très activement jusqu'à la rédaction, et la relecture de la thèse.**

IV. ACTIVITES ADMINISTRATIVES

Évaluation de la Recherche Internationale

- **referee** à Phys.Rev., Phys. Rev. Lett. , Nature, European Physical Journal B, Europhys. Lett.
- **rapporteur auprès de la NSF** sur des demandes d'argent d'équipe américaine.

Depuis 2011-12 , j'ai décidé de refuser toute demande d'évaluation d'articles, de projets de recherche (ANR)

Gestion du laboratoire:

- Membre du conseil du laboratoire MSS-Mat depuis 1996
- Membre du Conseil Scientifique de l'UER 52 de l'U.P.M.C. de 1987 à 1989.

- Membre du Conseil de l'UFR 25 de Paris VI, 1989-1990.
- Gestion de contrat avec Pont à Mousson (1989-1996)
- Gestion de contrats pluri-annuels avec le CNES et l'ESA et d'expériences spatiales
- Gestion de contrat avec le CEA (2004)

Gestion de projets nationaux ou internationaux :

- Formation et Gestion d'un groupe international d'experts sur "physique granulaire & espace" pour l'ESA (1991-93)
- Gestion de l'expérience spatiale ESA: effects of Vibration on heterogeneous fluids : expériences en Airbus et en fusée sonde (Maxus 5, Maxus 7) (projet Y. Garrabos (Bordeaux), D. Beysens (Bordeaux), P. Evesque (ECP); collaborateurs: E. Falcon (ENS Lyon), S. Fauve (ENS Paris), B. Roux (Marseille), V. Kozlov (Perm Pedagogical Un.) & D. Lyubimov (Perm StateUn.)
- Gestion de l'expérience (-instrument) spatiale ESA : VIP-granulaire (Vibration Induced Phenomena) Sept. 2003-
- Gestion et Direction scientifique du topical Team "Vibration" de l'Agence Spatiale Européenne
- Membre suppléant de la Commission de spécialistes de l'Université de Marne la vallée, Sections 28 & 29 ; date : avril 2004-2010

Organisation de Congrès:

- Membre du comité d'organisation du congrès: "Poudres et Grains", Congrès international sur la micromécanique des milieux granulaires et pulvérulants.Clermont-Ferrand, 4-8 septembre 1989
- Membre du comité d'organisation du congrès international: "Powders and Grains 93", Birmingham, 12-16 july 1993
- Membre du comité d'organisation du congrès international: "Powders and Grains 97"; Durham, North Carolina, USA, 18-23 may 1997
- Président depuis 1997 de l'Association pour l'étude de la Micromécanique des Milieux Granulaires (AEMMG), président le congrès Powders & Grains
- Organisateur du mini workshop sur le ballaste le 9 septembre 1997, Ecole Centrale Paris
- Membre du comité scientifique du colloque: "Phénomènes de Fragmentations", Les Houches, 12-17 avril 1993
- Membre du comité d'organisation du congrès international: "Powders and Grains 2001"; Sendai, Japon, march 2001
- Membre du comité d'organisation du congrès international: "Powders and Grains 2005"; Stuttgart, Allemagne, 2005
- Organisateur du colloque "Rhéologie des milieux granulaires" ECP 24/6/99
- Organisation d'un Topical Team pour l'ESA: Effets des vibrations en apesanteur (16 Mars 2000-ESA-HQ-Paris, 10 Sept. 2000-Sorento, Italie, 19 Mars 2002-ESPCI-Paris)
- Organisation de la rencontre "Preparation of vibration container for FSL", ESA HQ, Paris15-16 Sept 2003
- Membre du comité d'organisation du 17ème Congrès Français de Mécanique (CFM2005), S8. Ecoulements polyphasiques et milieux granulaires, 2005
- Organisation de la rencontre "Grain and powder processing in 0g", ESA HQ, Paris24 Mars 2005
-

Organisation de séminaires

- séminaire de l'équipe sols: 1997
- séminaire du labo mars 99
- 16 mars 2000, ESA Headquater, 8-10 rue Mario Nikis, 75007 Paris; **avec actes et rapport** (Topical Team ESA on vibration)
- 10 septembre 2000, Joined Meeting of 3 topical teams, Sorrento Palace, Sorrento, Italie, with report, (Topical Team ESA on vibration)
- 19 Mars 2002 Joined Meeting of 2 topical teams, ESPCI Paris, France (Topical Team ESA on vibration)
- 18 juin 2003: séminaire "physique des milieux granulaires et simulations"; cité Descartes, Marne la Vallée
- Journée de préparation Powders & Grains 2005, Stuttgart, 16 octobre 2003

Gestion du Topical Team vibration

Plusieurs réunions/an de 2000 à 2011.

V. ACTIVITES SCIENTIFIQUES DIVERSES:

1) COLLABORATIONS SCIENTIFIQUES:

Collaborations personnalisées de longue durée:

- M.Hou (Chine)
- D. Sornette (Un. de Nice, 1991-95)
- D. Beysens (CEA Ormes les Merisiers, puis CEA Grenoble)
- Y. Garrabos (ICMCB du CNRS, Chimie Bordeaux)
- V.G. Kozlov (Perm Pedagogical University, Russie)
- P. Tchoreloff & B. Leclerc (Fac. pharmacie)
- P. Porion (CRMD Orléans)

Collaborations personnalisées épisodiques:

- P.G. de Gennes, P. Habib, M.P. Luong, B. Cambou, J.P. Bouchaud, S. Roux, D. Bideau, S. Fauve, E. Falcon, B. Roux, D. Lyubimov (Perm, Russie)

Participation à divers groupes de travail:

- ex Membre du GRECO-géomatériaux.
- ex Membre de Géo
- ex Membre du GDR Physique des Milieux Hétérogènes Complexes
- Membre du GDR MIDI
- Membre du GDR "Phénomènes de Transport et Transitions de Phases en Micropesanteur"
- ex Membre du GDR Rhéophysique des colloïdes et suspensions
- participation au groupe de travail franco-russe "fluides dans l'espace": , CNES Toulouse
- membre du GDR mécanique des fluides et espace,
- membre du COST P4: physique de la mécanique non linéaire

2) ASSOCIATIONS SCIENTIFIQUES

- Président de l'Association pour l'étude de la Micromécanique des Milieux Granulaires (AEMMG) depuis 1997
- ex-membre de Société Française de Physique
- membre de Société Européenne de Physique
- membre de la Material Research Society
- membre de American Physical Society

3) ACTIVITE DE CONSEIL:

- Conseil à Pont-à-Mousson: 1990-1996
- Responsable du groupe d'Experts "Matériaux Granulaires et Gravité" à l'Agence Spatiale Européenne. 1991-94
- Responsable du Topical Team "Vibration" à l'Agence Spatiale Européenne. 2000-03

4) ACTIVITE DE DIFFUSION DE LA SCIENCE:

- 1 émission radio

- 11 articles de vulgarisation scientifique (La Recherche, Pour la Science, Courrier du CNRS, Bulletin de la SFP)
- Participation au programme « Un Chercheur une manip au Palais de la Découverte » Février-Avril 2008
- Participation au salon de l'Innovation , Paris (Mai 2008).
- Réalisation du 3 documentaire dont un de 20mn pour le Palais de la Découverte

ANNEXE I:

LISTE GENERALE CHRONOLOGIQUE des Publications écrites de Pierre Evesque

(Sept 2014)

- 1 - Tunable optical gain in the near U.V. using F^+ centers in CaO.
J. Duran, P. Evesque & M. Billardon
Appl. Phys. Lett. **33**, 1004-1006, (1978)
- 2 - Laser selective excitation and energy transfer in a multisite system $CaF_2:Pr^{3+}$.
J. Kliava, P. Evesque & J. Duran
J. Phys. C:Solid State Phys. **11**, 3357-3368 (1978)
- 3 - Laser selective excitation and energy transfer in a multisite system $CaF_2:Pr^{3+}$.
P. Evesque, J. Kliava & J. Duran
J. of Luminescence **18/19**, 646-650, (1979)
- 4 - Transferts d'énergie dans $CaF_2:Pr^{3+}$: étude par excitation sélective et spectroscopie en temps résolu.
thèse de 3ème cycle soutenue le 23 avril 1979, Université P. et M. Curie (Paris VI)
- 5 - Dimers and clusters in $CaF_2:Pr^{3+}$. Laser selective excitation and time resolved spectroscopy.
R.H. Petit, P. Evesque et J. Duran
J. Phys. C **14**, 5081-5090, (1981)
- 6 - Energy migration in randomly doped crystals: geometrical properties of space and kinetic laws.
P. Evesque
J. de Phys. France **44**, 1217-1224, (1983)
- 7 - Time resolved studies of naphthalene mixed crystals. Fractal and Euclidean behaviors of the migration kinetics.
P. Evesque & J. Duran
J. Chem. Phys. **80**, 3016-3024, (1984)
- 8 - Magnetic field perturbation in binary molecular crystals: coherent or incoherent diffusion?
P. Evesque, R.H. Petit, F. Pellé & J. Duran
Chem. Phys. Lett. **112**, 182-186, (1984)
- 9 - Diffusion de l'énergie dans des systèmes désordonnés: application aux cristaux mixtes de naphthalène.
P. Evesque
Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences, soutenue le 27 Février 1984,
Université P. et M. Curie, (Paris VI)
- 10- Robinson Crusoe, Vendredi et les cannibales: une vision fractale de la colonisation d'un archipel.
P. Evesque
Bulletin de la Société Française de Physique, n° **53**, pp. 9-10, (juillet 1984)
- 11- Diffusion and trapping in $ZnS:Mn$ electroluminescent thin films.
P. Benalloul, J. Benoit, J. Duran, P. Evesque & A. Geoffroy
Solid State Comm. **51**, 389-392, (1984)
- 12- Spectroscopic study of incommensurate phase of $ThBr_4$ via the optical and magneto-optical properties of U^{4+} .
B. Briat, P. Delamoye, J.C. Rivoal, S. Hubert & P. Evesque
J. de Physique France **46**, 1375-1386 (1985)
- 13- Réactions chimiques dans un espace fractal.
P. Evesque
Le Courrier du C.N.R.S., supplément au n° 60, (avril-juin 1985)
- 14- Theory of transient grating experiments in disordered systems: anomalous percolation behaviour.
P. Evesque, J. Duran & A. Bourdon
J. Phys. C **18**, 2643-2650, (1985)
- 15- Transient grating experiment in percolation fractals.

- P. Evesque, J. Duran & A. Bourdon
J. de Physique France **46 C7**, C7-45 à 49, (1985)
- 16- "Fractal-like", but non-fractal, behavior of one step dipolar energy transfer on regular lattices with excluded volume.
C.L. Yang, P. Evesque & M.A. El-Sayed
J. Phys. Chem. **89**, 3442-3444, (1985)
- 17- Effect of variation in the microenvironment of the fractal structure on the donor decay resulting from one-step dipolar energy-transfer process.
C.L. Yang, P. Evesque & M.A. El-Sayed
J. Phys. Chem. **90**, 1284-1288, (1986)
- 18- Scaling consideration on the conduction properties of electrodeposited aggregates.
P. Evesque
Europhys. Lett. **1**, 155-160, (1986)
- 19- Comparison between electrodeposited aggregates in two dimensions and the fractal pattern calculated by Witten-Sander model.
P. Evesque, C.L. Yang & M.A. El-Sayed
J. Phys. Chem. **90**, 2519-2521, (1986)
- 20- Aggregation of anisotropic particles.
P. Meakin, Z.-Y. Chen & P. Evesque
J. Chem. Phys. **87**, 630-635, (1987)
- 21- Characteristics of Nd-doped yttrium-aluminium-perovskite picosecond laser.
M.T. Portella, P. Montelmacher, A. Bourdon, P. Evesque, J. Duran & J.C. Boltz
J. Appl. Phys. **61**, 4228-4930, (1987)
- 22- Four-wave mixing experiments in cresyl-violet thin films: inadequacy of a two-level interpretation.
M.T. Portella, P. Montelmacher, A. Bourdon, P. Evesque & J. Duran
J. Phys. Chem. **91**, 3715-3719, (1987)
- 23- Four-wave mixing technique and coherence effects on electronic states of dye molecule.
M.T. Portella, P. Montelmacher, A. Bourdon, P. Evesque & J. Duran
J. de Phys. France **48 C7**, 521-523, (1987)
- 24- Optique non-linéaire ultra rapide: réseau transitoire picoseconde.
Plaquette de l'Université P. & M. Curie (Paris VI) (1987)
- 25- Caractérisation d'avalanches de billes dans un cylindre tournant.
P. Evesque & J. Rajchenbach
C. R. Acad. Sc. Paris **307**, série II, 223-226, (1988)
- 26- Instabilité convective dans un tas de sable.
J. Rajchenbach & P. Evesque
C. R. Acad. Sci. Paris **307**, série II, 1-4, (1988)
- 27- La dynamique du tas de sable.
P. Evesque & J. Rajchenbach
La Recherche **205**, pp. 1528-9, (Décembre 1988)
- 28- Instability in a sand heap.
P. Evesque & J. Rajchenbach
Phys. Rev. Lett. **62**, 44-46, (1989)
- 29- Effects of finite volumes on electronic energy transfer.
C.L. Yang, P. Evesque & M.A. El-Sayed
chapitre 13 de *Molecular Dynamics in restricted geometries* édité par Klafter & Drake, J. Wiley and Sons, (1989), pp. 371-386
- 30- Rotational relaxation of azobenzene in porous Vycor glass.
M.T. Portella, P. Montelmacher, A. Bourdon, P. Evesque & J. Duran
J. of Phys. C: Condensed Matter **1**, 981, (1989)
- 31- Optical techniques and experimental investigation of diffusion processes in disordered media.
P. Evesque & A.C. Boccara
Cours à l'International School of atomic and molecular spectroscopy,
(15-29 juin 1989) VIIIth course: *Disordered solids: structure and processes*, pp 265-280, édité par B. Di Bartolo, Plenum Press, New York (1989), (tome 46)
- 32- Energy migration: Theory
P. Evesque
pp. 81-103 dans *The fractal approach to heterogeneous chemistry: surfaces, colloids, polymers*, édité par D. Avnir, John Wiley and sons, New York, (1989)
- 33- La psammodynamique: un art millénaire, une science à naître?
J. Rajchenbach & P. Evesque

- Bulletin de la Société Française de Physique*, n°73 p. 12, (juillet 1989)
- 34- Statistics of glass sphere avalanches in a partly filled rotating cylinder.
P. Evesque & J. Rajchenbach
dans *Powders and grains*, édité par Biarez & Gourvès, Balkéma, Rotterdam,
(1989), pp. 217-224
- 35- Comment on "Convective flow of granular masses under vertical vibrations".
P. Evesque
J. de Phys. France **50**, 699-706, (1990)
- 36- Fluidisation de surface dans un tas de sable.
E. Szmatala, J.P. Denis & P. Evesque
C. R. Acad. Sci. Paris **310**, série II, 1175-1178, (1990)
- 37- Surface fluidization of a sandpile.
P. Evesque, E. Szmatala et J.P. Denis
Europhys. Lett. **12**, 623-627, (1990)
- 38- Cellule de convection torique dans un tas de sable.
P. Evesque, P. Alfonsi, C. Stéfani & B. Barbé
C. R. Acad. Sci. Paris **311**, série II, 393-398, (1990)
- 39- Granta gravel model of sandpile avalanches: towards critical fluctuations?
P. Evesque
J. de Physique France **51**, 2515-2520, (1990)
- 40- Analysis of processes governing sandpile avalanches using soil mechanics results and concepts.
P. Evesque
Phys. Rev. A **43**, 2720, (1991)
- 41- Analysis of processes governing sandpile avalanches using triaxial test results and "critical state" of soil mechanics.
P. Evesque
Europhys. Lett. **14**, 427-432, (1991)
- 42- Du sable liquide
P. Evesque
Pour la Science **168**, p.96-102, (oct. 1991), rubrique: L'Expérience du mois.
- 43- Relation entre dilatance, contraintes et dissipation plastique dans un milieu granulaire à grains rigides.
P. Evesque & C. Stéfani
C. R. Acad. Sci. Paris **312**, série II, 581-584, (1991)
- 44- Relationship between dilatancy, stresses and plastic dissipation in a granular material with rigid grains.
P. Evesque & C. Stéfani
J. de Physique II France **1**, 1337-47, (1991)
- 45- Four-wave mixing for studying ultrafast radiationless processes.
P. Evesque
IX^{ème} Cours à l'International School of atomic and molecular spectroscopy,
Erice, (15-29 juin 1989), pp. 497-527, dans *Advances in Nonradiative Processes in Solids*, édité par B. di Bartolo, NATO ASI Series, Series B: Physics vol. 249,
Plenum press (New York, 1991)
- 46- Gravity and density dependences of sand avalanches.
P. Evesque, D. Fargeix, P. Habib, M.P. Luong & P. Porion
J. de Phys. I France **2**, 1271-7, (1992)
- 47- Débit d'un sablier soumis à des vibrations verticales
P. Evesque & W. Meftah
C.R. Acad. Sci. Paris **314**, série II, 1125-32, (1992)
- 48- Shaking dry powders and grains
P. Evesque
Contemporary Physics **33**, 245-61 (1992)
- 49- A dynamical system theory of large deformations and patterns in non cohesive solids.
P. Evesque & D. Sornette
Phys. Lett. A **173**, 305-10, (1993)
- 50- Pile Density is a control parameter of sand avalanches
P. Evesque, D. Fargeix, P. Habib, M.P. Luong & P. Porion
Phys. Rev. E **47**, 2326, (1993)
- 51- Mise en évidence de variations brutales et d'évolutions quasi discontinues dans les courbes contrainte-déformation d'un milieu granulaire bi-dimensionnel de rouleaux

- P. Evesque, W. Meftah & J. Biarez
C.R. Acad. Sci. Paris **316**, série II, 321-27 (1993)
- 52- Analogy between the groundstate of an antiferromagnet and the mode of quasi-static deformation of a packing of spheres
 P. Evesque
 dans *Material theory and modelling*, pp. 97-102,
 ed. by P.D. Bristowe, J. Broughton & J.M. Newsam,
 MRS press **291**, New York (1993)
- 53- Relationship between dilatancy, stresses and plastic dissipation in granular material with rigid grains
 P. Evesque et C. Stéfani
 dans *Material theory and modelling*, pp. 473-478,
 ed. by P.D. Bristowe, J. Broughton & J.M. Newsam,
 MRS press **291**, New York (1993)
- 54- A dynamical system theory of large deformations and patterns in non cohesive solids
 P. Evesque & D. Sornette
 dans *Material theory and modelling*, pp. 449-454,
 ed. by P.D. Bristowe, J. Broughton & J.M. Newsam,
 MRS press **291**, New York (1993)
- 55- Mean flow of a vertically vibrated hourglass
 P. Evesque & W. Meftah
Intern. J. of Modern Phys. B **7**, 1799-805, (1993)
- 56- Evidence of local "seisms", of microscopic and macroscopic stress fluctuations during the deformation of a packing of grains
 W. Meftah, P. Evesque, J. Biarez, D. Sornette & N.-E. Abriak
 in *Powder & Grains 93*, ed. by C. Thornton, (Balkéma, Rotterdam, 1993), pp. 173-178
- 57- Density is a controlling parameter of sandpile avalanches
 P. Porion & P. Evesque
 in *Powder & Grains 93*, ed. by C. Thornton, (Balkéma, Rotterdam Birmingham, 1993), pp. 327-332
- 58- Les avalanches
 P. Evesque & P. Porion
Pour La Science **187**, 54-61, (mai 1993)
- 59- Analyse statistique des microdéformations des matériaux granulaires
 F. Radjai & P. Evesque
Actes du 11^{ème} congrès français de Mécanique, Lille-Villeneuve d'Ascq, 6-10 Septembre 1993, pp. 449-452
- 60- Les Avalanches de Matériau granulaire: Effets de la Densité et de la Cohésion
 P. Porion, P. Evesque & G. Joly
Actes du 11^{ème} congrès français de Mécanique, Lille-Villeneuve d'Ascq, 6-10 Septembre 1993, pp 469-472
- 61- Can we define a unique friction coefficient for a non cohesive granular material? A tentative answer from the point of view of sand experiment;
 P. Evesque
Actes du colloque en l'honneur de Pierre Béghin sur Rapid Gravitational Mass Movements, CEMAGREF, Grenoble, 6-10 décembre 1993; pp. 77-85
- 62- Fluctuations in granular media, role of frustration and disorder, analogy with spin glasses and neural networks
 P. Evesque & D. Sornette
Journal of Mechanical Behavior of Materials **5**, 261-9 (1994).
- 63- Frustration and disorder in granular media and tectonic blocks: implication for earthquake complexity
 A. Sornette, D. Sornette & P. Evesque
Nonlinear Processes in Geophysics **1**, 209-218, (1994)
- 64- Deformations of ordered 2-D packings of grains, Role of Rotation
 W. Meftah, P. Evesque & J. Biarez
 in *Proceedings of the 10th Conference of Engineering Mechanics*, ed. American Society of Civil Engineering, New-York, (1995), pp. 1284-87,
- 65- Visualisation du champ de déformation plane par caméra numérique
 W. Meftah, J. Biarez, P. Evesque & R. Hagege
Actes du 2^{ème} congrès de mécanique du Maroc, Casablanca 10-13 avril 1995, MAROC; p. 373 tome 2
- 66- Convection et Diffusion dans un talus soumis à des sollicitations lentes périodiques

- P. Evesque
C. R. de l'Académie des Sciences Paris, Série II **321**, 315-22, (1995)
- 67- Stick-slip dynamics of a one dimensional array of particles
 F. Radjai, P. Evesque, D. Bideau & S. Roux
Phys. Rev. E **52**, 5555, (1995)
- 68- Physics of sandpile and avalanches
 P. Evesque & P. Porion
 in *Fragmentation phenomena*, édité par D. Beysens, X. Campi & E. Pefferkorn, Les Houches series, World Scientist, (1995); pp. 238-249; meeting: Les Houches (12-17 avril 1993)
- 69- Un sablier qui remonte le temps
 P. Evesque
Pour la Science **210**, 104-107, avril 1995
- 70- La mécanique des poudres
 P. Evesque
Science et Vie Hors Série (septembre 1995)
- 71- Rotation, convection et diffusion des grains dans un talus soumis à des sollicitations cycliques
 P. Evesque
Actes des Journées Géo 95, Aussois, (5-15 déc. 1995)
- 72- La localisation dans les milieux granulaires bi-dimensionnels géométriquement ordonnés
 W. Meftah, J. Biarez, P. Evesque & G. Lateb
Actes des Journées GEO 95, Aussois, 11-15 Déc. 1995
- 73- Motion of a single bead on a bead row: Theoretical Investigations
 Ch. Ancey, P. Evesque & Ph. Coussot
J. Phys. I France **6** (1996) , 725-51
- 74- Patterning of "liquefied" sand surface in a cylinder filled with liquid and subjected to horizontal vibrations,
 A. Ivanova, V. Kozlov & P. Evesque,
Europhys Lett. **35**(3), pp.159-164 (1996)
- 75- Examination of the possibility of a fluid-mechanics treatment for dense granular flows
 Ch. Ancey, Ph. Coussot and P. Evesque
J. of Mechanics of Cohesive-Frictional Materials **1**, 385-403, (1996)
- 76- Mean dynamics of body in cavity, subject to high frequency pendular vibrations
 V.G. Kozlov, A.A. Ivanova & P. Evesque
 in *Proceedings of the 2nd European Symposium on Fluids in Space*, A. Viviani ed, (Naples, 22-26 April 1996).
- 77- Vibrational Dynamics of a granular material saturated by fluids
 P. Evesque, A.A. Ivanova, V.G. Kozlov, D. Lyubimov & B. Roux
 In *Proceedings of the 2nd European Symposium on Fluids in Space*, A. Viviani ed, (Naples, 22-26 April 1996).
- 78- La mécanique du sable mouillé
 P. Evesque & Ch. Lanos
 in *Des grands écoulements naturels à la dynamique du tas de sable*, (presses du Cemagref, (1997), Atelier "Géosuspension"; Montpellier - La Grande Motte, 4-6 Octobre 1995, pp. 231-252
- 79- Rotation, convection and diffusion of grains in a 2-D embankment under slow cyclic deformation
 P. Evesque
Physica D **102**, 78-92, (1997)
- 80- Analogy between granular flows down an inclined channel and the motion of a bead down a bumpy line
 Ch. Ancey & P. Evesque
 in *Powders and Grains 97*, pp. 475-78, R.P. Behringer & J.T. Jenkins ed. , Balkema, (1997)
- 81- Grain convection and diffusion in 2-D embankment under slow cyclic deformation
 P. Evesque
 in *Powders and Grains 97*, pp 267-70, R.P. Behringer & J.T. Jenkins ed. , Balkema, (1997)
- 82- Sand behaviour in cavity filled with liquid and submitted to horizontal vibrations
 P. Evesque, A. Ivanova, V. Kozlov, D. Lyubimov, T. Lyubimova & B. Roux
 in *Powders and Grains 97*, pp. 401-4 , R.P. Behringer & J.T. Jenkins ed. , Balkema, (1997)
- 83- Hydrodynamical levitation of heavy solid body in cavity submitted to rotational vibrations
 V. Kozlov, A. Ivanova & P. Evesque
 in *Powders and Grains 97*, pp. 421-24 , R.P. Behringer & J.T. Jenkins ed. , Balkema , (1997)
- 84- Stress distribution in an inclined pile: Soil mechanics calculation using finite element technique
 P. Evesque & S. Bouffellouh
 in *Powders and Grains 97*, pp. 295-98, R.P. Behringer & J.T. Jenkins ed. , Balkema, (1997)
- 85- Caractérisation de la densité d'un sable au moyen d'un pénétromètre dynamique type PANDA
 M. Hattab et P. Evesque

- Actes du 13^{ème} congrès français de mécanique*, Poitiers, (1-5 septembre 1997), p. 381-384
- 86- Stress in static sand piles: role of the deformation in the case of silos and oedometers
P. Evesque
J. de Physique I France **7** (1997), 1501-12
- 87- About the scaling hypothesis of the stress field in a conic sandpile
P. Evesque
J. de Physique I France **7**, (1997), 1305-7
- 88- New Saint-Venant formulation with a streamfunction for a mountain stream hydraulics
P. Alexandre, P. Coussot & P. Evesque
dans *Analyse multiéchelle et systèmes physiques couplés.*, pp. 37-44 Actes du colloque Saint-Venant
, 28-29 août 1997, Presses de l'Ecole nationale des Ponts & Chaussées , Paris, (1997)
- 89- Sablier inversé
P. Evesque
Pour la Science **239** (sept. 97), 94-96
- 90- Standing relief generation and propagation in cavity filled with liquid and sand and submitted to horizontal vibrations
P. Evesque, A. Ivanova, V. Kozlov, D. Lyubimov, T. Lyubimova and B. Roux
in *Proceedings of the joint Xth European and VIth Russian Symposium on Physical Sciences in Microgravity*, édité à Moscou (Russie) volume 1, (1997), pp. 153-156
- 91- Solid body mean dynamics at large amplitude rotational vibration: experiment
A.A. Ivanova, V.G. Kozlov, P. Evesque
in *Proceedings of the joint Xth European and VIth Russian Symposium on Physical Sciences in Microgravity*, édité à Moscou (Russie), volume 1, (1997), pp.266-269
- 92- Granular material dynamics in a modulated force field: experiments
V.G. Kozlov, A.A. Ivanova, P. Evesque
in *Proceedings of the joint Xth European and VIth Russian Symposium on Physical Sciences in Microgravity*, édité à Moscou (Russie), volume 1, (1997), pp.237-244
- 93- Cylindrical body dynamics in filled with liquid cylindrical layer sector under rotational vibration.
A. Ivanova, V. Kozlov & P. Evesque.
Izv. RAN, Mech. Zgidk. i Gaza, (1998), **N4**, pp. 29-39.
- 94- Note sur la statique des silos
P. Evesque & P.G. de Gennes
C.R. Acad. Sc. Paris Paris **326**, Série II b, 761-766, (1998)
- 95- Sand behaviour in a cavity with incompressible liquid under vertical vibrations
V. G. Kozlov, A. Ivanova & P. Evesque,
Europhys. Lett. **42**, 413-18, (1998)
- 96- Dynamics of a cylindrical body in a liquid-filled sector of a cylindrical layer under rotational vibration
A.A. Ivanova, V.G. Kozlov, P. Evesque
Fluid Dynamics **33**, 488-496, (1998)
- 97- Frozen Wave induced by high frequency horizontal vibrations on a CO₂ liquid-gas interface near the critical point
R. Wunenburger, P. Evesque, C. Chabot, Y. Garrabos, S. Fauve & D. Beysens
Phys Rev. E **52** , 5440-5445, (1999)
- 98- Cluster formation in a granular medium fluidized by vibrations in low gravity
E. Falcon, R. Wunenburger, P. Evesque, S. Fauve, C. Chabot, Y. Garrabos & D. Beysens
Phys. Rev. Lett. **83** (12 juillet 1999) 440-443
- 99- Stress in conic piles determined by centrifuge experiment: breakdown of scaling hypothesis
P. Evesque, S. Noblet & G. Rault
Phys. Rev E 59, rapid Comm , R6259-R6262 (1999)
- 100- Modelling of stress distribution in granular pile : comparison with centrifuge experiments
A. Modaressi, S. Boufellouh & P. Evesque
Chaos **9**, 523-543 (sept 99, reçu le 30/12/2008); (comparer à Vanel et al. PRE60,R5040(Nov.199, reçu mai 1999))
- 101- Mixing and segregation in a Turbula mixer studied by MRI
P. Porion, N. Sommier & P. Evesque
In *Solid Mechanics and its application*, vol **81**: IUTAM Symposium on « Segregation in granular flows », A.D. Rosato & D.L. Blackmore (eds), Kluwer Ac. Pub., Dordrecht, (2000), pp. 141-152
- 102- A theoretical framework for granular suspensions in a steady simple shear flow
Ch. Ancey, Ph. Coussot & P. Evesque
Journal of Rheology **43**, 1673-1699, (1999)
- 103- On Jaky constant of oedometers, Rowe's relation and incremental modelling
P. Evesque

- Poudres & Grains* **6**, (sept. 1999), 1-9
- 104- Topology of Roscoe's and Hvorslev's surfaces in the phase space of soil mechanics
P. Evesque
Poudres & Grains **6**, (sept. 1999), 10-16
- 105- Stress propagation in granular media : breaking of any constitutive state equation relating local stresses together by a change of boundary condition
P. Evesque
Poudres & Grains **7**, (oct.1999), 1-18
- 106- On undrained test using Rowe's relation and Incremental Modelling: Generalisation of the notion of Characteristic State
P. Evesque
Poudres & Grains **8**, (15 oct.1999), 1-11
- 107- MRI demonstration of the efficiency of the turbula blender as a separating machine even for quite similar particles
P. Porion, N. Sommier & P. Evesque
XXVII summer school «Nonlinear Oscillations in Mechanical Systems»NOMMS 99, Saint Petersburg, Russie, 1-8 sept. 1999, p. 96-105, (ed. D.A. Indeitsev, Russian Academy of Science, Institute for Problems in Mechanics, St- Petersburg, 2000)
- 108- A new simple non linear modelling of the quasi statics mechanics of granular media : previsions and comparisons to experimental data
P. Evesque
XXVII summer school «Nonlinear Oscillations in Mechanical Systems»NOMMS 99, Saint Petersburg, Russie, 1-8 sept. 1999, p. 84-95, (ed. D.A. Indeitsev, Russian Academy of Science, Institute for Problems in Mechanics, St- Petersburg, 2000)
- 109- About the mean dynamics of two liquids interface under translational vibration
V.G. Kozlov, P. Evesque, A. Ivanova
XXVII summer school «Nonlinear Oscillations in Mechanical Systems»NOMMS 99, Saint Petersburg, Russie, 1-8 sept. 1999, p. 114-121, (ed. D.A. Indeitsev, Russian Academy of Science, Institute for Problems in Mechanics, St- Petersburg, 2000)
- 110- New features of Faraday vibrational effects in sand in viscous liquid
A.A. Ivanova, V.G. Kozlov, P. Evesque
XXVII summer school «Nonlinear Oscillations in Mechanical Systems»NOMMS 99, Saint Petersburg, Russie, 1-8 sept. 1999, p. 121-129 (ed. D.A. Indeitsev, Russian Academy of Science, Institute for Problems in Mechanics, St- Petersburg, 2000)
- 111- New formulation of the non linear rheology of granular material: simple predictions
P. Evesque
Proceedings of "Dynamics and Control of Mechanical Processing", Technical University of Budapest, (12-13 Nov. 1999), COST P4 ed.
- 112- Oscillatory Accelerations on Gas-Liquid Systems
R. Wunenburger, D. Beysens, C. Lecoutre-Chabot, Y. Garrabos, P. Evesque & S. Fauve
Proceedings of the STAIF 2000, January 2000, Alburque, New Mexico, USA
- 113- A Simple Incremental Modelling of Granular-Media Mechanics
P. Evesque
Poudres & Grains **9**, (15 nov.1999), 1-12
- 114- Statistical Mechanics of Granular Media: An approach à la Boltzmann
P. Evesque
Poudres & Grains **9**, (15 nov.1999), 13-19
- 115- Three Comments on "A Simple Incremental Modelling of Granular-Media Mechanics"¹¹⁶
P. Evesque
Poudres & Grains **10**, (20 déc.1999), 1-5
- 116- A Micro-mechanical Modelling of the Pressure Dependence of the Void Index of a Granular Assembly
P. Evesque
Poudres & Grains **10**, (20 déc.1999), 6-16
- 117- Fluctuations, Correlation and representative elementary volume (REV) in granular materials
P. Evesque
Poudres & Grains **11** (1), (20 janvier 2 000), 6-17
- 118- Dynamics of mixing and segregation processes of grains in 3d-blender by NMR imaging investigation ?
P. Porion, N. Sommier & P. Evesque
Europhys. Lett. **50** (3) p. 319 (2000)
- 119- Deformation Modes of a Packing of Rigid Grains: Rotation, Counter-rotation, dislocation field ?
P. Evesque
Poudres & Grains **11** (2), (mars 2000), 19-41

- 120- A new non linear mechanism able to generate avalanches based on soil mechanics
P. Evesque
Poudres & Grains **11** (3), (septembre 2000), 42-48
- 121- How to fit simply soil mechanics behaviour with incremental modelling and to describe drained cyclic behaviours
P. Evesque
Poudres & Grains **11** (3), (septembre 2000), 49-57
- 122- Frictional-collisional regime for granular suspension down an inclined channel
C. Ancey & P. Evesque
Phys. Rev. E **62**, 8349-8360, (2000),
- 123- Ozhizhenie sipuchej sredi v viazkoj zhidkosti, vizvanoe vertikal'nimi vibratsiami
A.A. Ivanova, V.G. Kozlov, and P. Evesque
Mekhanika Zhidkosti i Gasa, No3, pp.113-122, 2000
- 124- Fluidization of a granular medium in a viscous fluid under vertical vibration,
A.A. Ivanova, V.G. Kozlov, and P. Evesque
Fluid Dynamics, Vol.35, No.3, pp. 406-413, (2000)
- 125- A new simple non linear modelling of the quasi-statics mechanics of granular media: previsions and comparisons to experimental data.
P. Evesque
In the proceedings of the 4th International scientific technical Conference on "Vibrational Machines and Technologies", Kursk state Technical University, ISBN 5-7681-0045-8, pp. 11-18; (Kursk, Russia, december 1999)
- 126- Introduction to the Scientific interest in forming a topical team on g-jitter and vibrations
Pierre Evesque
In proceedings of the Topical team on vibrational phenomena in micro-gravity, ESA HQ, Paris, 16 march 2000 , p. 4
- 127- Vibration Effects on Heterogeneous Hypercompressible Fluids in Microgravity
D. Beysens, P. Evesque, S. Fauve, E. Falcom, Y. Garrabos, A. Ivanova, V. Kozlov & R. Wunenbuger
In *proceedings of the Topical team on vibrational phenomena in micro-gravity*, ESA HQ, Paris, 16 march 2000 , p. 8
- 128- Vibrational hydromechanics of heterogeneous medium
A. Ivanova, V. Kozlov, P. Evesque
In *proceedings of the Topical team on vibrational phenomena in micro-gravity*, ESA HQ, Paris, 16 march 2000 , p. 20
- 129- A simple non linear modelling of the quasi statics of granular media: Previsions and comparisons to experimental data
P. Evesque
In *Books of abstracts of the 4th Euromech Conference, 2nd volume*, Metz, France, june 26-30th, 2000, p. 588
- 130- Mixing and Segregation of solids in a turbulence mixer studied by MRI.
P. Porion, N. Sommier & P. Evesque
In *Books of abstracts of the 4th Euromech Conference, 2nd volume*, Metz, France, june 26-30th, 2000, p. 400
- 131- Mixing and segregation in Turbula blender
N. Sommier, P. Porion & P. Evesque
In *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 627, pp. (2000)
- 132- A new simple non linear modelling of the Quasi-statics of granular medi: predictions, comparisons with experiments
P. Evesque
In *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 627, pp. , (24-28 Avril 2000, San Francisco, Ca, USA)
- 133- Les lois de la mécanique des sols sont-elles si complexes
P. Evesque
In Colloque "Physique et Mécanique des Milieux Granulaires", tome 1, Ecole des Ponts & Chaussées, 5-7 sept. 2000 , pp. 91-96 (2000)
- 134- Etude par IRM du mélange et de la ségrégation de grains dans un mélangeur tridimensionnel
N. Sommier, P. Evesque & P. Porion
In Colloque "Physique et Mécanique des Milieux Granulaires", tome 2, Ecole des Ponts & Chaussées, 5-7 sept. 2000 , pp. 357-362 (2000)
- 135- Gas-Cluster transition of granular matter under vibration in microgravity
P. Evesque, E. Falcon, R. Wunenburger, S. Fauve, C. Lecoutre-Chabot, Y. Garrabos & D. Beysens
In "First international Symposium on Microgravity Research & Applications in Physical Science and Biotechnology", 10-15 Sept 2000, Sorrento, Italy, (ESA-SP 454, 829-834, 2001)

- 136- Experimental study of two-liquid interface under micro-gravity
P. Evesque, A.A. Ivanova & V.G. Kozlov
In "First international Symposium on Microgravity Research & Applications in Physical Science and Biotechnology", 10-15 Sept 2000, Sorrento, Italy, (ESA-SP 454, 919-924, 2001)
- 137- Eléments de mécanique quasistatique des milieux granulaires mouillés ou secs
P. Evesque
Poudres & Grains **NS-1** 1-155 (décembre 2000)
- 138- The jamming surface of granular matter determined from soil mechanics results
P. Evesque
Poudres & Grains **11** (4) 58-59 (décembre 2000)
- 139- Trajectories of loose sand samples in the phase space of soil mechanics
P. Evesque
Poudres & Grains **11** (4) 60-3 (décembre 2000)
- 140- Experimental proof of the existence of a bifurcation process during the undrained test in clay
P. Evesque & M. Hattab
Poudres & Grains **12** (1) 1-4 (février 2001)
- 141- Experimental test of the validity of the "isotropic" approximation for the mechanical behaviour of clay
P. Evesque & M. Hattab
Poudres & Grains **12** (1) 5-10 (février 2001)
- 142- Experimental test of the "isotropic" approximation for granular materials using p =constant compression
P. Evesque & M. Hattab
Poudres & Grains **12** (1) 11-16 (février 2001)
- 143- The thermodynamics of a single bead in a vibrating container
P. Evesque
Poudres & Grains **12** (2) 17-42 (mars 2001)
- 144- p =constant compression on loose Hostun sand: the case of an anisotropic response
P. Evesque
Poudres & Grains **12** (2) 43-49 (mars 2001)
- 145- 1d Granular gas with little dissipation in 0g: A comment on "Resonance oscillations in granular gases"
P. Evesque
Poudres & Grains **12** (3) 50-59 (avril 2001)
- 146- Magnetic resonance imaging investigation of the mixing-segregation process in a pharmaceutical blender
N. Sommier, P. Porion, P. Evesque, B. Leclerc, P. Tchoreloff, G. Couarraze
International Journal of Pharmaceutics **222**, 243-258 (2001)
- 149- How to use Turbula® mixer as a good blender with dry beads
P. Porion, A.M. Faugère, N. Sommier & P.Evesque
In "Powders & Grains 2001", Y. Kishino ed, (Balkema, 2001), pp. 335-339
- 150- Study of avalanching at a free surface using computer simulation
A. Modaressi & P.Evesque
In "Powders & Grains 2001", Y. Kishino ed, (Balkema, 2001), pp. 483-487
- 151- A simple modelling of experimental data on compressions of granular media
P.Evesque
In "Powders & Grains 2001", Y. Kishino ed, (Balkema, 2001), pp. 233-237
- 152- Modelling the micro-macro passage in the quasi-statics regime of granular matter
P.Evesque
In "Powders & Grains 2001", Y. Kishino ed, (Balkema, 2001), pp. 153-157
- 153- Comparison between classical-gas behaviours and granular-gas ones in micro-gravity
P. Evesque
Poudres & Grains **12** (4), 60-82 (mai 2001)
- 154- Mechanical behaviour of granular-gas and heterogeneous-fluid systems submitted to vibrations in micro-gravity
P. Evesque, D. Beysens & Y. Garrabos
J. de Physique IV France **11**, Pr6-49 to 56
- 155- Liquefaction of granular matter in viscous liquid under vertical vibration
P.Evesque, A.A. Ivanova & V.G. Kozlov
In "Powders & Grains 2001", Y. Kishino ed, (Balkema, 2001), pp. 517-520
- 156- Analogous behavior of strong density gradients and liquid-vapor interfaces near the critical point when submitted to vibrations in microgravity
R. Wunenburger, Y. Garrabos, C. Lecoutre, A. Dejoan, D. Beysens & P.Evesque
In "Proceedings of the International workshop on miscible interfaces", Paris, ESPCI, July 2-5, 2001", Ph. Petitjeans ed., pp. 35-36
- 157- Dynamics of Liquid-vapor phase transition under high frequency vibrations

- D. Beysens, D. Chatain, P. Evesque & Y. Garrabos
 In "Proceedings of the International workshop on miscible interfaces" Paris, ESPCI, July 2-5, 2001", Ph. Petitjeans ed., pp. 49
- 158- Granular matter and water under rapid vibration
 P. Evesque, A.A. Ivanova & V.G. Kozlov
 In "Proceedings of the International workshop on miscible interfaces" Paris, ESPCI, July 2-5, 2001", Ph. Petitjeans ed., pp. 51-52
- 159- Is the friction angle the maximum slope of a free surface of a non cohesive material
 A. Modaressi & P. Evesque
Poudres & Grains **12** (5), 83-102 (juin 2001)
- 160- Influence of boundary conditions on 2-fluid systems under horizontal vibrations
 P. Evesque
Poudres & Grains **12** (6), 107-114 (août-septembre 2001)
- 161- Etude par IRM du mélange et de la ségrégation de grains dans un mélangeur tridimensionnel
 P. Porion, N. Sommier, A.M. Faugère & P. Evesque
 Colloque: Rhéologie: Génie civil & environnement, GFR (groupement français de rhéologie) Marne-laVallée(?) 10-12 oct. 2001; pp. 151-157 (2001)
- 162- Experimental stick-slip behaviour in triaxial test on granular matter
 F. Adjemian & P. Evesque
Poudres & Grains **12** (7), 115-121 (octobre 2001)
- 163- Macroscopic Continuous Approach versus Discrete Approach, Fluctuations, criticality and SOC. A state of the question based on articles in Powders & Grains 2001
 P. Evesque
Poudres & Grains **12** (7), 122-150 (Novembre 2001), ISSN 1257-3957, <http://www.mssmat.ecp.fr/sols/Poudres&Grains/poudres-index.htm>
- 164- [Dinamika granitsi razdela neshmeshivaiuschihsia zhidkosti pri gorizonta'nih vibratsiiah] Dynamics of two immiscible liquids interface under horizontal vibrations
 A.A. Ivanova, V.G. Kozlov & P. Evesque
Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Mekhanika Zhidkosti i Gaza **3**, 28-35 (2001)
- 165- Interface dynamics of immiscible fluids under horizontal vibrations
 A.A. Ivanova, V.G. Kozlov & P. Evesque
Fluid Dynamics **36** (3), 362-368 (2001)
- 166- Stress fluctuations in granular matter: Normal vs. seismic regimes in uniaxial compression tests
 F. Adjemian & P. Evesque
Poudres & Grains **13** (1), 4-5 (janvier 2002); ISSN 1257-3957, <http://prunier.mss.ecp.fr/poudres&grains/poudres-index.htm>
- 167- Editorial : Pourquoi publier dans Poudres & Grains : Vers une politique de l'évaluation scientifique **plus efficace**
 (Editorial: Why deciding to publish in Poudres & Grains : Towards a more efficient politics of scientific evaluation.)
 P. Evesque
Poudres & Grains **13** (2), 6-11 (& 12-17) (Mars-Avril 2002) ISSN 1257-3957, <http://prunier.mss.ecp.fr/poudres&grains/poudres-index.htm>
- 168- Are Temperature and other Thermodynamics Variables efficient Concepts for describing Granular Gases and/or Flows ?
 P. Evesque
Poudres & Grains **13** (2), 20-26 (Mars-Avril 2002) ISSN 1257-3957, <http://prunier.mss.ecp.fr/poudres&grains/poudres-index.htm>
- 169- Experimental Stick-slip behaviour in Triaxial test on granular Matter
 P. Evesque & F. Adjémian
 Proceedings of the COST P4, Dortmund, Allemagne, Nov 2001
- 170- Phase transition or Maxwell's demon in Granular gas?
 P. Jean, H. Bellenger, P. Burban, L. Ponson & P. Evesque
Poudres & Grains **13** (3), 27-39 (Juillet-Août 2002) ISSN 1257-3957, <http://prunier.mss.ecp.fr/poudres&grains/poudres-index.htm>
- 171- Viscosity dependence of the behaviour of a heavy sphere in a cavity filled with liquid and subject to rotary vibration
 A.F. Kuzaev, A.A. Ivanova and P. Evesque
 Proc. 30 International Summer School "Advanced Problems in Mechanic (APM'2002)". St.Petersburg (Repino), Russia.
- 172- Quelques aspects de la dynamique des milieux granulaires
 P. Evesque

- Poudres & Grains* **13** (4), 40-73 (Novembre 2002) ISSN 1257-3957, <http://prunier.mss.ecp.fr/poudres&grains/poudres-index.htm>
- 173- Stress fluctuations and macroscopic stick-slip in granular materials
P. Evesque, F. Adjémian
Eur. Phys. J. E **9**, 253-259 (2002) DOI: 10.1140/epje/i2002-10082-4
- 174- Experimental study of convection in rectangular cavity subject to nontranslational vibration
N.V. Selin, V.G. Kozlov, P. Evesque ,
in Proc. 30 Summer School "Advanced Problems in Mechanics (APM'2002)". Russia, St. Petersburg (Repino), 2002. St. Petersburg: IPME RAS, 2002. P. .
- 175- Snapshots on Some Granular States of Matter: Billiard, Gas, Clustering, Liquid, Plastic, Solid
P. Evesque
In *GRANULAR MATERIALS: fundamentals and applications*. pp. 29-62 (Ed by S. Antony, ed. Royal Society of Chemistry, 15 FEB 2004), 99.95 €,IS(01): 0854045864 .
- 176- Dispositif de vibration de systèmes hétérogènes pour des expériences en vol parabolique
F. Palencia, C. Lecoutre, Y. Garrabos, P. Evesque & D. Beysens
FuturVIEW 2003, Futuroscope Poitiers (11-12 juin 2003)
- 177- Different regimes of stick-slip in granular matter : from quasi periodicity to randomness
F. Adjemeian & P. Evesque
In *Quasistatic deformations of particulate materials*, (K. Bagi ed., publishing company of BUTE, Budapest, 2003), pp. 5-13; proceedings of the QuaDPM'03, Budapest Hungary, 22-25 August 2003, pp 5-13; ISBN 963 420 748 0
- 178- Acoustic speckle and diffusion as a probe of contact distribution
F. Adjemian, P. Evesque & X. Jia
In *Quasistatic deformations of particulate materials*, (K. Bagi ed., publishing company of BUTE, Budapest, 2003), pp. 15; proceedings of the QuaDPM'03, Budapest Hungary, 22-25 August 2003, pp. 15; ISBN 963 420 748 0
- 179- Different regimes of stick-slip in granular matter : from quasi periodicity to randomness
F. Adjemeian & P. Evesque
Book of abstracts of the 5th Euromech solid mechanics conference, ESMC-5, Thessaloniki, Grece, 17-22 August 2003; p. 329
- 180- Dynamics of size-segregation and mixing of granular materials in a 3d-blender by NMR Imaging
P. Porion, N. Sommier, A.M. Faugère & P. Evesque
Powder Technology **141**, 55-68, (2004)
- 181- Experimental study of stick-slip behaviour,
F. Adjémian & P. Evesque
International Journal for Numerical and Analytical methods in geomechanics [Int. J. Numer. Anal. Meth. Geomech.] **28**, 501-530 (2004) 10:1002/nag350
- 182- Granular matter sedimentation in tilted channel filled with liquid and subject to longitudinal vibration
V.G. Kozlov, A.V. Chigrakov, A.A. Ivanova & P. Evesque
Convective Flows..., (*Конвективные течения...*), 2003 ; pp. 215-226, (2003), (ed. Perm state teacher training Un.)
- 183- Erratum on "Stress fluctuations in granular matter: Normal vs. seismic regimes in uniaxial compression test"
(P&G 13,4 (2002))
F. Adjémian & P. Evesque
Poudres & Grains **14** (1), pp. 4-7, (2004), ISSN 1257-3957,
<http://www.mssmat.ecp.fr/sols/Poudres&Grains/poudres-index.htm>
- 184- Limits of Isotropic plastic deformation of Bangkok clay
P. Evesque
Poudres & Grains **14** (1), pp. 1-3, (2004), ISSN 1257-3957,
<http://www.mssmat.ecp.fr/sols/Poudres&Grains/poudres-index.htm>
- 185- Vibrational phenomena in near critical fluids and granular media
D. Beysens & P. Evesque
Rapport Web du topical team ESA pour For ESF-ESSC-ESA initiative "Future of ESA-ELIPS and ISS utilisation",
And In "Topical Teams in the Life & physical Sciences, Towards new research applications in space" , SP 1281, ESA publication division, co ESTEC, PO Box 299, 2200 Noordwijk, The Netherlands (2005)
- 186- New corner stones in dissipative granular gases: On some theoretical implication of Liouville's Equation in the physics of loose granular dissipative gas.
P. Evesque
Poudres & Grains **14** (2), pp. 8-53, (2004), ISSN 1257-3957,
<http://www.mssmat.ecp.fr/sols/Poudres&Grains/poudres-index.htm>
- 187- On dense granular flows

- GDR MiDi,
Eur. Phys. J. E 14 , 341-365 (2004)
- 188- Dissipation and statistical mechanics of granular gas: General framework and 1-ball case
P. Evesque
ICCS-#310 (Boston-May 16-21,2004); <http://necsi.org/events/iccs/openconf/author/papers/f310.pdf>
In "Unifying Themes in Complex Systems, Volume 5". (Springer Complexity ed. , USA, 2008);
Fifth International Conference on Complex Systems (ICCS04)
- 189- Granular gas in weightlessness: the limit case of very low densities of non interacting spheres
P. Evesque, F. Palencia, C. Lecoutre-Chabot, D. Beysens and Y. Garrabos
ISPS 2004 (Toronto- 23-27 may 2004);
Microgravity sci. technol. XVI-1, 280-284 (2005)
- 190- Dynamics of Phase Transition in H₂ Under High Frequency Vibrations
D. Beysens, D. Chatain, P. Evesque, Y. Garrabos,
ISPS 2004 (Toronto- 23-27 may 2004);
Microgravity sci. technol. XVI-1, 274-278 (2005)
- 191- Convection and motion in 2d embankments under cyclic boundary conditions
P. Evesque
Poudres & Grains **14** (3), pp. 54-80, (sept. 2004), ISSN 1257-3957,
<http://www.mssmat.ecp.fr/sols/Poudres&Grains/poudres-index.htm>
- 192- Distribution of contact forces in a homogeneous granular material of identical spheres under triaxial compression
P. Evesque
Poudres & Grains **14** (3), pp. 82-95, (décembre 2004), ISSN 1257-3957
- 193- On the role of Boundary Condition on the Speed- & Impact- Distributions in Dissipative Granular Gases in Knudsen Regime Excited by Vibration:
P. Evesque
Poudres & Grains **15** (1), pp. 1-16, (février 2005), ISSN 1257-3957
- 194- Feed-back: remark on 1g vs. 0g behaviour of granular gas: comment on P&G15 (1) 1-16
P. Evesque
Poudres & Grains **15** (2), p.17, (1^{er} Mars 2005), ISSN 1257-3957
- 195- Is Dissipative Granular Gas in Knudsen Regime Excited by Vibration Biphasic ?
P. Evesque
Poudres & Grains **15** (2), pp.18-34, (1^{er} Mars 2005), ISSN 1257-3957
- 196- Granular dissipative gas in weightlessness: the ultimate case of very low densities and how to measure accurately restitution coefficient and its dependence on speed
Y. Garrabos, D. Beysens, F. Palencia, C. Lecoutre & P. Evesque
Powders & Grains 2005, Stuttgart, July 18-22, 2005, in *Powders & Grains 2005*, (Garcia-Rojo, Herrmann, McNamara ed., Balkema 2005), pp. 1113-1117
- 197- Dilute dissipative granular gas in Knudsen regime and in micro-gravity: evidence for a “velostat” as boundary conditions
P. Evesque, Y. Garrabos, C. Lecoutre, F. Palencia, and D. Beysens
Powders & Grains 2005, Stuttgart, July 18-22, 2005, in *Powders & Grains 2005*, (Garcia-Rojo, Herrmann, McNamara ed., Balkema 2005), pp. 1107-1111
- 198- A model of dissipative granular gas: the ultimate case of complete inelasticity of grain-grain collision
P. Evesque
Powders & Grains 2005, Stuttgart, July 18-22, 2005, in *Powders & Grains 2005*, (Garcia-Rojo, Herrmann, McNamara ed., Balkema 2005), pp. 1131-1134
- 199- Ultrasonic experiment coupled with triaxial test for micro-seismicity detection in granular media
F. Adjémian, P. Evesque & X. Jia
Powders & Grains 2005, Stuttgart, July 18-22, 2005, in *Powders & Grains 2005*, (Garcia-Rojo, Herrmann, McNamara ed., Balkema 2005), pp. 281-285
- 200- Role of material-property fluctuations on the failure in the numerical biaxial tests
K. Hamadi, A. Modaresi, P. Evesque & F. Darve
Powders & Grains 2005, Stuttgart, July 18-22, 2005, in *Powders & Grains 2005*, (Garcia-Rojo, Herrmann, McNamara ed., Balkema 2005), pp. 455-459
- 201- High-frequency driven capillary flows speed up the gas-liquid phase transition in zero-gravity conditions
D. Beysens, D. Chatain, P. Evesque & Y. Garrabos
Phys. Rev. Lett. **95**, 034502 (2005) (20/5/2005, LN8973)
- 202- Collision statistics in a dilute granular gas fluidized by vibrations in low gravity
E. Falcon, P. Evesque, F. Palencia, C. Lecoutre-Chabot, S. Fauve, D. Beysens & Y. Garrabos
Europhys. Lett **74**, 830- (2006)
- 203- Coherent behavior of balls in a vibrated box
Y. Garrabos, P. Evesque, F. Palencia, C. Lecoutre & D. Beysens

ArXive: **cond-mat/0611613**

- 204- Vibrational phenomena in near-critical fluids and granular matter
D. Beysens & P. Evesque,
In “*Topical Teams in the Life & physical Sciences, Towards new research applications in space*”;
SP 1281, ESA publication division, co ESTEC, PO Box 299, 2200 Noordwijk, The Netherlands
- 205- Microgravity experiments on vibrated granular gas in dilute regime: non classic statistics
M. Leconte, Y. Garrabos, E. Falcon, C. Lecoutre-Chabot, F. Palencia, P. Evesque, D. Beysens
Journal of Statistical Mechanics: Theory and experiment, P07012 (2006)
- 206- Compaction behaviour and new predictive approach to the compressibility of binary mixtures of pharmaceutical excipients
V. Busignies, B. Leclerc, P. Porion, P. Evesque, G. Couarraze and P. Tchoreloff
Eur. J. Pharm. Biopharm., **64** (2006) 66-74
- 207- Investigation and modelling approach of the mechanical properties of compacts made with binary mixtures of pharmaceutical excipients.
V. Busignies, B. Leclerc, P. Porion, P. Evesque, G. Couarraze and P. Tchoreloff
Eur. J. Pharm. Biopharm., **64** (2006) 51-65
- 208- Potential of X-ray microtomography to detect localized variations of density in cylindrical tablets
V. Busignies, B. Leclerc, P. Porion, P. Evesque, G. Couarraze and P. Tchoreloff
Eur. J. Pharm. Biopharm., **64** (2006) 38-50
- 209- Inelastic ball-plane impact: An accurate way to measure the normal restitution coefficient
M. Leconte, Y. Garrabos, F. Palencia, C. Lecoutre, P. Evesque, D. Beysens
Appl. Phys. Lett. **89**, 243518 (2006)
- 210- Maxwell demon in Granular gas: a new kind of bifurcation? The hypercritical bifurcation
M. Leconte, P. Evesque, ,
ArXive: physics/0609204 ; *Phys. Rev. E*, Submitted to (Oct 2006);
- 211- Block stratification of sedimenting granular matter in a vessel due to vertical vibration
V.G. Kozlov, A.A Ivanova & P. Evesque
FDMP (Fluid dynamics & Material processing) **2**, no.3, pp.203-210, (2006); doi:
10.3970/fdmp.2006.002.203
- 212- How one can make the bifurcation of Maxwell’s demon in Granular Gas Hyper-Critical
P. Evesque
Poudres & Grains **16** (1) 1-13 (2007)
- 213- Application of percolation model to the tensile strength and the reduced modulus of elasticity of three compacted pharmaceutical excipients
V. Busignies, B. Leclerc, P. Porion, P. Evesque, G. Couarraze & P. Tchoreloff
Europ. J. Pharm. Biopharm. **67**.507-514 (2007) , doi:10.1016/j.ejpb.2007.02.005
- 214- Nucleation and growth of a bubble pattern under vibrations in weightlessness.
D. Beysens , D. Chatain, P. Evesque , Y. Garrabos
Europhys. Lett. **82**, 3 (2008) 36003
- 215- Velocity distribution of vibration-driven granular gas in Knudsen regime
M. Hou, R. Liu, G. Zhai, Z. Sun, K. Lu , Y. Garrabos and P. Evesque
Microgravity Sci. & Technol. **20**, 73_80 (2008) or *MST* **20**,73-80 (2008) (#60008)
- 216- On the complexity/criticality of Jamming during the discharge of granular matter from a silo
P. Evesque
Poudres & Grains **16** (2) 14-22 (2007)
- 217- Cyclic Maxwell Demon in granular gas using 2 kinds of spheres with different masses
P. Evesque
Poudres & Grains **16** (2) 23-37 (2007)
- 218- Boundary conditions and the dynamics of dissipative granular gas: slightly dense case
P. Evesque
Poudres & Grains **16** (3) 38-62 (2007)
- 219- Reeding notes on two interesting works (F.Lechenault’s thesis and M. Wyart’s thesis)
P. Evesque
Poudres & Grains **16** (4) 63-66 (2007)
- 220- Granular medium in microgravity
M. Hou & P. Evesque
In *Advances in Microgravity Sciences* , edited W.R. Hu research Signpost (Research Signpost, Transworld Research Network, Kerala, India, 2009), pp123-144
- 221- New application of PGSE-NMR technique to characterize the porous structure of pharmaceutical tablets
V. Busignies, P. Porion, B. Leclerc, P. Evesque and P. Tchoreloff
European Journal of Pharmaceutics and biopharmaceutics (*Eur. J. Pharm. Biopharm.*) **69**, 1160–1170 (2008).

~~222- Current trends on the mechanics of granular matter excited by vibrations in microgravity.~~

~~P. Evesque, D. Beysens, Y. Garrabos, F. Palencia, C. Lecoutre~~

~~Submitted to MicroGravity Sc. Technol. (Oct. 2007) refusé~~

- 223- Scientific goals of the topical team on Vibration in granular media
P. Evesque , A. Garcimartin, D. Maza Ozcodi, N. Vandewalle, Y. Garrabos, C. Lecoutre, D. Beysens, X. Jia, M. Hou ; (JASMA);
J. Jpn SocMicrogravity Appl. **25**, 447-452 (ou 623-628) (2008); In ISPS 2007, (22-26 Oct. 2007)
Nara, Japan;
- 224- Shake , rattle and roll: using vibrations as gravity
D. Beysens, P. Evesque & Y. Garrabos
In Looking up Europe's quiet revolution in microgravity research, Published by *Scientific American*
(01-2008) pp. 74-80
- 225- Film : Vibrations et milieux granulaires sur terre et en apesanteur, Film 22mn, éditeur : Palais de la
Découverte (Février 2008), un chercheur-une manip Février Avril 2008
- 226- Film : Vibrations et écoulements granulaires, Pierre Evesque, Film (9mn) éditeur : Service Audiovisuel ECP
(Février 2008)
- 227- Film Reportage : Unchercheur une manip . Vibrations et Ecoulements granulaires; éditeur: Service
Audiovisuel ECP (Avril 2008)
- 228- The effect of vibrations on heterogeneous fluids: Some studies in weightlessness [hal-00188171 – version 1]
Beysens D., Chatain D., Garrabos Y., Palencia F., Lecoutre-Chabot C., Evesque P., Nikolayev V.
Acta Astronautica 61, 11-12 (2007) 1002-1009
- 229- Granular matter under microgravity; P. Evesque, Y. Garrabos, A. Garcimartin, N. Vandewalle, D. Beysens;
Europhys. News **39** (n°4), 28-29, (2008); **Doi** 10.1051/epn:2008403
- 230- Effect of aging on the reinforcement efficiency of carbon nanotubes in epoxy matrix";
A. Allaoui, P. Evesque, J. B. Bai;
J Mater Sci. DOI 10.1007/s10853-008-2728-5 (2008)
- 231- Granular matter Dynamics : effect of grain-grain collisions ;
P. Evesque; in Report to COSPAR 2008 (13-20July 2008), 94-95 (2008)
- 232- Optical cells for the study of water prperties near its liquid-gas critical point;
Y. Garrabos, C. Lecoutre, F.Palencia, D. Beysens, V. Nikolayev & P. Evesque
J. Jpn SocMicrogravity Appl. **25**, 103-106 (ou 279-283) (2008); In ISPS 2007, (22-26 Oct. 2007)
Nara, Japan;
- 233- On the need of writing correct boundary conditions in granular gases in microgravity
P. Evesque^{1†}, D. Beysens², Y. Garrabos³, F. Palencia³, C. Lecoutre³
In proceeding of the Workshop on granular physics and complex fluids , Pékin Sept 5-10, 2008,
IOP, CAS)
- 234- Phase transition under forced vibrations in critical CO₂
D. Beysens, Y. Garrabos, D. Chatain & P. Evesque
EuroPhysics Letters **86** No 1 (April 2009) 16003 (6pp); doi: [10.1209/0295-5075/86/16003](https://doi.org/10.1209/0295-5075/86/16003)
- 235- 2d Granular Gas in Knudsen Regime and in Microgravity Excited by Vibration: Velocity and Position
Distributions,
M. Hou, R. Liu, Y. Li, K. Lu , Y. Garrabos and P. Evesque ; in *Powders & Grains 2009*, (Golden,
Denver, Colorado, 13-17 July 2009) , ed. M. Nakagawa & S. Luding, (AIP conference proceedings,
1145, New York, 2009), pp. 67-70
- 236- Mechanical properties of compacts made with binary mixtures of pharmaceutical excipients of three different
kinds,
V. Busignies, P. Evesque, P. Porion, B. Leclerc and P. Tchoreloff; in *Powders & Grains 2009*,
(Golden, Denver, Colorado, 13-17 July 2009) , ed. M. Nakagawa & S. Luding, (AIP conference
proceedings, 1145, New York, 2009), pp. 240-243
- 237- Porous Structure of Pharmaceutical Tablets Studied Using PGSTE-NMR Technique,
P. Porion, P. Tchoreloff, V. Busignies, B. Leclerc and P. Evesque, in *Powders & Grains 2009*,
(Golden, Denver, Colorado, 13-17 July 2009) , ed. M. Nakagawa & S. Luding, (AIP conference
proceedings, 1145, New York, 2009) , pp. 453-457
- 238- Can percolation model describe the evolution of mechanical properties of compacts of binary systems? ,
P. Evesque, V. Busignies†, P. Tchoreloff, B. Leclerc and P. Porion in *Powders & Grains 2009*,
(Golden, Denver, Colorado, 13-17 July 2009) , ed. M. Nakagawa & S. Luding, (AIP conference
proceedings, 1145, New York, 2009) pp. 251-253
- 239- Electronic transport in carbon nanotube tangles under compression: the role of contact resistance,
Aïssa Allaoui, Suong V. Hoa, Pierre Evesque, JinBo Bai
Scripta Materialia **61** 628-631 (May 2009)
- 240- On the compressive response of carbon nanotube tangles
Aïssa Allaoui , Staffan Toll , Pierre Evesque , JinBo Bai

Physics Letters A **373** 3169-3173, (July 2009)

- 241- Simulation of 3d granular dissipative gas under different kinds of excitations & with different number of balls
N. Result N_z distribution as a function of z , for different $e= 0.7$ to 0.9 and bi-parabolic excitation:
R. Liu, M. Hou, P. Evesque
Poudres & Grains **17** (1) 1-31 (2009)
- 242- Simulation of 3d granular dissipative gas under different kinds of excitations & with different number of balls
N. Result 2: N_z distribution as a function of z , for different $e= 0.7$ to 0.9 and saw-tooth excitation:
R. Liu, M. Hou, P. Evesque
Poudres & Grains **17** (2) 32-63 (2009)
- 243- Simulation of 3d granular dissipative gas under different kinds of excitations & with different number of balls
N. Result 3: V_z distribution as a function of z , for different $e= 0.7$ to 0.9 and bi-parabolic excitation:
R. Liu, M. Hou, P. Evesque
Poudres & Grains **17** (3) 64-95 (2009)
- 244- Simulation of 3d granular dissipative gas under different kinds of excitations & with different number of balls
N. Result 4: V_z distribution as a function of z , for different $e= 0.7$ to 0.9 and saw-tooth excitation:
R. Liu, M. Hou, P. Evesque
Poudres & Grains **17** (4) 96-127 (2009)
- 245- Simulation of 3d granular dissipative gas under different kinds of excitations & with different number of balls
N. Result 5: V_x distribution as a function of z , for different $e= 0.7$ to 0.9 and bi-parabolic excitation:
R. Liu, M. Hou, P. Evesque
Poudres & Grains **17** (5) 129-159 (2009)
- 246- Simulation of 3d granular dissipative gas under different kinds of excitations & with different number of balls
N. Result 6: V_x bin as a function of z , for different $e= 0.7$ to 0.9 and saw-tooth excitation:
R. Liu, M. Hou, P. Evesque
Poudres & Grains **17** (6) 161-191 (2009)
- 247- Simulation of 3d granular dissipative gas under different kinds of excitations & with different number of balls
N. Result 7: V_z mean as a function of z , for different $e= 0.7$ to 0.9 and bi-parabolic excitation:
R. Liu, M. Hou, P. Evesque
Poudres & Grains **17** (7) 193-223 (2009)
- 248- Simulation of 3d granular dissipative gas under different kinds of excitations & with different number of balls
N. Result 8: V_z mean as a function of z , for different $e= 0.7$ to 0.9 and saw-tooth excitation:
R. Liu, M. Hou, P. Evesque
Poudres & Grains **17** (8) 225-255 (2009)
- 249- Simulation of 3d granular dissipative gas under different kinds of excitations & with different number of balls
N. Result 9: V_z sum as a function of z , for different $e= 0.7$ to 0.9 and bi-parabolic excitation:
R. Liu, M. Hou, P. Evesque
Poudres & Grains **17** (9) 257-287 (2009)
- 250- Simulation of 3d granular dissipative gas under different kinds of excitations & with different number of balls
N. Result 10 : V_z sum as a function of z , for different $e= 0.7$ to 0.9 and saw-tooth excitation:
R. Liu, M. Hou, P. Evesque
Poudres & Grains **17** (10) 287-317 (2009)
- 251- Simulation of 3d granular dissipative gas under different kinds of excitations & with different number of balls
N. Result 11: V_z^2 mean as a function of z , for different $e= 0.7$ to 0.9 and bi-parabolic excitation:
R. Liu, M. Hou, P. Evesque
Poudres & Grains **17** (11) 321-351 (2009)
- 252- Simulation of 3d granular dissipative gas under different kinds of excitations & with different number of balls
N. Result 12: V_z^2 mean as a function of z , for different $e= 0.7$ to 0.9 and saw-tooth excitation:
R. Liu, M. Hou, P. Evesque
Poudres & Grains **17** (12) 353-383 (2009)
- 253- Simulation of 3d granular dissipative gas under different kinds of excitations & with different number of balls
N. Result 13: V_z^2 sum as a function of z , for different $e= 0.7$ to 0.9 and bi-parabolic excitation:
R. Liu, M. Hou, P. Evesque
Poudres & Grains **17** (13) 385-415 (2009)
- 254- Simulation of 3d granular dissipative gas under different kinds of excitations & with different number of balls
N. Result 14: V_z^2 sum as a function of z , for different $e= 0.7$ to 0.9 and saw-tooth excitation:
R. Liu, M. Hou, P. Evesque
Poudres & Grains **17** (14) 417-447 (2009)
- 255- Simulation of 3d granular dissipative gas under different kinds of excitations & with different number of balls
N. Result 15: V_x bin and V_z bin as 2 functions of z , for different $e= 0.7$ to 0.9 and thermal excitation:
R. Liu, M. Hou, P. Evesque
Poudres & Grains **17** (15) 449-479 (2009)

- 256- Simulation of 3d granular dissipative gas under different kinds of excitations & with different number of balls
N. Result 16: V_z mean and V_z sum as functions of z , for different $e= 0.7$ to 0.9 and thermal excitation:
R. Liu, M. Hou, P. Evesque
Poudres & Grains **17** (16) 481-511 (2009)
- 257- Simulation of 3d granular dissipative gas under different kinds of excitations & with different number of balls
N. Result 17: V_z^2 mean and V_z^2 sum as functions of z , for different $e= 0.7$ to 0.9 and thermal excitation:
R. Liu, M. Hou, P. Evesque
Poudres & Grains **17** (17) 513-543 (2009)
- 258- Simulation of 3d granular dissipative gas under different kinds of excitations & with different number of balls
N. Result 18: N_z distribution as a function of z , for different $e= 0.7$ to 0.9 and thermal excitation:
R. Liu, M. Hou, P. Evesque
Poudres & Grains **17** (18) 545-561 (2009)
- 259- Evidence for speed-symmetry breaking in steady state of dissipative granular gas in 0g, i.e. Oral Presentation at
Powders & Grains 2009 (Golden, USA):
P. Evesque, R. Liu & M. Hou
Poudres & Grains **17** (19) 563-576 (2009)
- 260- Microgravité et Gaz Granulaire Dissipatif dans un système vibré : un gaz à vitesse dissymétrique, mais à moyenne nulle:
P. Evesque
Poudres & Grains **17** (20) 577-595 (2009)
- 261-Matériaux granulaires et impesanteur,
P. Evesque,
Centraliens n°599, 58-62 (2010)
- 262- Bei Gebrauch gut Schütteln ! Schwingungen ersetzen die Gravitation; (German translation of “Shake, rattle and roll: using vibrations as gravity”
D. Beysens, P. Evesque und Y. Garrabos
Spektrum Extra der Wissenschaft, pp 96-103 (2010)
- 263- Microgravity and Dissipative Granular Gas in a vibrated container : a gas with an asymmetric speed distribution in the vibration direction, but with a null mean speed everywhere”;
P. Evesque ;
Poudres & Grains **18**, 1-19 (2010)
- 264- Anisotropic Porous Structure of Pharmaceutical Compacts Evaluated by PGSTE-NMR in Relation to Mechanical Property Anisotropy
P. Porion, V. Busignies, V. Mazel, B. Leclerc, P. Evesque & P. Tchoreloff
Pharmaceutical Research DOI 10.1007/s11095-010-0228-1 (10August 2010)
- 265- Granular media under vibration in zero-gravity : transition from rattling to granular gas
P. Evesque, Y. Garrabos, G. Zhai, M. Hou
Poudres & Grains **19**, 1-4 (2011)
- 266- Soleau 1 ; P. Evesque, INPI, # 425038 du 31/08/2011
- 267- Soleau 2 ; P. Evesque, coherent interpretation of data from ISPS 11 poster, INPI, # 425398 du 05/09/2011
- 268- Soleau 3; P.Evesque, non hydrodynamics behaviour., INPI du 15/9/2011
- 269- Directed clustering in driven compartmentalized granular gas systems in zero gravity
Y. Li, M. Hou, P. Evesque
In ISPS 2011, Bonn, Germany, 11-15/7/2011) (accepté , 9/2011) ; Journal of Physics: Conference Series 327 (2011) 012034; doi:10.1088/1742-6596/327/1/012034
- 270- 2d dense vibro-fluidized granular matter in micro-gravity: macroscopic (quite long range) boundary effect in granular gas
Yanpei Chen, P. Evesque, M. Hou, C. Lecoutre, F.Palencia and Y. Garrabos
J. of Physics: Conference Series **327** (2011) 012033 doi:10.1088/1742-6596/327/1/012033 In ISPS 2011, Bonn, Germany, (11-15/7/2011) (accepté , 10/2011)
- 271- Granular media under vibration in zero-gravity : transition from rattling to granular gas ;
P. Evesque, Y. Garrabos, G. Zhai, M. Hou ;,
Poudres & Grains **19**, 1-4 (2011)
- 272 – 3d simulations of granular gas in a vibrating box: demonstration of a large boundary effect due to dissipation by collisions which is not propagative shock wave. (IAC-11.A2.1.3)
P. Evesque, R. Liu, Y. Chen., M. Hou
International Astronautical Congress, IAC 2011, 3-7 October 2011, Cape Town ICC, South Africa (published in proceedings, but not presented there)
- 273- Commentaires sur *Poudres & Grains* 17(20)-577-596 (2009) : Microgravité et Gaz Granulaire Dissipatif dans un système vibré : un gaz à vitesse dissymétrique, mais à moyenne nulle
Referee & P.Evesque

- Poudres & Grains 19, 5-11 (2011)
- 274- On the Editorial Policy in Science : Quelques problèmes « censurés » de « micro-nano » fluidique granulaire en micro gravité
P.Evesque
Poudres & Grains 19, 11-16 (2011)
- 275- Reading notes on : “Les milieux granulaires ; Entre fluide et solide” by B.Andreotti, Y. Forterre et O. Pouliquen
P.Evesque
Poudres & Grains 19, 17-18 (2011)
- 276- Témoignage n° 1 de P. Evesque (tomes 1) sur les revues à comité de lecture
Evesque P.,
Annexe au procès-verbal du conseil du laboratoire MSSMat du 23 Juin 2011.
- 277- Témoignage n° 2 de P. Evesque (tome 2) sur les actions en faveur de Poudres & Grains et sur un essai de faire respecter la déontologie scientifique;
Evesque P.,
Annexe au procès-verbal du conseil du laboratoire MSSMat des 16 Décembre 2011.
- 278- Témoignage n° 3 de P. Evesque (tome 3) sur les revues à comité de lecture et sur l'impossibilité de faire respecter la déontologie scientifique;
Evesque P.,
Annexe au procès-verbal des conseils du laboratoire MSSMat du 13 Mars 2012.
- 279- Dialogue of the deaf : « Hydrodynamics » with dissipation. Towards mixing or demixing ?
P. Evesque
Poudres & Grains 20, 1 (2012) , *envoyé le 5/6/2012*
- 280- Breakdown of Energy Equipartition in Vibro-Fluidized Granular Media in Micro-Gravity
YP. Chen, P.Evesque, M.Hou
Chin. Phys. Lett.. **29**, (N°7) 074501, (2012)
- 281- Témoignage n° 4 de P. Evesque (tome 4) sur le peer reviewing et sur Poudres & Grains
Evesque P.,
Annexe au procès-verbal du conseil du laboratoire MSSMat du 3 Sept. 2012.
- 282- Reading notes: Discussions on 5 works and on 1 opinion,
P. Evesque;
Poudres & Grains 20, 37-51 (2012),
- 283- Is studying vibrated granular gas a way to study partial mixing or partial demixing ?
P.Evesque, GDR MFA, Porticcio, Corse (9-12 Oct. 2012)
- 284.a A mes pairs : Gaz granulaire et 2nd Principe de thermodynamique: un gaz "dur", un gaz de combat, un gaz de débat manqué ,
P. Evesque;
Poudres & Grains 20, 52-67 (v1) (2012); pages 52-69 52-69 (version révisée janvier 2013)
- 284.b To my peers. Granular gas and the 2nd principle of thermodynamics
P. Evesque;
Poudres & Grains **21**, 1-19 (2013);
- 285- Evidence for a new force in dissipative system derived from Boltzmann equation; Consequence for the mechanics of the material point, experimental evidences and possible applications
P. Evesque;
Powders & Grains2013, accepted (SydneyAustralia, 8-12 July 2013);
- 286- Asymmetric Velocity Distribution in Boundary-Heating Granular Gas and a Hydrodynamic Description
Yanpei Chen, Meiyng Hou, Pierre Evesque, Yimin Jiang & Mario Liu;
Powders & Grains2013, accepted (SydneyAustralia, 8-12 July 2013);
- 287- Imperfect pitchfork bifurcation in asymmetric two-compartment granular gas
Zhang Yin (张因)a), Li Yin-Chang (李寅闯)a), Liu Rui(刘锐)a), Cui Fei-Fei (崔非非)b), Pierre Evesque, & Hou Mei-Ying (厚美瑛)
Chin. Phys. B **22**, No. 5 (2013) 054701
- 288- Irregular Oscillation of Bi-disperse Granular Gas in Cyclic Three Compartments,
Shah SH, LI YC, Cui FF, Zhang Q, Evesque P., Hou MY.,
Chinese Physics Letters,
29, Issue 3, 034501, MAR 2012
- 289- Reading notes: Discussions on 5 works and on 1 opinion,
P. Evesque, 2012,
Poudres & Grains **20**, 37-51 (2012),
- 290: **Refus :**
- 290a- Refus du CNRS de laisse P. Evesque aller à Ecole d'été KITP Beijing sur les granulaires, 1mois (Juin 2013), conférence invitée et participation ajournée par le CNRS pour « mise en congé longue durée d'office » désavouée par le Tribunal Administratif.

- 290b- Refus du CNRS de laisser PE aller à la thèse de YP.Chen et de participer au jury de thèse de YP Chen. (Avril 2014, CNES) contre son désaccord. Suite à la « mise en congé longue durée d'office » désavouée par le Tribunal Administratif (juillet 2014).
- 290c : Refus du CNRS de laisser PE aller à toute conférence et Ecole de formation permanente pendant sa « mise en congé longue durée d'office » désavouée par le Tribunal Administratif (juillet 2014).
- 290d : Refus du CNRS de laisser PE participer à l'examen de son unité par l'AERES en janvier-Février 2014, que ce soit par écrit (rapport) et assister au débat ; j'ai du user de ruse pour qu'on m'écoute à part, hors présence du personnel du laboratoire.
- 291- Asymmetric local velocity distribution in a driven granular gas
YP Chen, M.Hou, P.Evesque,
paru dans Eng. Computation (2015)
- 292- 1^{er} éditorial 2015 dans Poudres et Grains en anglais: « I am Charlie », leitmotiv of these days.
P. Evesque, 2015,
Poudres & Grains **22**, 1-3- (2015),
- 293- 1^{er} éditorial 2015 dans Poudres et Grains en français: « Je suis Charlie », leitmotiv de ces derniers jours.
P. Evesque, 2015,
Poudres & Grains **22**, 4-9- (2015),
- 294- 2^{ème} éditorial 2015 dans Poudres et Grains en français : Pourquoi Je suis "Charlie"
P. Evesque, 2015,
Poudres & Grains **22**, 10-12 (2015),
- 295- 2^{ème} éditorial 2015 dans Poudres et Grains traduction en anglais : Why I am "Charlie"
P. Evesque, 2015,
Poudres & Grains **22**, 13-15 (2015),
- 296- Méthode expérimentale d'Etude de la compression des grains et des poudres en condition presque oedométrique par mesure photo-élastique des contraintes dans le cylindre de confinement
F. Douit, P. Evesque, 2015,
Poudres & Grains **22**, 16-91 (2015)
Dissertation de stage pour l'obtention du titre d'Ingénieur de recherche CNAM (15 juin 2015)
- 297- Rédaction du Blog [blog « defense-pierre-evesque »](http://defense-pierre-evesque.over-blog.com/) qui contient les principales pièces, requêtes, mémoires, plaintes judiciaires au TA, à la CAA et au TGI., en libre Accès à <http://defense-pierre-evesque.over-blog.com/>

LISTE GENERALE CHRONOLOGIQUE
des Publications ORALES de Pierre Evesque

4) Actes de congrès avec referees:

- car1- Optical techniques and experimental investigation of diffusion processes in disordered media. ³¹
P. Evesque & A.C. Boccara
Cours à l'International School of atomic and molecular spectroscopy,
(15-29 juin 1989) VIIIth course: *Disordered solids: structure and processes*,
pp 265-280, édité par B. Di Bartolo, Plenum Press, New York (1989), (tome 46)
conférence invitée
- car2- Statistics of glass sphere avalanches in a partly filled rotating cylinder. ³⁴
P. Evesque & J. Rajchenbach
dans *Powders and grains*, édité par Biarez & Gourvès, Balkéma, Rotterdam,
(1989), pp. 217-224
- car3- Four-wave mixing for studying ultrafast radiationless processes. ⁴⁵
P. Evesque
IX^{ème} Cours à l'International School of atomic and molecular spectroscopy,
Erice, (15-29 juin 1989), pp. 497-527, dans *Advances in Nonradiative Processes in Solids*, édité par B. di Bartolo, NATO ASI Series, Series B: Physics vol. 249,
Plenum press (New York, 1991)
conférence invitée
- car4- Analogy between the groundstate of an antiferromagnet and the mode of quasi-static deformation of a packing of spheres ⁵²
P. Evesque
dans *Material theory and modelling*, pp. 97-102,
ed. by P.D. Bristowe, J. Broughton & J.M. Newsam,
MRS press **291**, New York (1993)
- car5- Relationship between dilatancy, stresses and plastic dissipation in granular material with rigid grains ⁵³
P. Evesque et C. Stéfani
dans *Material theory and modelling*, pp. 473-478,
ed. by P.D. Bristowe, J. Broughton & J.M. Newsam,
MRS press **291**, New York (1993)
- car6- A dynamical system theory of large deformations and patterns in non cohesive solids ⁵⁴
P. Evesque & D. Sornette
dans *Material theory and modelling*, pp. 449-454,
ed. by P.D. Bristowe, J. Broughton & J.M. Newsam,
MRS press **291**, New York (1993)
- car7- Evidence of local "seisms", of microscopic and macroscopic stress fluctuations during the deformation of a packing of grains ⁵⁶
W. Meftah, P. Evesque, J. Biarez, D. Sornette & N.-E. Abriak
in *Powder & Grains 93*, ed. by C. Thornton, (Balkéma, Rotterdam, 1993), pp. 173-178
- car8- Density is a controlling parameter of sandpile avalanches ⁵⁷
P. Porion & P. Evesque
in *Powder & Grains 93*, ed. by C. Thornton, (Balkéma, Rotterdam Birmingham, 1993), pp. 327-332
- car9- Analyse statistique des microdéformations des matériaux granulaires ⁵⁹
F. Radjai & P. Evesque
Actes du 11^{ème} congrès français de Mécanique, Lille-Villeneuve d'Ascq, 6-10 Septembre 1993, pp. 449-452
- car10- Les Avalanches de Matériau granulaire: Effets de la Densité et de la Cohésion ⁶⁰
P. Porion, P. Evesque & G. Joly

Actes du 11^{ème} congrès français de Mécanique, Lille-Villeneuve d'Ascq, 6-10 Septembre 1993, pp 469-472

- car11- Deformations of ordered 2-D packings of grains, Role of Rotation ⁶⁴
W. Meftah, P. Evesque & J. Biarez
in *Proceedings of the 10th Conference of Engineering Mechanics*, (Boulder, Colorado, USA, 21-24 Mai 1995), ed. American Society of Civil Engineering, New-York, (1995), pp. 1284-87,
- car12- Visualisation du champ de déformation plane par caméra numérique ⁶⁵
W. Meftah, J. Biarez, P. Evesque & R. Hagege
Actes du 2^{ème} congrès de mécanique du Maroc, Casablanca 10-13 avril 1995, MAROC; p. 373 tome 2
- car13- Physics of sandpile and avalanches ⁶⁸
P. Evesque & P. Porion
in *Fragmentation phenomena*, édité par D. Beysens, X. Campi & E. Pefferkorn, Les Houches series, World Scientist, (1995); pp. 238-249; meeting: Les Houches (12-17 avril 1993)
conférence invitée
- car14- Rotation, convection et diffusion des grains dans un talus soumis à des sollicitations cycliques ⁷¹
P. Evesque
Actes des Journées Géo 95, Aussois, (5-15 déc. 1995)
- car15- La localisation dans les milieux granulaires bi-dimensionnels géométriquement ordonnés ⁷²
W. Meftah, J. Biarez, P. Evesque & G. Lateb
Actes des Journées GEO 95, Aussois, 11-15 Déc. 1995
- car16- Mean dynamics of body in cavity, subject to high frequency pendular vibrations ⁷⁶
V.G. Kozlov, A.A. Ivanova & P. Evesque
in *Proceedings of the 2nd European Symposium on Fluids in Space*, A. Viviani ed, (Naples, 22-26 April 1996).
- car17- Vibrational Dynamics of a granular material saturated by fluids ⁷⁷
P. Evesque, A.A. Ivanova, V.G. Kozlov, D. Lyubimov & B. Roux
In *Proceedings of the 2nd European Symposium on Fluids in Space*, A. Viviani ed, (Naples, 22-26 April 1996).
- car18- La mécanique du sable mouillé ⁷⁸
P. Evesque & Ch. Lanos
in *Des grands écoulements naturels à la dynamique du tas de sable*, (presses du Cemagref, (1997), Atelier "Géosuspension"; Montpellier - La Grande Motte, 4-6 Octobre 1995, pp. 231-252
conférence invitée
- car19- Analogy between granular flows down an inclined channel and the motion of a bead down a bumpy line ⁸⁰
Ch. Ancey & P. Evesque
in *Powders and Grains 97*, pp. 475-78, R.P. Behringer & J.T. Jenkins ed., Balkema, (1997)
- car20- Grain convection and diffusion in 2-D embankment under slow cyclic deformation ⁸¹
P. Evesque
in *Powders and Grains 97*, pp 267-70, R.P. Behringer & J.T. Jenkins ed., Balkema, (1997)
- car21- Sand behaviour in cavity filled with liquid and submitted to horizontal vibrations ⁸²
P. Evesque, A. Ivanova, V. Kozlov, D. Lyubimov, T. Lyubimova & B. Roux
in *Powders and Grains 97*, pp. 401-4, R.P. Behringer & J.T. Jenkins ed., Balkema, (1997)
- car22- Hydrodynamical levitation of heavy solid body in cavity submitted to rotational vibrations ⁸³
V. Kozlov, A. Ivanova & P. Evesque
in *Powders and Grains 97*, pp. 421-24, R.P. Behringer & J.T. Jenkins ed., Balkema, (1997)
- car23- Stress distribution in an inclined pile: Soil mechanics calculation using finite element technique ⁸⁴
P. Evesque & S. Boufellouh
in *Powders and Grains 97*, pp. 295-98, R.P. Behringer & J.T. Jenkins ed., Balkema, (1997)
- car24- Caractérisation de la densité d'un sable au moyen d'un pénétromètre dynamique type PANDA ⁸⁵
M. Hattab et P. Evesque
Actes du 13^{ème} congrès français de mécanique, Poitiers, (1-5 septembre 1997), p. 381-384
- car25- New Saint-Venant formulation with a streamfunction for a mountain stream hydraulics ⁸⁸
P. Alexandre, P. Coussot & P. Evesque
dans *Analyse multiéchelle et systèmes physiques couplés.*, pp. 37-44 Actes du colloque Saint-Venant, 28-29 août 1997, Presses de l'Ecole nationale des Ponts & Chaussées, Paris, (1997)
- car26- Standing relief generation and propagation in cavity filled with liquid and sand and submitted to horizontal

vibrations 90

P. Evesque, A. Ivanova, V. Kozlov, D. Lyubimov, T. Lyubimova and B. Roux
in *Proceedings of the joint Xth European and VIth Russian Symposium on Physical Sciences in Microgravity*, édité à Moscou (Russie) volume 1, (1997), pp. 153-156

- car27- Solid body mean dynamics at large amplitude rotational vibration: experiment⁹¹
A.A. Ivanova, V.G. Kozlov, P. Evesque
in *Proceedings of the joint Xth European and VIth Russian Symposium on Physical Sciences in Microgravity*, édité à Moscou (Russie), volume 1, (1997), pp.266-269
- car28- Granular material dynamics in a modulated force field: experiments⁹³
V.G. Kozlov, A.A. Ivanova, P. Evesque
in *Proceedings of the joint Xth European and VIth Russian Symposium on Physical Sciences in Microgravity*, édité à Moscou (Russie), volume 1, (1997), pp.237-244
- car29- Mixing and segregation in a Turbula mixer studied by MRI¹⁰¹
P. Porion, N. Sommier & P. Evesque
IUTAM Symposium on « Segregation in granular flows », 5-9 june 1999, Cape May, New Jersey, USA ,
In *Solid Mechanics and its application*, vol **81**: IUTAM Symposium on « Segregation in granular flows », A.D. Rosato & D.L. Blackmore (eds), Kluwer Ac. Pub., Dordrecht, (2000), pp. 141-152
- Car30- MRI demonstration of the efficiency of the turbula blender as a separating machine even for quite similar particles¹⁰⁷
P. Porion, N. Sommier & P. Evesque
XXVII summer school « Nonlinear Oscillations in Mechanical Systems »NOMMS 99, Saint Petersburg, Russie, 1-8 sept. 1999, pp. 96-105, (2000)
- Car31- A new simple non linear modelling of the quasi statics mechanics of granular media : previsions and comparisons to experimental data¹⁰⁸
P. Evesque
XXVII summer school « Nonlinear Oscillations in Mechanical Systems »NOMMS 99, Saint Petersburg, Russie, 1-8 sept. 1999, pp. 84-95, (2000)
- Car32- About the mean dynamics of two liquids interface under translational vibration¹⁰⁹
V.G. Kozlov, P. Evesque, A. Ivanova
XXVII summer school « Nonlinear Oscillations in Mechanical Systems »NOMMS 99, Saint Petersburg, Russie, 1-8 sept. 1999, pp. 114-121, (2000)
- Car33- New features of Faraday vibrational effects in sand in viscous liquid¹¹⁰
A.A. Ivanova, V.G. Kozlov, P. Evesque
XXVII summer school « Nonlinear Oscillations in Mechanical Systems »NOMMS 99, Saint Petersburg, Russie, 1-8 sept. 1999, pp. 106-113, (2000)
- Car34- New formulation of the non linear rheology of granular material: simple predictions¹¹¹
P. Evesque
Proceedings of "Dynamics and Control of Mechanical Processing", Technical University of Budapest, (12-13 Nov. 1999), COST P4 ed.
- Car35- Oscillatory Accelerations on Gas-Liquid Systems¹¹²
R. Wunenburger, D. Beysens, C. Lecoutre-Chabot, Y. Garrabos, P. Evesque & S. Fauve
Proceedings of the STAIF 2000, January 2000, Alburque, New Mexico, USA
- Car36- A new simple non linear modelling of the quasi-statics mechanics of granular media: previsions and comparisons to experimental data. ¹²⁵
P. Evesque
In the proceedings of the 4th International scientific technical Conference on "Vibrational Machines and Technologies", Kursk state Technical University, ISBN 5-7681-0045-8, pp. 11-18; (Kursk, Russia, december 1999)
- Car37- Introduction to the Scientific interest in forming a topical team on g-jitter and vibrations ¹²⁶
Pierre Evesque
In proceedings of the Topical team on vibrational phenomena in micro-gravity, ESA HQ, Paris, 16 march 2000 , p. 4
- Car38- Vibration Effects on Heterogeneous Hypercompressible Fluids in Microgravity¹²⁷
D. Beysens, P. Evesque, S. Fauve, E. Falcom, Y. Garrabos, A. Ivanova, V. Kozlov & R. Wunenbuger
In *proceedings of the Topical team on vibrational phenomena in micro-gravity*, ESA HQ, Paris, 16 march 2000 , p. 8
- Car39- Vibrational hydromechanics of heterogeneous medium¹²⁸
A. Ivanova, V. Kozlov, P. Evesque

In *proceedings of the Topical team on vibrational phenomena in micro-gravity*, ESA HQ, Paris, 16 march 2000 , p. 20

- Car40- A simple non linear modelling of the quasi statics of granular media: Previsions and comparisons to experimental data ¹²⁹
P. Evesque
In *Books of abstracts of the 4th Euromech Conference, 2nd volume*, Metz, France, june 26-30th, 2000, p. 588
- Car41- Mixing and Segregation of solids in a turbulence mixer studied by MRI. ¹³⁰
P. Porion, N. Sommier & P. Evesque
In *Books of abstracts of the 4th Euromech Conference, 2nd volume*, Metz, France, june 26-30th, 2000, p. 400
- Car42- Mixing and segregation in Turbula blender¹³¹
N. Sommier, P. Porion & P. Evesque
In *Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 627*, pp. (2000)
- Car43- A new simple non linear modelling of the Quasi-statics of granular medi: predictions, comparisons with experiments¹³²
P. Evesque
In *Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 627*, pp. , (24-28 Avril 2000, San Francisco, Ca, USA)
- Car44- Les lois de la mécanique des sols sont-elles si complexes¹³³
P. Evesque
In Colloque "Physique et Mécanique des Milieux Granulaires", tome 1, Ecole des Ponts & Chaussées, 5-7 sept. 2000 , pp. 91-96 (2000)
- Car45- Etude par IRM du mélange et de la ségrégation de grains dans un mélangeur tridimensionnel¹³⁴
N. Sommier, P. Evesque & P. Porion
In Colloque "Physique et Mécanique des Milieux Granulaires", tome 2, Ecole des Ponts & Chaussées, 5-7 sept. 2000 , pp. 357-362 (2000)
- Car46- Gas-Cluster transition of granular matter under vibration in microgravity ¹³⁵
P. Evesque, E. Falcon, R. Wunenburger, S. Fauve, C. Lecoutre-Chabot, Y. Garrabos & D. Beysens
In "First international Symposium on Microgravity Research & Applications in Physical Science and Biotechnology", 10-15 Sept 2000, Sorrento, Italy, (ESA-SP 454, 829-834, 2001)
- Car47- Experimental study of two-liquid interface under micro-gravity ¹³⁶
P. Evesque, A.A. Ivanova & V.G. Kozlov
In "First international Symposium on Microgravity Research & Applications in Physical Science and Biotechnology", 10-15 Sept 2000, Sorrento, Italy, (ESA-SP 454, 919-924, 2001)
- Car48- Mixing and segregation in Turbula blender¹³¹
N. Sommier, P. Porion & P. Evesque
In *Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 627*, pp. BB5.9.1-6 (2000)
- Car49- A new simple non linear modelling of the Quasi-statics of granular medi: predictions, comparisons with experiments¹³²
P. Evesque
In *Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 627*, pp. BB6.6.1-6, (2000), San Francisco, Ca, USA)
- Car50- Experimental study of two-liquid interface under micro-gravity¹⁴⁷
P. Evesque, A.A. Ivanova & V.G. Kozlov
In "Proceedings of theFirst international Symposium on Microgravity Research & Applications in Physical Science and Biotechnology", Sorrento, Italy, 10-15 Sept 2000, pp. 919-924
- Car51- Gas-cluster transition of granular matter under vibration in microgravity¹⁴⁸
P. Evesque, E. Falcon, R. Wunenburger, S. Fauve, C. Lecoutre-Chabot, Y. Garrabos & D. Beysens
In "Proceedings of theFirst international Symposium on Microgravity Research & Applications in Physical Science and Biotechnology", Sorrento, Italy, 10-15 Sept 2000, pp. 829-834
- Car52- How to use Turbula® mixer as a good blender with dry beads¹⁴⁹
P. Porion, A.M. Faugère, N. Sommier & P.Evesque
In "Powders & Grains 2001", Y. Kishino ed, (Balkema, 2001), pp. 335-339
- Car53- Study of avalanching at a free surface using computer simulation ¹⁵⁰
A. Modaressi & P.Evesque
In "Powders & Grains 2001", Y. Kishino ed, (Balkema, 2001), pp. 483-487
- Car54- A simple modelling of experimental data on compressions of granular media ¹⁵¹
P.Evesque
In "Powders & Grains 2001", Y. Kishino ed, (Balkema, 2001), pp. 233-237
- Car55- Modelling the micro-macro passage in the quasi-statics regime of granular matter ¹⁵²
P.Evesque

- In "Powders & Grains 2001", Y. Kishino ed, (Balkema, 2001), pp. 153-157
- Car56- Mechanical behaviour of granular-gas and heterogeneous-fluid systems submitted to vibrations in micro-gravity ¹⁵⁴
P. Evesque, D. Beysens & Y. Garrabos
Colloque: Sciences de la Matière en Microgravité, ESPCI, Paris, (14-15 Mai 2001),
J. de Physique IV France **11**, Pr6-49 to 56
- Car57- Liquefaction of granular matter in viscous liquid under vertical vibration ¹⁵⁵
P.Evesque, A.A. Ivanova & V.G. Kozlov
In "Powders & Grains 2001", Y. Kishino ed, (Balkema, 2001), pp. 517-520
- Car57- Analogous behavior of strong density gradients and liquid-vapor interfaces near the critical point when submitted to vibrations in microgravity ¹⁵⁶
R. Wunenburg, Y. Garrabos, C. Lecoutre, A. Dejoan, D. Beysens & P.Evesque
In "Proceedings of the International workshop on miscible interfaces", Paris, ESPCI, July 2-5, 2001", Ph. Petitjeans ed., pp. 35-36
- Car58- Dynamics of Liquid-vapor phase transition under high frequency vibrations ¹⁵⁷
D. Beysens, D. Chatain, P.Evesque & Y. Garrabos
In "Proceedings of the International workshop on miscible interfaces" Paris, ESPCI, July 2-5, 2001", Ph. Petitjeans ed., pp. 49
- Car59- Granular matter and water under rapid vibration ¹⁵⁸
P.Evesque, A.A. Ivanova & V.G. Kozlov
In "Proceedings of the International workshop on miscible interfaces" Paris, ESPCI, July 2-5, 2001", Ph. Petitjeans ed., pp. 51-52
- Car60- Etude par IRM du mélange et de la ségrégation de grains dans un mélangeur tridimensionnel ¹⁶¹
P. Porion, N. Sommier, A.M. Faugère & P.Evesque
Colloque: Rhéologie: Génie civil & environnement, GFR (groupement français de rhéologie) Marne-laVallée(?) 10-12 oct. 2001; pp. 151-157 (2001)
- Car62- Experimental Stick-slip behaviour in Triaxial test on granular Matter ¹⁶⁹
P. Evesque & F. Adjémian
Proceedings of the COST P4, Dortmund, Allemagne, Nov 2001
- Car63- Viscosity dependence of the behaviour of a heavy sphere in a cavity filled with liquid and subject to rotary vibration ¹⁷¹
A.F.Kuzaev, A.A.Ivanova and P.Evesque
Proc. 30 International Summer School "Advanced Problems in Mechanic (APM'2002)". St.Petersburg (Repino), Russia.
- Car64- Experimental study of convection in rectangular cavity subject to nontranslational vibration ¹⁷⁴
N.V. Selin, V.G. Kozlov, P. Evesque ,

in Proc. 30 Summer School "Advanced Problems in Mechanics (APM'2002)". Russia, St. Petersburg (Repino), 2002. St. Petersburg: IPME RAS, 2002. P. .
- Car65- Different regimes of stick-slip in granular matter : from quasi periodicity to randomness ¹⁷⁷
F. Adjemeian & P. Evesque
In Quasistatic deformations of particulate materials, (K. Bagi ed., publishing company of BUTE, Budapest, 2003), pp. 5-13; proceedings of the QuaDPM'03, Budapest Hungary, 22-25 August 2003, pp 5-13; ISBN 963 420 748 0
- Car66- Acoustic speckle and diffusion as a probe of contact distribution ¹⁷⁸
F. Adjemeian, P. Evesque & X. Jia
In *Quasistatic deformations of particulate materials*, (K. Bagi ed., publishing company of BUTE, Budapest, 2003), pp. 15; proceedings of the QuaDPM'03, Budapest Hungary, 22-25 August 2003, pp. 15; ISBN 963 420 748 0
- Car67- Different regimes of stick-slip in granular matter : from quasi periodicity to randomness ¹⁷⁹
F. Adjemeian & P. Evesque
Book of abstracts of the 5th Euromech solid mechanics conference, ESMC-5, Thessaloniki, Grece, 17-22 August 2003; p. 329
- Car68- Dissipation and statistical mechanics of granular gas: General framework and 1-ball case
P. Evesque, ,
ICCS-#310 (Boston-May 16-21,2004) (à paraître)
- Car69- Granular gas in weightlessness: the limit case of very low densities of non interacting spheres
P. Evesque, F. Palencia, C. Lecoutre-Chabot, D. Beysens and Y. Garrabos, ,
ISPS 2004 (Toronto- 23-27 may 2004) , Microgravity Sci. technol. XVI-1, 280-284 (2005)
- [Car70- Dynamics of Phase Transition in H₂ Under High Frequency Vibrations](#)
D. Beysens, D. Chatain, P. Evesque, Y. Garrabos, , ,
Microgravity sci. technol. XVI-1, 274-278 (2005)

- Car71- Granular dissipative gas in weightlessness: the ultimate case of very low densities and how to measure accurately restitution coefficient and its dependence on speed ,
Y. Garrabos, D. Beysens, F. Palencia, C. Lecoutre & P. Evesque, ,
In *Powders & Grains 2005*, pp. 1113-1117 (R.Garcia-Rojo, H.Herrmann & S.McNamara eds, Balkéma, 2005)
- Car72- Dilute dissipative granular gas in Knudsen regime and in micro-gravity: evidence for a “velostat” as boundary conditions
P. Evesque, Y. Garrabos, C. Lecoutre, F. Palencia, and D. Beysens, ,
In *Powders & Grains 2005*, pp. 1107-1111, (R.Garcia-Rojo, H.Herrmann & S.McNamara eds, Balkéma, 2005)
- Car73- A model of dissipative granular gas: the limit case of complete inelasticity of grain-grain collision
P. Evesque , ,
In *Powders & Grains 2005*, p. 1131-1134, (R.Garcia-Rojo, H.Herrmann & S.McNamara eds, Balkéma, 2005)
- Car74- Ultrasonic experiment coupled with triaxial test for micro-seismicity detection in granular media
F. Adjémian, P. Evesque & X. Jia , ,
In *Powders & Grains 2005*, pp. 281-285 (R.Garcia-Rojo, H.Herrmann & S.McNamara eds, Balkéma, 2005)
- Car75- Role of material-property fluctuations on the failure in the numerical biaxial tests
K. Hamadi, A. Modaressi, P. Evesque & F. Darve, ,
In *Powders & Grains 2005*, pp. 455-459 (R.Garcia-Rojo, H.Herrmann & S.McNamara eds, Balkéma, 2005)
- Car76- Optical cells for the study of water properties near its liquid-gas critical point;
Y. Garrabos, C. Lecoutre, F.Palencia, D. Beysens, V. Nikolayev & P. Evesque
J. Jpn Soc Microgravity Appl. **25**, 103-106 (ou 279-283) (2008); In ISPS 2007, (22-26 Oct. 2007) Nara, Japan;
- Car77-235- 2d Granular Gas in Knudsen Regime and in Microgravity Excited by Vibration: Velocity and Position Distributions,
M. Hou, R. Liu, Y. Li, K. Lu , Y. Garrabos and P. Evesque ; in *Powders & Grains 2009*, (Golden, Denver, Colorado, 13-17 July 2009) , ed. M. Nakagawa,
- Car-78-236- Mechanical properties of compacts made with binary mixtures of pharmaceutical excipients of three different kinds,
V. Busignies, P. Evesque, P. Porion, B. Leclerc and P. Tchoreloff; in *Powders & Grains 2009*, (Golden, Denver, Colorado, 13-17 July 2009) , ed. M. Nakagawa,
- Car79-237- Porous Structure of Pharmaceutical Tablets Studied Using PGSTE-NMR Technique,
P. Porion, P. Tchoreloff, V. Busignies, B. Leclerc and P. Evesque, in *Powders & Grains 2009*, (Golden, Denver, Colorado, 13-17 July 2009) , ed. M. Nakagawa,
- Car80-238- Can percolation model describe the evolution of mechanical properties of compacts of binary systems? ,
P. Evesque, V. Busignies†, P. Tchoreloff, B. Leclerc and P. Porion in *Powders & Grains 2009*, (Golden, Denver, Colorado, 13-17 July 2009) , ed. M. Nakagawa,
- Car81- 269- Directed clustering in driven compartmentalized granular gas systems in zero gravity
Y. Li, M. Hou, P. Evesque
In ISPS 2011, Bonn, Germany, (11-15/7/2011)
- Car82- 270- The dense granular matter in micro-gravity
C. Yanpei, P. Evesque, M. Hou, C. Lecoutre, F.Palencia and Y. Garrabos
In ISPS 2011, Bonn, Germany, (11-15/7/2011) **soumis (10/7/2011)**
- Car83- 271- Study of granular gas behaviour using 3D Simulations: Evidence for a large boundary effect due to dissipation by collisions
P. Evesque, R. Liu, YP.Chen, M. Hou
In ISPS 2011, Bonn, Germany, (11-15/7/2011)
- Car84- 272 – 3d simulations of granular gas in a vibrating box: demonstration of a large boundary effect due to dissipation by collisions which is not propagative shock wave. (IAC-11.A2.1.3)
P. Evesque, R. Liu, Y. Chen,t, M. Hou
International Astronautical Congress, IAC 2011, 3-7 October 2011, Cape Town ICC, South Africa
(non présentée, mais publiée)

5) Actes de congrès sans referee:

- ca1- Can we define a unique friction coefficient for a non cohesive granular material? A tentative answer from the point of view of sand avalanche ⁶¹ experiment;
P. Evesque
Actes du colloque en l'honneur de Pierre Béghin sur Rapid Gravitational Mass Movements, CEMAGREF, Grenoble, 6-10 décembre 1993; pp. 77-85
conférence invitée
- Ca2- Dispositif de vibration de systèmes hétérogènes pour des expériences en vol parabolique ¹⁷⁶
F. Palencia, C. Lecoutre, Y. Garrabos, P. Evesque & D. Beysens
FuturVIEW 2003, Futuroscope Poitiers (11-12 juin 2003)
- Ca3- Granular media under vibration in zero gravity: Transition From rattling to granular gas
P. Evesque, Y. Garrabos, M. Hou
3rd Germany-China Workshop on Microgravity & Space Life Sciences, Berlin Oct 9-10, 2006
- Ca4- On the need of writing correct boundary conditions in granular gases in microgravity
P. Evesque¹⁺, D. Beysens², Y. Garrabos³, F. Palencia³, C. Lecoutre³
In proceeding of the Workshop on granular physics and complex fluids, Pékin Sept 5-10, 2008, IOP, CAS)
- Ca5- 272- P. Evesque, R. Liu, Y. Chen, M. Hou, 3d simulations of granular gas in a vibrating box: demonstration of a large boundary effect due to dissipation by collisions which is not propagative shock wave. (IAC-11.A2.1.3) ; IAC, Sept 2011 ; proceedings of the 62nd International Astronautical Congress , 3-7 October 2011, Cape Town, South Africa
- Ca6-283- P.Evesque, Is studying vibrated granular gas a way to study partial mixing or partial demixing ?, GDR MFA, Poticcio, Corse, 9-12 Oct. 2012

6) Communications invitées :

- ci.1- Fractal and fractal-like behavior in dipolar energy transfer and electrodeposited aggregates.
P. Evesque, C.L. Yang & M.A. El-Sayed
Gordon Research Conference on Fractals, Hawthorne College, Antrim, New Hampshire, U.S.A., (15-19 juillet 1985)
Conférence invitée
- ci.2- Fractal aggregates grown by electrodeposition.
P. Evesque
2nd Workshop on Electrodeposition, Bruges, Belgique, (15-18 avril 1986)
Conférence invitée
- c.i3- Cinétique de réaction sur un espace fractal.
P. Evesque
Réunion FICH-5, Les Houches, France, (3-6 février 1986)
Conférence invitée
- ci.4- Degenerate four-wave mixing experiments on dye molecules in film: coherent effect.
M.T. Portella, P. Montelmacher, A. Bourdon, P. Evesque & J. Duran
Unconventional Photoactive Solids, Emil Warburg Symposium, Schloss Elmaü, R.F.A., (11-15 octobre 1987)
Conférence invitée
- ci.5- Optical techniques and experimental investigation of diffusion processes in disordered media. ³¹
P. Evesque & A.C. Boccaro
Cours à l'International School of atomic and molecular spectroscopy, (15-29 juin 1989) VIIIth course: *Disordered solids: structure and processes*, pp 265-280, édité par B. Di Bartolo, Plenum Press, New York (1989), (tome 46)
conférence invitée
- ci.6- Four-wave mixing for studying ultrafast radiationless processes. ⁴⁵
P. Evesque
IX^{ème} Cours à l'International School of atomic and molecular spectroscopy, Erice, (15-29 juin 1989), pp. 497-527, dans *Advances in Nonradiative Processes in Solids*, édité par B. di Bartolo, NATO ASI Series, Series B: Physics vol. 249, Plenum press (New York, 1991)
conférence invitée
- ci.7- Instability in a sand heap.

- P. Evesque
Solid State Physics Conference, Warwick, G.B., (19-21 décembre 1989)
conférence invitée
- ci.8- Sandpile experiments.
P. Evesque
Workshop on Self-Organized Critical Phenomena,
Copenhagen, Denmark, (31 mai-2 juin 1990)
Conférence invitée
- ci.9- Sandpile: basic ideas for psammodynamics.
P. Evesque
Dynamics Days, Düsseldorf, R.F.A., (20-23 juin 1990)
Conférence invitée
- ci.10- La mécanique du tas de sable.
P. Evesque
Journée "Métallurgie des Poudres" en l'honneur de Jules Caisso
Poitiers, (4 décembre 1990)
Conférence invitée
- ci.11- Physics of sandpile and avalanches ⁶⁸
P. Evesque & P. Porion
Fragmentation phenomena ; Les Houches (12-17 avril 1993)
conférence invitée
- ci.12- Can we define a unique friction coefficient for a non cohesive granular material? A tentative answer
from the point of view of sand avalanche ⁶¹ experiment;
P. Evesque
Actes du colloque en l'honneur de Pierre Béghin sur Rapid Gravitational Mass Movements,
CEMAGREF, Grenoble, 6-10 décembre 1993; pp. 77-85
conférence invitée
- ci.13- Flow Instabilities in Granular Materials
P. Evesque
Powder Metallurgy 1994, 6-9 juin 1994, Paris -La-Défense
conférence plénière invitée
- ci.14- Quasi-static deformation of granular materials: friction, dilatancy, convection, diffusion
P. Evesque
Congrès: Les Dynamiques lentes des milieux hétérogènes mous, Les Houches, 31/1/95-10/2/95
conférence invitée
- ci.15- Comparaison entre les mouvements convectifs quasi-statiques et ceux obtenus sous vibration dynamiques
P. Evesque
Atelier "Géosuspension"; Montpellier - La Grande Motte, 4-6 Octobre 1995
Conférence invitée
- ci.16- Macroscopic viewpoint of the mechanics of granular material: Application to avalanches and
convection
P. Evesque
Institut of theoretical Physics, University of California at Santa Barbara, Participation au
programme "Jamming & Rheology" organisé par l'ITP de UCSB Sept. 97.
communication invitée
- ci.17- Few problems of granular materials: from stress distribution in piles to gas-like behaviour in micro-g
P. Evesque,
Granular Materials: Statics, Excitations and Dynamics, 25-26 June 1998, Albuquerque NW, USA,
(a Center for Advance Studies workshop)
conférence invitée
- ci.18- Stress fluctuations and Macroscopic Stick-slips in Granular Materials
P. Evesque,
Horizons In Complex Systems, (Gene Stanley birthday, Messine, Italy) 5-8/12/2001,
communication invitée
- Ci.19- Statistical Mechanics of granular materials : The strange effect of rotation
P. Evesque
Workshop on Mesoscopic and nanometric materials, honouring Prof. M.A. El-Sayed, IUF, Paris
11-12 Octobre 2004-10-12
Invité
- Ci.20- Quelques problèmes de physique des milieux granulaires en apesanteur
P. Evesque,
Journée du GDR espace, Carry-le-Rouet, 18 Novembre 2004

- Invité**
- Ci.21- Control of grains in 1g and in weightlessness, and effects of vibration
P. Evesque
TT “Vibration”, ESA HQ, Paris 24 Mars 2005 (**organisateur**)
- Ci.22- Experiments on vibrated granular matter and fluids in micro-gravity
P. Evesque
TT “non equilibrium complex matter”, Alpe d’Huez, 4-6 Avril 2005
invité
- Ci.23- Experiments on Granular Gases in Zero Gravity (8 juin 2005)
P. Evesque
Session Granular physics, KITP Santa Barbara, 30Mai-27 juin 2005, (invité)
- Ci.24- Invited scientist at KITP, UCSB, Santa Barbara, Ca USA, USA, 30 mai- 27juin 2005
Avec Séminaire: le 8 juin 2005
- Ci.25- Gordon Research Conference « Engineering Science for Space exploration »
P. Evesque
Les Diablerets, Suisse, 21-26 Août 2005, **Invité** (discussion leader)
- Ci.26- Current trends in the mechanics of granular matter ion microgravity
P. Evesque
Elgra biannual meeting, Florence , September 4-9, 2007; **conférence invitée**
- Ci.27- Chairman de la session vibration
P. Evesque
Elgra biannual meeting, Florence , September 4-9, 2007; **conférence invitée**
- Ci28 - Boundary condition and the physics of dissipative granular gas
P. Evesque
TT on critical Fluids, Nara, Japan, October 22, 2007, **conférence invitée**
- Ci.29 - Scientific goals of the topical team on Vibration in granular media
P. Evesque
ISPS 2007, Nara, Japan, 23-26 October 2007; **Keynote Speaker**
- Ci.30 - Chairman de la session vibration
P. Evesque
SPS 2007, Nara, Japan, 23-26 October 2007; **conférence invitée**
- Ci.31 - reparation of SJ10
P. Evesque
IOP, CAS, Beijing, China, 6-11 January 2008, **conférence invitée**
- Ci.32 - Granular gas under microgravity
P. Evesque
Ecole : Crystallisation and jamming in soft matter under driving, Lorentz centre, Leiden, The Netherlands, 11-22 February 2008, **conférence invitée** et école d’hiver
- Ci.33 - Granular gas under microgravity
P. Evesque
ESA-ESTEC, progress meeting of VIP-Gran instrument 22 February 2008, **conférence invitée**
- Ci.34 - Vibrational physics
P. Evesque
ELIPS-ARISE Workshop, Sasbachwalden, Germany, 25-26 February 2008, **conférence invitée**
- Ci.35 -
Poudres, grains et vibrations...sur terre et en apesanteur
P. Evesque
Du 27 février au 27 avril 2008, palais de la Découverte, stand “un chercheur-une manip”
Conférences invitées
- Ci.36 – Expériences de segregation et de mélange de milieux granulaires ; Salon de l’innovation et de la Recherche, stand Palais de la découverte, 5-7 juin 2008
- Ci.37- On the need of writing correct boundary conditions in granular gases in microgravity
P. Evesque¹⁺, D. Beysens², Y. Garrabos³, F. Palencia³, C. Lecoutre³
In proceeding of the Workshop on granular physics and complex fluids , Pékin Sept 5-10, 2008, IOP, CAS)
- Ci.38- modérateur de scéance, Powders & Grains 2009, Boulder
- Ci.39- Milieu granulaire en physique spatiale.
P.Evesque & Y. Garrabos ;
Séminaire Prospective cnes, Biarritz; 17-19 Mars 2009, conf. invitée,
- Ci.40- P. Evesque: "Travail , Dissipation et second principe de thermodynamique dans les milieux granulaires", Ecole & GDR EGRIN, ; 2-4/4/2013, Chalès-France
- Ci41- 290b: P. Evesque, Ecole d’été KITP Beijing sur les granulaires, 1mois (Juin 2013), conférence et participation ajournée par le CNRS pour « mise en congé longue durée d’office » désavouée par le Tribunal Administratif. I**

Ci42- 290c- Refus du CNRS de me laisser aller à la thèse de YP.Chen et de participer au jury de thèse de YP Chen. (Avril 2014, CNES) contre mon désaccord. Suite à la « mise en congé longue durée d'office » désavouée par le Tribunal Administratif (juillet 2014).

Ci43- 290d : Refus du CNRS de me laisser aller à toute conférence et Ecole de formation pendant ma « mise en congé longue durée d'office » désavouée par le Tribunal Administratif (juillet 2014).

7) Communication à des congrès sans actes:

- c1- Laser selective excitation and energy transfer in a multisite system $\text{CaF}_2:\text{Pr}^{3+}$. P. Evesque, J. Kliava & J. Duran; International Conference on Luminescence, Paris, (17-21 juillet 1978)
- c2- Clusters in $\text{CaF}_2:\text{Pr}^{3+}$. P. Evesque, R.H. Petit & J. Duran; Third conference on Dynamical Processes in the Excited States of Ions and Molecules of Solids (DPC 81), Ratisbonne, R.F.A., (1981)
- c3- Magnetic dependence of the phosphorescence and fluorescence of naphthalene H_8 and β -methylnaphthalene in perdeuterated hosts. P. Evesque; Journées "Dynamique des Cristaux Moléculaires", Rochester, (N.Y.), U.S.A., (17-18 septembre 1982)
- c4- Magnetic field dependence and time resolved studies of the transfer between triplet states of naphthalene and β -methylnaphthalene in perdeuterated naphthalene crystals. P. Evesque & J. Duran; Xth Molecular Crystal Symposium, S^t-Jovite, Québec, Canada, (20-24 septembre 1982)
- c5- Etude en temps résolu des transferts d'énergie du naphthalene H_8 dans du naphthalène D_8 . P. Evesque & J. Duran; R.C.P. 607, Chantilly, France, (8-10 décembre 1982)
- c6- Triplet state in naphthalene: an energy migration cross-over behavior. P. Evesque & D. Taudin; 4th International Conference on Dynamical Processes in the Excited States of Solids; (DPC 83), Stanford, Californie, U.S.A., (11-14 juillet 1983)
- c7- Diffusion dans l'espace fractal. P. Evesque; R.C.P. 607, Paris, (8-9 décembre 1983)
- c8- Robinson Crusoe, Vendredi et les Cannibales: une vision fractale de la colonisation d'un archipel. P. Evesque; R.C.P. "Milieu Aléatoire Macroscopique", Carry-le-Rouet, France, (1984)
- c9- Does the spectral exponent influence the growth of a diffusion limited aggregate? P. Evesque, C.L. Yang & M.A. El-Sayed; Conference in Non-Linear Science, U.C.L.A., Los Angeles, Californie, U.S.A., (21-22 juin 1985)
- c10- Transient grating experiments in percolations. P. Evesque, A. Bourdon & J. Duran; 5th International Conference on Dynamical Processes in the Excited States of Solids, Lyon (DPC 85), (1-4 juillet 1985)
- c11- Fractal and fractal-like behavior in dipolar energy transfer and electrodeposited aggregates. P. Evesque, C.L. Yang & M.A. El-Sayed; Gordon Research Conference on Fractals, Hawthorne College, Antrim, New Hampshire, U.S.A., (15-19 juillet 1985); **Conférence invitée**
- c12- Réactions chimiques dans des espaces fractals. P. Evesque & J. Duran; Journée Fractale à ELF, Tour Elf Paris-La-Défense, (Octobre 1985)
- c13- La dimension spectrale est-elle une caractéristique pertinente d'un agrégat obtenu par électrodéposition. P. Evesque, C.L. Yang & M.A. El-Sayed; Journée Surface et Interface, E.N.S.C.P., Paris, (octobre 1985)
- c14- Diffusion dans les fractales et réseaux transitoires. P. Evesque; Réunion R.C.P. 80761, Processus Photodynamiques Moléculaires en Phase; Condensée, Paris, (5-6 décembre 1985)
- c15- Fractal aggregates grown by electrodeposition. P. Evesque; 2nd Workshop on Electrodeposition, Bruges, Belgique, (15-18 avril 1986); **Conférence invitée**
- c16- Cinétique de réaction sur un espace fractal. P. Evesque; Réunion FICH-5, Les Houches, France, (3-6 février 1986); **Conférence invitée**
- c17- Four-wave mixing technique and coherence effect on electronic states of dye molecules. M.T. Portella, P. Montelmacher, A. Bourdon, P. Evesque & J. Duran; 1^{ère} Conférence Internationale LASER M2P, Lyon, France, (7-9 juillet 1987)
- c18- Degenerate four-wave mixing experiments on dye molecules in film: coherent effect. M.T. Portella, P. Montelmacher, A. Bourdon, P. Evesque & J. Duran; Unconventional Photoactive Solids, Emil Warburg Symposium, Schloss Elmaï, R.F.A., (11-15 octobre 1987); **Conférence invitée**
- c19- Instability in a sand heap under vertical vibration. J. Rajchenbach & P. Evesque; 4^{ème} Conférence EPS de l'Etat Liquide sur l'Hydrodynamique des Milieux Dispersés; Arcachon, France, (24-27 mai 1988)
- c20- Instability of the horizontal free surface of a glass bead packing vertically shaken. J. Rajchenbach & P. Evesque; 1988 Fall Meeting of the Material Research Society, Boston, Mass., U.S.A., (28 novembre-3 décembre 1988)
- c21- Statistics of bead avalanches in a partly filled rotating cylinder. P. Evesque & J. Rajchenbach 1988 Fall Meeting of the Material Research Society, Boston, Mass., U.S.A., (28 novembre-3 décembre 1988)
- c22- Statistique des avalanches de billes. P. Evesque et J. Rajchenbach, Journées de Physique Statistique, Paris, (26-27 janvier 1989)
- c23- Instabilité de surface dans un tas de sable. J. Rajchenbach & P. Evesque, 9^{ème} Congrès Français de Mécanique, Metz, France, (5-8 septembre 1989)
- c24- Instability in a sand heap. P. Evesque, Solid State Physics Conference, Warwick, G.B., (19-21 décembre 1989), **conférence invitée**

- c25- Sandpile avalanches: towards a self-organized state? The Granta Gravel approach. P. Evesque; Journées Suspension-Lits Fluidisés, Carry-le-Rouet, France, (28-30 mai 1990)
- c26- Sandpile experiments. P. Evesque; Workshop on Self-Organized Critical Phenomena, Copenhagen, Denmark, (31 mai-2 juin 1990); **Conférence invitée**
- c27- Sandpile: basic ideas for psammodynamics. P. Evesque; Dynamics Days, Düsseldorf, R.F.A., (20-23 juin 1990); **Conférence invitée**
- c28- La mécanique des avalanches de grains. P. Evesque; Journées "Conducteurs Granulaires", de la S.E.E., Palais de la Découverte; Paris, (10 octobre 1990)
- c29- La mécanique du tas de sable. P. Evesque; Journée "Métallurgie des Poudres" en l'honneur de Jules Caisso ; Poitiers, (4 décembre 1990); **Conférence invitée**
- c30- Are basic concepts of sandpile physics modified under microgravity? P. Evesque; International conference on Hydromechanics and heat/mass transfer in microgravity; Perm-Moscow, URSS, (6-14 juillet 1991)
- c31- Mécanique des matériaux granulaires: Passage micro-méso-macro et fluctuations ; P. Evesque; Rencontre NSF-CNRS: Joint US-France workshop on Recent; Advances in geomechanical, geotechnical and geo-environmental engineering; IFP, Rueil-Malmaison, France, (1-3 juin 1992)
- c32- Effet de la densité sur les avalanches; P.Evesque & P.Porion; Particules: transport, ségrégation, mélange; Carry-le-Rouet, 3-5 juin 1992
- c33- Déformation quasi-statique du tas de sable: La Psammomécanique ; P. Evesque; Particules: transport, ségrégation, mélange; Carry-le-Rouet, 3-5 juin 1992
- c34- Les avalanches de grains. P. Porion, G. Joly & P. Evesque; Congrès SFP, session physique des milieux granulaires; Lille, (2-4 septembre 1992)
- c35- Effets des rotations sur la micro-mécanique des déformations d'un empilement de disques; P. Evesque & W. Meftah; Gréco-géomatériaux, Aussois, (23-27 novembre 1992)
- c36- Convection cell flow in a horizontally vibrated sandpile; P. Evesque; MRS fall meeting, session P (disordered systems); Boston (30 novembre-4 décembre 1992)
- c37- On some experimental analogy between plastic deformation of 2-D packings and disordered anti-ferromagnetic problems ; P. Evesque & W. Meftah; MRS fall meeting, session P (disordered systems); Boston (30 novembre-4 décembre 1992)
- c38- How to stop a hourglass using vertical vibrations; P. Evesque & W. Meftah; MRS fall meeting, session P (disordered systems); Boston (30 novembre-4 décembre 1992)
- c39- Pile density is a controlling parameter of sandpile avalanches: P. Porion & P. Evesque; MRS fall meeting, session P (disordered systems); Boston (30 novembre-4 décembre 1992)
- c40- On some experimental analogy between plastic deformations of 2-D packings of disks and spin glass physics; W. Meftah, P. Evesque, F. Radjai, J. Biarez et D. Sornette; "Powder & Grains 1993", Birmingham, 12-16 juillet 1993
- c41- Avalanches en centrifugeuse; P. Porion, P. Evesque, P. Habib, M.P. Luang; séminaire Macro-gravité- LCPC Nantes, Nantes, 30 mars 94
- c42- Frottement solide et avalanches dans les matériaux granulaires.; P. Porion, P. Evesque & G. Joly; 4ème journée de la matière condensée, Rennes, 31 Août-2 Septembre 1994
- c43- Flow Instabilities in Granular Materials. P. Evesque; Powder Metallurgy 1994, 6-9 juin 1994, Paris -La-Défense; **conférence plénière invitée**
- c44- Avalanches en centrifugeuse. P. Evesque; journées GEO 94, Aussois 21-25 Novembre 1994
- c45- Mécanique du tas de sable . P. Evesque; GDR Rhéologie des suspensions denses; Aussois, 4-8 décembre 1994
- c46- Quasi-static deformation of granular materials: friction, dilatancy, convection, diffusion. P. Evesque; Congrès: Les Dynamiques lentes des milieux hétérogènes mous, Les Houches, 31/1/95-10/2/95; **conférence invitée**
- c47- Rotation, convection et diffusion des grains dans un talus soumis à des sollicitations cycliques ; P. Evesque; Géo 95, Aussois, 5-15 déc. 1995
- c48- La localisation dans les milieux granulaires bi-dimensionnels géométriquement ordonnés, W. Meftah, J. Biarez, P. Evesque & G. Lateb ; Journées GEO 95, Aussois, 11-15 Déc. 95
- c49- Comparaison entre les mouvements convectifs quasi-statiques et ceux obtenus sous vibration dynamiques; P. Evesque; Atelier "Géosuspension"; Montpellier - La Grande Motte, 4-6 Octobre 1995; **Conférence invitée**
- c50- Quasi-static convection; P. Evesque; Réunion GDR PMMH, LCPC-Paris, 16 Janvier 1996
- c51- De l'ordre au désordre pour des cylindres parallèles: aspect statique; G. Latèbe, J. Biarez, P. Evesque et W. Meftah; 2ème Congrès de Mécanique du Maroc, Lille, 13-14 juin 1996
- c52- Vibrational dynamics of a granular medium saturated by fluids; P. Evesque, A. Ivanova, V.G. Kozlov, D. Lyubimov & B. Roux; Congrès: the second French-Israeli conference on complex fluids; Saint-Malo: 6-11 October 1996
- c53- The conventional way to calculate stress-strain distribution in granular materials; P. Evesque, A. Modaresi; Congrès: the second French-Israeli conference on complex fluids; Saint-Malo: 6-11 October 1996
- c54- Some static behaviour of granular material; P. Evesque; Réunion GDR PMMH, Jussieu, 22 Novembre 1996
- c55- Some problems of vibration of granular material and of fluids for space experiments; P. Evesque; Biennial meeting of the European Low Gravity Association (ELGRA) , 17-19 mars 1997, Paris
- c56- Stress propagation in piles: effects of boundary conditions; P. Evesque; Réunion GDR PMMH, Jussieu, 30 avril 1997
- c57- Macroscopic viewpoint of the mechanics of granular material: Application to avalanches and convection; P. Evesque; Institut of theoretical Physics, University of California at Santa Barbara, Participation au programme "Jamming & Rheology" organisé par l'ITP de UCSB Sept. 97. **communication invitée**
- c58- Calcul des contraintes dans un milieu granulaire cône ou triangulaire; P. Evesque, A. Modaresi, S. Boufellouh; GDR PMMH, ESPCI, Paris, 12 juin 1998

- c59- Few problems of granular materials: from stress distribution in piles to gas-like behaviour in \square g; P. Evesque, Granular Materials: Statics, Excitations and Dynamics, 25-26 June 1998, Albuquerque NW, USA, (a Center for Advance Studies workshop) **conférence invitée**
- c60- A new simple modelling of the mechanics of granular media; P. Evesque; ALERT Geomaterials, Aussois-France (24-27 octobre 1999)
- c61- New simple modelling of quasi-statics of granular materials : simple predictions; P. Evesque; Journée GDR PMHC-granulaires secs-ESPCI, (19 novembre 1999)
- C62- Distribution des contraintes dans tas soumis à une rotation; P. Evesque; Journée du GDR MIDI, ESPCI, Paris, 13/12/2000:
- C63- Compte rendu d'activité du Topical Team Chemical Physics in near critical fluids; P. Evesque; ESA-ESTEC-Nordwick, NL, 5-6 février 2001
- C64- Compte rendu d'activité du Topical Team "Vibrational phenomena in \square g"; P. Evesque; ESA-ESTEC-Nordwick,NL, 5-6 février 2001
- C65- Granular matter and water under rapid vibration; P. Evesque et al. , Congrès « fluides miscibles » ESPCI-2-5 juillet 2001
- C66- Effet des vibrations sur les fluides hétérogènes; P. Evesque, Réunion CNES séminaire prospective sous-thème: objets flottants Paris, 21/12/2001
- C67- Few effects induced by vibration in heterogeneous fluids; P. Evesque, TT vibration, 19 Mars 2002 (ESPCI-Paris)
- C68- Effets des vibrations rotatoires; P. Evesque, Réunion « Fluides sous Vibration » , ESPCI, France, 20 mars 2002
- C69- Mécanisme de Stick-slip dans un milieu granulaire : vers un grand volume élémentaire représentatif; F. Adjémian et P. Evesque; Réunion du GDR MIDI Carry-le-Rouet 11-13 Mars 2002
- C70- Notion de Volume Elementaire Représentatif dans un milieu granulaire : du gaz granulaire à l'essai triaxial; F. Adjémian et P. Evesque; Réunion du GDR MIDI Carry-le-Rouet 11-13 Mars 2002
- C71- Gaz granulaire en apesanteur : le cas limite des densités très faibles; P. Evesque, Y. Garrabos, D. Beysens, F. Palencia, C. Lecoutre; GDR 2258, ESPCI, 28 mai 2002
- C72- Statistique des stick-slip dans un ensemble de billes: effet de taille finie; F. Adjémian et P. Evesque; Réunion du GDR MIDI, ESPCI, Paris, 24 juin 2002
- C73- Gaz granulaires, clustering, démon de Maxwell, billard de Sinai: où est la mécanique des milieux continus? P. Evesque; Journées de Physique statistique, ESPCI, Paris, 30-31 janvier 2003
- C74- *Génération de stick-slips par compression homogène dans un milieu granulaire*
F. Adjémian & P. Evesque; Journées de Physique statistique, ESPCI, Paris, 30-31 janvier 2003
- C75- "Vibrational phenomena in \square g"; P. Evesque, Réunion Experimental status review Maxus 5, ESA-ESTEC-Nordwick,NL, 4 février 2003
- C76- Compte rendu d'activité du Topical Team "Vibrational phenomena in \square g"; D. Beysens, P. Evesque, ESA-ESTEC-Nordwick,NL, 6-7 février 2003
- C77- Billards, gaz granulaires et agrégation en apesanteur, « Propriétés Mécaniques des matériaux granulaires étudiées en relation avec leur structure à l'échelle du grain. », Institut Navier, Marne-la-Vallée, 18 juin 2003,
- C78- Stick-slip dans les essais triaxiaux sur billes de verre, F. Adjémian (et P. Evesque), Propriétés Mécaniques des matériaux granulaires étudiées en relation avec leur structure à l'échelle du grain. Institut Navier, Marne-la-Vallée, 18 juin 2003,
- C79- Granular gas in weightlessness using parabolic flights, P. Evesque, Y. Garrabos, D. Beysens, Conference: "Parabolic flights user days", ESTEC, Noordwijk, Netherlands, 10-11 sept 2003
- C-80- Effect of Vibration in weightlessness conditions: application to heterogeneous fluids and Granular matter, P. Evesque, TT meeting on Vibrations for new vibration apparatus in micro-g: Paris ESA-HQ, 15-16 sept 2003
- C81- Can Translation Vibrations be Useful in the Process of Managing Particle Nucleation from Supercritical Fluids in Weightlessness, P. Evesque, PNF (Particle Nucleation Facility for Supercritical Media) Workshop, ESA-ESTEC, 3-4 March 2004, Netherlands
- C82- Effects of Vibrations on heterogeneous fluids in micro-g, P. Evesque, in ESF-ESSC-ESA initiative "Future of ESA-ELIPS and ISS utilisation", Scientific perspective of ELIPS, Obernai FRANCE, 5-7 Mai 2004 (**invited**)
- C83- Granular Gas Under Vibration and Weightlessness : The Case of low and very Low Density, P. Evesque, (Y. Garrabos, D. Beysens, F. Palencia), 91th Stat. Mech Conf., Rutgers Un. , Piscataway NJ, 16-18 May 2004
- C84- Efficient reduction of complexity and non ergodicity due to dissipation: the case of a single ball in a vibrating box, P. Evesque, (Y. Garrabos, D. Beysens, F. Palencia), At ICCS (Internationalconf. On complex systems, Boston, Massachusetts, USA, 16-20 May 2004
- C85- Granular gases in weightlessness: the limit case of very low densities of non interacting spheres, P. Evesque, (Y. Garrabos, D. Beysens, F. Palencia & C. Lecoutre, in ISPS 2004, (international symposium on physical science in space)Toronto, Canada, 22-26 May 2004, ICCS 2004, and ISPS 2004 91th Statistical Mechanics conf (mai 2004)
- C86- Dynamique de spheres sans interaction dans une boîte vibrée en apesanteur, P. Evesque, (Y. Garrabos, D. Beysens, F. Palencia & C. Lecoutre), Journée de la matière condensée, MC27, Nancy 30 Août-3 Septembre 2004
- C87- Gaz granulaire de billes en interaction en régime de Knudsen dans une boîte cylindrique vibrée en apesanteur, P. Evesque, (Y. Garrabos, D. Beysens, F. Palencia & C. Lecoutre), Journée de la matière condensée, MC27, Nancy 30 Août-3 Septembre 2004
- C88- Statistical Mechanics of granular materials : The strange effect of rotation, P. Evesque, Workshop on Mesoscopic and nanometric materials, honouring Prof. M.A. El-Sayed IUF, Paris 11-12 Octobre 2004-10-12, **Invited**
- C89- Quelques problèmes de physique des milieux granulaires en apesanteur, P. Evesque, Journée du GDR espace, Carry-le-Rouet, 18 Novembre 2004, **Invited**
- C90- Control of grains in 1g and in weightlessness, and effects of vibration, P. Evesque, TT "Vibration", ESA HQ, Paris 24 Mars 2005 (**organisateur**)

- C91- Experiments on vibrated granular matter and fluids in micro-gravity, P. Evesque, TT “non equilibrium complex matter”, Alpe d’Huez, 4-6 Avril 2005, **(invited)**
- C92- Experiments on Granular Gases in Zero Gravity (8 juin 2005), P. Evesque, Session Granular physics, KITP Santa Barbara, 30Mai-27 juin 2005, **(invité)**
- C93- Granular physics conference, KITP, UCSB, Santa Barbara, Ca, USA, 20-23 juin 2005, invité
- C94- Powders and Grains 2005, Stuttgart, Allemagne, 18-22 juillet 2005, president de l’AEMMG, **Chairman de la session** mardi 19/7 14h-17h, **président** de l’AEMMG,
- C95- Granular dissipative gas in weightlessness: the ultimate case of very low densities and how to measure accurately restitution coefficient and its dependence on speed; Y. Garrabos, D. Beysens, F. Palencia, C. Lecoutre & P. Evesque; Powders and Grains 2005, Stuttgart, Allemagne, 18-22 juillet 2005
- C96- Dilute dissipative granular gas in Knudsen regime and in micro-gravity: evidence for a “velostat” as boundary conditions; P. Evesque, Y. Garrabos, C. Lecoutre, F. Palencia, and D. Beysens; Powders and Grains 2005, Stuttgart, Allemagne, 18-22 juillet 2005
- C97- A model of dissipative granular gas: the limit case of complete inelasticity of grain-grain collision; P. Evesque; Powders and Grains 2005, Stuttgart, Allemagne, 18-22 juillet 2005
- C98- Ultrasonic experiment coupled with triaxial test for micro-seismicity detection in granular media; F. Adjemian, P. Evesque & X. Jia; Powders and Grains 2005, Stuttgart, Allemagne, 18-22 juillet 2005
- C99- Role of material-property fluctuations on the failure in the numerical biaxial tests; K. Hamadi, A. Modaressi, P. Evesque & F. Darve; Powders and Grains 2005, Stuttgart, Allemagne, 18-22 juillet 2005
- C100- Gordon Research Conference « Engineering Science for Space exploration », Les Diablerets, Suisse, 21-26 Août 2005, **Invité (discussion leader)**
- C101- Airbus & Maxus 5 experiments on vibrated granular gas, Pierre Evesque, M. Leconte, C. Lecoutre, Y. Garrabos, F. Palencia, D. Beysens, ELGRA Biennial Symposium and General Assembly, Santorin, Grèce, 21-23 Sept 2005
- C102- The DECLIC program for the International Space Station, Y. Garrabos, C. Lecoutre, F. Palencia, D. Beysens, V. Nikolayev, P. Evesque, ELGRA Biennial Symposium and General Assembly, Santorin, Grèce, 21-23 Sept 2005
- C103- Gaz granulaire en micropesanteur. Démon de Maxwell Granulaire: différences entre version terrestre et version 0g. P. Evesque & M. Leconte, GDR MFA, Carry-le-Rouet, 16-19 Octobre 2005
- C104- Gaz granulaire en apesanteur : Quelques résultats récents. P. Evesque & M. Leconte, GDR MIDI, Carry-le-Rouet, 29-31 mai 2006
- C105- VIP-GRAN Instrument : the project, P. Evesque, ESA VIP Europe-Russia meeting, ESTEC, June 21, 2006
- C106- VIP-GRAN : the goals, P. Evesque, COMAT, Toulouse, 28 Août 2006, réunion de lancement d’étude
- C107- Structuration of matter under controlled vibrations, P. Evesque, CAS-CNRS-CNES meeting, Marseille, L2MP, 25-27 Sept 2006
- C108- Maxwell Demon revisited, P. Evesque, **Invitation at Institute of Physics** of Chinese Academy of Science, (Beijing 3Sept-16Sept 06),
- C109- VIP-GRAN : the goals (II), P. Evesque, ICMCB, Bordeaux, 28 Sept 2006, réunion de suivi d’étude
- C110- Is Granular material a plasma dust with dissipation? P. Evesque, International TT on near critical Fluids and plasma dusts; ESA-ESTEC, Noodwjick, Netherlands, 30-31 Oct. 2006
- C111- Topical team on Vibration & Granular Matter-VIP-Gran, ESA HQ, Paris, 7 Nov. 2006 (**Organisateur**)
- C112- Possible experiments to be planned in the future instrument VIP-Gran, P. Evesque, Topical team on Vibration & Granular Matter-VIP-Gran, ESA HQ, Paris, 7 Nov. 2006
- C113- Granular media under vibration in zero gravity: Transition From rattling to granular gas; P. Evesque, Y. Garrabos, G. Zhai M. Hou; 3rd Germany-China Workshop on Microgravity & Space Life Sciences, Berlin Oct 9-10, 2006
- C114- Topical team on Vibration & Granular Matter-VIP-Gran, ESA HQ, Paris, 24 Avril. 2007 (**Organisateur**)
- C115- Granular Matter in Micro-gravityand beyond, 1st China-French Microgravity workshop, CAS, Pékin, 2-3 Juillet 2007, Invitation
- C116- 3 Recent results on Granular gas under microgravity, ESPCI, 14 Mai 2008; satellite meeting on Granular-Matter Physics of the PG de Gennes Days.
- C117- Vibrated Granular matter on Earth, in 0g; P. Evesque & M. Hou; 2nd workshop Centrales-Beihang, 19 - 22 mai 2008, ECP, Châtenay-Malabry
- C118- Film Vibration et milieux granulaires sur terre et en apesanteur, P. Evesque, GDR MFA, Aussois 1-3 Dec 2008
- C119- Dynagran : The purpose and needs of the experimental set-up, Mécano ID, Toulouse, 5 Dec 2008
- C120- Some recent work on vibrated granular matter at ecp, P. Evesque, ESA-ESTEC, 5-6 Février 2009
- C121- Evidence for speed-symmetry breaking in steady state of dissipative granular gas in 0g, P. Evesque, R. Liu & M. Hou ; Oral Presentation at Powders & Grains 2009 (Golden, USA); Powders & Grains 2009, (Golden, Denver, Colorado, 13-17 July 2009); publié in Poudres & Grains 17 (19) 563-576 (2009)
- C122- Simulations of vibrated granular media and comparisons to 0-g experiments, P. Evesque, R. Liu, M. Hou, (Biannual ELGRA meeting, Bonn, Germany, 1-4 Sept 2009)
- C123- Behaviour of granular matter under vibration, P. Evesque, Parabolic Flight Symposium, (ESTEC, Norwijk, NL, Nov. 19-20, 2009)
- C124- Simulations numériques de milieux granulaires dans un container vibré, et comparaisons avec le modèle classique et des résultats 0g experiments, P. Evesque, GDR MFA, Sète, 23-25 Nov 2009
- C125- New results on granular-gas simulations and experiments, and on magnetic levitation, P. Evesque, Mech. Dpt, CAS, Beijing, 16 June 2010

- C126- Some new results on the physics of granular gas simulations, 0g experiments and magnetic levitation, P. Evesque, journée VIP-Gran, Bordeaux, 8 Juillet 2010
- C127- Y. Li, M. Hou, P. Evesque, Directed clustering in driven compartmentalized granular gas systems in zero gravity, Microgravity Sc. Technol., In ISPS 2011, Bonn, Germany, (11-15/7/2011)
- C128- Y. Chen, P. Evesque, M. Hou, C. Lecoutre, F. Palencia and Y. Garrabos, 2d dense vibro-fluidized granular matter in micro-gravity: macroscopic (quite long range) boundary effect in granular gas, accepted 10/2011 at Microgravity Sc. Technol., ISPS 4, 11-15 Juillet 2011, Bonn, Germany
- C129- P. Evesque, R. Liu, Y. Chen, M. Hou, 3d simulations of granular gas in a vibrating box: demonstration of a large boundary effect due to dissipation by collisions which is not propagative shock wave. (IAC-11.A2.1.3) ; IAC, Sept 2011 ; proceedings of the 62nd International Astronautical Congress , 3-7 October 2011, Cape Town, South Africa
- C130- P. Evesque, Topical Team Vibration, 22 /9/2011, Paris, ESA-HQ, France
- C132- P. Evesque, M. Hou, Yp Chen, : « Breaking of speed symmetry in granular gas distribution » ; J-StatPhys. Paris, ESPCI, 26-27 Janv. 2012)
- C133- P. Evesque : Is studying vibrated granular gas a way to study partial mixing or partial demixing ? GDR MFA, Porticcio, Corse (9-12 Oct. 2012)
- C134- P. Evesque : « Granular Gas and the 2nd principle of thermodynamics » ; J-StatPhys. Paris, ESPCI, 24-25 Janv. 2013)
- C135- P. Evesque: "Travail , Dissipation et second principe de thermodynamique dans les milieux granulaires", Ecole & GDR EGRIN, ; 2-4/4/2013, Chalès-France

8) Valorisation de la recherche

- v1- Robinson Crusoè, Vendredi et les cannibales: une vision fractale de la colonisation d'un archipel. ¹⁰
P. Evesque
Bulletin de la Société Française de Physique, n° 53, pp. 9-10, (juillet 1984)
- v2- Réactions chimiques dans un espace fractal. ¹³
P. Evesque
Le Courrier du C.N.R.S., supplément au n° 60, (avril-juin 1985)
- v3- Optique non-linéaire ultra rapide: réseau transitoire picoseconde. ²⁴
Plaquette de l'Université P. & M. Curie (Paris VI), (1987)
- v4- La dynamique du tas de sable. ²⁷
P. Evesque & J. Rajchenbach
La Recherche **205**, pp. 1528-9, (Décembre 1988)
- v5- La matière en grains.
P. Evesque et R. Jullien
Emission de radio sur France Culture, (14 Décembre 1988 de 19h.30 à 20h)
- v6- La psammodynamique: un art millénaire, une science à naître? ³³
J. Rajchenbach & P. Evesque
Bulletin de la Société Française de Physique, n°73 p. 12, (juillet 1989)
- v7- Du sable liquide ⁴²
P. Evesque
Pour la Science **168**, p.96-102, (oct. 1991), rubrique: L'Expérience du mois.
- v8- Shaking dry powders and grains ⁴⁸
P. Evesque
Contemporary Physics **33**, 245-61 (1992)
- v9- Les avalanches ⁵⁸
P. Evesque & P. Porion
Pour La Science **187**, 54-61, (mai 1993)
- v10- Un sablier qui remonte le temps ⁶⁹
P. Evesque
Pour la Science **210**, 104-107, avril 1995
- v11- La mécanique des poudres ⁷⁰
P. Evesque
Science et Vie Hors Série (septembre 1995)
- v12- Sablier inversé ⁸⁹

- P. Evesque
Pour la Science **239** (sept. 97), 94-96
- v13- Poudres, grains et vibrations...sur terre et en apesanteur
 P. Evesque
Du 27 février au 27 avril 2008, palais de la Découverte, stand “un chercheur-une manip”
Conférences invitées
- V14- 3 films à l’occasion du stand Un chercheur une manip ; Poudres, grains et vibrations...sur terre et en apesanteur
 Vibrations et milieux granulaires sur terre et en apesanteur, Film 22mn, éditeur : Palais de la Découverte (2008), un chercheur-une manip Février Avril 2008
 Vibrations et écoulements granulaires, Pierre Evesque, Film (9mn) éditeur : Service Audiovisuel ECP (2008)
 Un chercheur, une manip, Reportage au Palais de la Découverte, Service audio-visuel de l’ECP, Avril 2008
- v15- 2 expériences au salon de l’innovation et de la Recherche, porte de Versailles, Stand du Palais de la Découverte, 5-7 juin 2008
- v16- Granular matter under microgravity; P. Evesque, Y. Garrabos, A. Garcimartin, N. Vandewalle, D. Beysens; *Europhys. News* **39** (n°4), 28-29, (2008); **Doi** 10.1051/eprn:2008403
- v17- Shake , rattle and roll: using vibrations as gravity; D. Beysens, P. Evesque & Y. Garrabos; In Looking up Europe’s quiet revolution in microgravity research, Published by *Scientific American* (01-2008) pp. 74-80
- v18- P. Evesque ; « Matériaux granulaires et impesanteur » ; *Centraliens* n°**599**, 58-62 (2010)
- v19- D. Beysens, P. Evesque und Y. Garrabos ; “Bei Gebrauch gut Schütteln ! Schwingungen ersetzen die Gravitation”; (German translation of “Shake, rattle and roll: using vibrations as gravity”; *Spektrum Extra der Wissenschaft*, pp 96-103 (2010) présentation par le Ministre allemande de la technologie

9) Rapports de contrats

- Caractérisation mécanique d'un milieu granulaire et méthode d'estimation de sa densité in situ à l'aide du pénétromètre dynamique
 Rapport PAM, sept. 1996; P. Evesque & M. Hattab
- Etude de la faisabilité de l'instrumentation d'une préforme
 Rapport PAM, sept. 1996; P. Evesque & M. Hattab
- Etude des vibrations et de l'influence du "rocking" sur les caractéristiques des vibrations d'un caisson plein de sable
 Rapport PAM, sept. 1996; P. Evesque & M. Hattab
- Rapport du Topical Team vibrations meeting Paris, 16 mars 2000
- Rapport du Topical Team vibrations meeting Paris, 10 septembre 2000
- Rapport du Topical Team vibrations meeting Paris, 19 mars 2002
- Rapport du Topical Team VIP_Gran meeting Paris, 7 Nov 2006
- Rapport du Topical Team VIP_Gran meeting , ESA HQ, Paris, 24 Avril. 2007
- DAR CNES 1998, 1999,2000,2001, 2002,2003,2004,2005,2006,2007,2008,2009,2010
- Rapport du Topical Team VIP_Gran meeting , Bordeaux, Paris, 8 Juillet. 2010

10) Séminaires

- Les fractales en physique, Laboratoire d'Electrochimie Interfaciale, Bellevue, (9 décembre 1985)
- Diffusion de la chaleur dans une fractale: relaxation d'un réseau transitoire, Centre de Physique Moléculaire Optique et Hertzienne, Université de Bordeaux I, (10 février 1986)
- Introduction aux fractales, Journée Fractale à l'E.S.P.C.I., Paris, (12 mars 1986)
- Marche aléatoire et réaction chimique dans un système réel proche de la percolation., Laboratoire de Physique des Solides, Université d'Orsay, (21 mai 1987)
- Tas de sable: solide ou liquide.,Laboratoire de Physique des Solides, Université d'Orsay, (21 octobre 1988)
- Propriétés dynamiques du tas de sable., Laboratoire de Physique Théorique des Liquides, Université P. & M. Curie, Paris, (26 octobre 1988)
- Tas de sable: tas de problème, Groupe de Physique du Solide, Université P. & M. Curie, Paris, (10 novembre 1988)

Basic principles of the physics of sand heap, James Franck Institute, University of Chicago, Illinois, U.S.A., (25 novembre 1988)

Statistics of bead avalanches and related problems. Department of Physics, Boston University, Mass., U.S.A., (2 décembre 1988)

Instability of a sand heap vertically shaken. Brookhaven National Lab., Long Island, N.Y., U.S.A., (5 décembre 1988)

Heap of sand, heap of problems. Department of Chemistry and Biochemistry, UCLA, Los Angeles, Californie, U.S.A., (12 décembre 1988)

La matière en grains. *Emission radio sur France Culture*, (14 décembre 1989), P. Evesque et R. Jullien

La physique du tas de sable: problèmes récents., Département de Recherches Physiques, Université Paris VI, (20 mars 1989), J. Rajchenbach et P. Evesque

Quelques propriétés physiques des matériaux granulaires non cohésifs. Lab. de Physique Statistique de l'E.N.S. Ulm, Paris, (2 mai 1989)

Simple experiments on granular materials. Cavendish labs, Cambridge, Grande Bretagne, (19 mai 1989)

La physique du tas de sable. Centre de Recherches sur les Solides du CNRS, Orléans, (24 octobre 1989)

Des vagues dans le tas de sable. Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, Collège de France, Paris, (14 décembre 1989)

Recent results on avalanches of beads and on vibrational fluidization of granular beds. Cavendish labs, Cambridge, Grande Bretagne, (18 décembre 1989)

Limite statique-dynamique d'un tas de sable. Laboratoire de Spectrométrie Physique, Grenoble, (22 mars 1990)

Limite statique-dynamique d'un tas de sable. Laboratoire de Physique, E.N.S., Lyon, (12 mars 1990)

Les avalanches de billes. Laboratoire de Mécanique des Solides, Ecole polytechnique, Orsay, (1990)

Physique du tas de sable. Centre de Recherches de Pont-à-Mousson, Pont-à-Mousson, (1990)

Mécanique de déformation d'un tas de sable; Laboratoire de Physique de la matière Condensée, Université de Nice, (29 janvier 1991)

Les avalanches de sable. L.C.P.C., Paris, (31 janvier 1991)

Un exemple de désordre: la percolation au régime critique. Laboratoire de Mécanique: Sols-Structures-Matériaux Ecole Centrale Paris, (1 juillet 1991)

Dépendance des caractéristiques des avalanches de sable en fonction de la densité du sable et de la gravité. Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, Université de Nice, parc Valrose, Nice, (24 Sept. 1991)

Comportement Rhéologique du Sable et Méthodes de Préparation . Institut de Géodynamique, Sophia-Antipolis, 27 mars 1992.

Micro and macro mechanics of sand pile: "Toward Psammomechanics"; Physics Dept, Duke University, Durham, North Caroline, 22 juillet 1992.

Quelques comportements non-linéaires et non locaux dans un tas de sable; Lab. Physique de la matière condensée, ENS Paris, 1 février 1993, PARIS

Quelques problèmes de Physique du "Tas de Sable", Lab de Mécanique: sols-structures-matériaux; Ecole Centrale Paris, 19 octobre 1993

Théorie de la percolation, Lab. de Mécanique: sols-structure-matériaux; équipe structure (28 avril 1994)

Fluctuations and granular materials, Cavendish labs; polymer group; 6 mai 1994

Fluctuations et Mouvements des grains: ECP, 5 janvier 1995

Fluctuations en mécanique des milieux granulaires, Collège de France, 2 novembre 1995

Fluctuations et passage micro-macro; ECP, 29 nov. 1995

Auto-organisation du mouvement des rouleaux dans une chaîne linéaire de rouleaux sur un plan: effet du frottement; ECP, 10 janvier 1996

La Ségrégation dans les milieu granulaires; Faculté de Pharmacie, DEA de Pharmacotechnie et de Biopharmacie, Châtenay-Malabry, 6 Février 1996

Effets de sollicitations cycliques sur les matériaux granulaires: 2 exemples simples nouveaux; Groupe de Physique du solide, Université Paris VI; 30 mai 1996

La Ségrégation dans les milieu granulaires; Faculté de Pharmacie, DEA de Pharmacotechnie et de Biopharmacie, Châtenay-Malabry, 3 Février 1997

De la mécanique des sols à la mécanique des fluides granulaires en passant par la physique; ISGMP, Université de Metz, Metz, 7 mai 97

Some aspects of the mechanics of granular materials; Lab. M.A. El Sayed, Dept. of Chemistry and Biochemistry, Georgia Tech., Atlanta, Georgia, may 15, 1997

From soil mechanics to Fluid mechanics of granular materials: avalanches, convection, the view of a physicist.; Center for non linear dynamics, University of Texas at Austin, may 28, 1997

Macroscopic viewpoint of the mechanics of granular material: Application to avalanches and convection; Institut of theoretical Physics, University of California at Santa Barbara, 24 septembre 1997

De la mécanique des sols à la mécanique des fluides granulaires en passant par la physique; Séminaire Ile de France Sud de mécanique, ENS Cachan, 20 novembre 1997

La Ségrégation dans les milieu granulaires; Faculté de Pharmacie, DEA de Pharmacotechnie et de Biopharmacie, Châtenay-Malabry, 20 Février 1998

Du grain de sable à la dune; Conférence, Université du Littoral, Dunkerque & Labo de Thermophysique de la matière condensée, 5 juin 1998

Few problems of granular materials: from avalanches in macro-g to gas-like behaviour in micro-g; Los Alamos National lab, 24/6/1998

Few problems of granular materials: from avalanches in centrifuge to shaken granular material in micro-g; Sandia National labs, 25/6/1998

Mouvements convectifs sous vibration; Faculté de Pharmacie de Châtenay-Malabry, 12/2/1999

Ségrégation; Faculté de Pharmacie de Châtenay-Malabry, 12/2/1999

Mécanique des silos; Schlumberger Dowell, 26 rue dxe la Cavée, Clamart, France, 16/3/1999

Les milieux granulaires : apport de la physique; Lab 3S-IMG- Université de Grenoble, 14/10/99

La Ségrégation dans les milieu granulaires; Faculté de Pharmacie, DEA de Pharmacotechnie et de Biopharmacie, Châtenay-Malabry, 18 Février 2000

Quelques exemples physiques du passage du milieu discret au milieu continu; Lab MSSMat, ECP, Journée séminaire commun du 10 mars 2000

Mécanique des milieux granulaires: quelques problèmes à l'échelle du grain; Université du Havre, 19 janvier 2001, Ségrégation et mélange de milieux granulaires, DEA de Pharmacie, Université Paris XI, 23 février 2001, Châtenay-Malabry

Quelques modèles physiques simples pour le comportement des milieux granulaires, Lab MSSMat, ECP, Journée séminaire commun du 6 mars 2001

Ségrégation-mélange et quelques problèmes de vibration de milieux granulaires, DEA de Pharmacie, Université Paris XI, 22 février 2002, Châtenay-Malabry

Ségrégation-mélange et quelques problèmes de vibration de milieux granulaires , DEA de Pharmacie, Université Paris XI, 28 février 2003, Châtenay-Malabry

Ségrégation-mélange et quelques problèmes de vibration de milieux granulaires , DEA de Pharmacie, Université Paris XI, 5 février 2004, Châtenay-Malabry

Gaz granulaires 3-d : quelques effets spécifiques liés à la dissipation, Lab PTMS bat 100, Orsay, 14 Septembre 2004

Cours Méca milieux Discontinus (MMD) de MSROE, 9h Oct 2004, Master MSROE, ECP.

Ségrégation-mélange et quelques problèmes de vibration de milieux granulaires , 2h30, Master de Pharmacie, Université Paris XI, 16 décembre 2004, Châtenay-Malabry

Cours Mécanique des milieux Discontinus (MMD) de MSROE, 9h Oct 2004, ECP

Mécanique statistique des milieux granulaires et degrés de liberté de rotation: quelques effets surprenants, LPMHC, ESPCI, Paris, 13 Mai 2005

Ségrégation-mélange et quelques problèmes de vibration de milieux granulaires, 2h30, Master de Pharmacie, Université Paris XI, 17 novembre 2005, Châtenay-Malabry

Cours Mécanique des milieux Discontinus (MMD) du master MSROE, ECP, 12h Oct 2004

Gaz granulaire en micropesanteur. Démon de Maxwell Granulaire: différences entre version terrestre et version 0g. P. Evesque & M. Leconte; GDR MFA, Carry-le-Rouet, 16-19 Octobre 2005

VIP-GRAN Instrument : the project; ESA VIP Europe-Russia meeting ; ESTEC, June 21, 2006

Gaz granulaire en apesanteur : Quelques résultats récents. P. Evesque & M. Leconte; GDR MIDI, Carry-le-Rouet, 29-31 mai 2006

Quelques problèmes de micro-nano -fluidique granulaire en micro gravité, LMT, ENS Cachan, mai 2006

VIP-GRAN : the goals; COMAT, Toulouse, 28 Août 2006, réunion de lancement d'étude

Maxwell Demon in Granular Gases, IOP, CAS, Pékin, 14 Sept 06

Structuration of matter under controlled vibrations; CAS-CNRS-CNES meeting, Marseille, L2MP, 25-27 Sept 2006

Ségrégation-mélange et quelques problèmes de vibration de milieux granulaires, 2h30, Master de Pharmacie, Université Paris XI, 19 Octobre 2006, Châtenay-Malabry

Is Granular material a plasma dust with dissipation? International TT on near critical Fluids and plasma dusts; ESA-ESTEC, Noodwjick, Netherlands, 30-31 Oct. 2006

Objectives of the meeting; Topical team on Vibration & Granular Matter-VIP-Gran; ESA HQ, Paris, 7 Nov. 2006

The future instrument VIP-Gran; Topical team on Vibration & Granular Matter-VIP-Gran; ESA HQ, Paris, 7 Nov. 2006

Granular Matter in Micro-gravityand beyond, IOP, CAS, Pékin, 6 Juillet 07

Les Objectifs scientifiques de Dynagran, Mécano-ID, Toulouse 5/12/2008

New results on granular-gas simulations and experiments, and on magneticlevitation, P.Evesque, Phys. Dpt, CAS, Beijing, 11 June 2010

ANNEXE II :
Témoignage n° 4 au Conseil de labo MSSMat du 3/9/2012
Sur la déontologie scientifique pratique

Témoignage n° 4

de P. Evesque

Au Conseil du laboratoire MSSMat
Du 3/09/2012

De la science à la « réalité » administrative
et aux « nouveaux scientifiques de renom »

From Science, to « administrative Reality » and to
Newly famous Scientists : an evil transmutation

Analyse des dossiers contenus dans
les Témoignages n°1 et n° 2

Cette annexe contient 90p, elle provient d'un dossier déposé au CL du 3/9/2012 pour être annexé au pv de ce conseil

ANNEXE III

EXTRAIT DU RAPPORT D'ACTIVITE CNRS A 2.5 ANS

2010-2012

DE P. EVESQUE

DR2 CNRS

Lab MSSMat, UMR 8579 CNRS
ECOLE CENTRALE PARIS

CHATENAY, SEPT. 2012

TABLE DES MATIERES :

A1- Curriculum Vitae	1
A2- Recherche scientifique	3
Conditions générales de travail (voir aussi p.15-16)	3
Bilan des recherches	4
<i>Milieu granulaires en apesanteur</i>	4
<i>Nucléation sous vibration près du point critique</i>	16
<i>Propriétés mécaniques des compacts</i>	18
Liste des publications 2010-2012	19
A3- Enseignement, Formation et Diffusion de la culture scientifique	21
A4 Transferts technologiques, relations industrielles et valorisation	22
A5- Encadrement, animation et management de la recherche	23
B- Objectifs	24

Faits marquants 2010-2012 :

Rappel : Infarctus et AVC, date : 13 et 14 Mars 2009 , en rééducation **orthoptique et orthophonique** depuis 3 ans ; en trêve thérapeutique depuis 1 an pour l'orthopsie.

Depuis plusieurs années, je subis des attaques sur mes contrats et un refus d'application des règles de déontologie scientifique, ce qui m'impose un stress supplémentaire.

J'ai demandé de l'aide aux autorités de tutelle, sans succès. J'en demande aussi à la commission

Programme spatial :

Programmation d'expériences A300-0g sur la gestion de grains par de l'air (depuis 2010).

Programmes spatiaux Dynagran (CNES-Chine, M.Hou) et **VIP-Gran** (ESA-Chine) en phase B (début 2011) en attente de confirmation chinoise.

Coordination du Topical Team ESA TT VIP-Gran (2000-2011)

Réalisation d'un petit lévitateur magnétique plan de démonstration permettant la lévitation de palets de graphite, mais montrant l'interaction entre palets. Réalisation d'une taille plus grande (A5)

Mise en évidence d'un comportement non fluide classique dans les GG :

Encadrement de la thèse Rui Liu (CAS-Beijing) 1 an à MSSMat : Simulations de systèmes 3d de Gaz Granulaire et démonstration de l'existence d'un système totalement inhomogène à symétrie \pm brisée et à 2 températures \pm locales différentes.

Encadrement de la thèse Yanpei CHEN , à temps plein à ECP ; mesure expérimentale des paramètres du système granulaire 2d en fonction des paramètres vibratoires. 1) dans une Manip 2d de l' A300-0g, 2) dans une cellule 2d horizontale dans une expérience sol avec vibration horizontale, 3) au sol dans une cellule 2d inclinée par rapport à l'horizontal avec vibrations inclinées, 4) comparaison avec les résultats de simulations 2d faites par Yanpei Chen. Ces résultats sont cohérents et ont été publiés partiellement en Chine. La thèse sera soutenue courant Nov. 2012.

L'expérience et le modèle proposés démontre l'inconsistance d'un modèle hydrodynamique ; le modèle proposé en rend compte partiellement ; il doit être affiné. Les articles récents de P.Evesque sur les gaz granulaires et publiés dans *Poudres & Grains* ont été « validées » récemment par un membre de l'Acad. Des Sciences (J.Villain), dont l'absence de complaisance vis-à-vis de l'auteur ne peut être suspectée (voir son rapport 1989 pour la candidature de P.Evesque DR2 section 07; voir aussi J.Villain *Poudres & Grains* **20** , 29-36 (2012)).

Etude des propriétés mécaniques des Compacts : Collaboration Fac pharmacie (G Couarraze & P.Tchoreloff) et P. Porion (CRMD)

Membre et ex-président de l'Association pour l'Etude de la Micro-mécanique des Milieux Granulaires (AEMMG) qui gère le congrès *Powders & Grains*

Editeur de *Poudres et Grains*

Membre du Comité scientifique du congrès *Powders & Grains* 2013 (Australie) (semaine du 14 juillet-2013)

A.2) RECHERCHE SCIENTIFIQUE

A.2.1- Conditions générales de travail

Pour les conditions de travail je réitère les reproches que j'ai fait dans mon rapport à deux ans de 2009-2010. Merci de s'y reporter.

En fait les conditions administratives de travail sont de plus en plus pénibles (voir mon rapport précédent). De plus je trouve que l'on fait vraiment peu de cas de la déontologie scientifique (évidemment tout cela peut paraître relatif), et des lois existantes (droit d'auteur, droit au débat scientifique ou littéraire) sont bafouées sous prétexte que plus personne ne semble savoir reconnaître une vérité, c'est la majorité qui fait la loi. Ceci serait bien si elle respectait les minorités.

J'ai écrit une série de 4 témoignages écrits à ce sujet entre juin 2011 et Sept. 2012 que j'ai déposé au Conseil de mon laboratoire ; prière de les consulter. Il devient urgent de faire bouger les choses et les méthodes.

Pour un scientifique classique comme moi (c'est-à-dire spécialisé en « sciences naturelles »), il est primordial de reconnaître le principe d'évidence expérimentale ou de preuve expérimentale et de ne pas se laisser abuser par de faux débats, mal posés, qui n'ont que peu de chose à voir avec la réalité. Depuis que j'ai appris la mécanique au sein des mécaniciens (1992), j'ai intégré un certain nombre de concepts que les autres physiciens semblent avoir du mal à comprendre, voir à percevoir même l'utilité. C'est ce qui fait la personnalité de mon approche. Du coup, il m'a fallu contester un certain nombre d'erreurs et de modèles inadéquates ces 20 dernières années (propagation des contraintes comme des droites, effets d'arches, propagation du son, application de la mécanique des sols aux avalanches,...). Ceci a laissé des traces. Aujourd'hui, c'est le problème du gaz granulaire dont l'approche est toujours biaisée, et j'ai toujours du mal à me faire comprendre. Cela n'est rien si on peut s'exprimer, il en va tout autrement dans le cas contraire.

L'administration cnrs, théoriquement au fait de la pluridisciplinarité, ne fait qu'empirer les choses, en accordant du crédit qu'aux plus prolifiques en écrits, en calculant le nombre de publication. De temps en temps l'administration devrait savoir se taire, plutôt que de mander un travail contre efficace. La science expérimentale se confronte systématiquement à l'expérience pour tester les concepts valides. L'administration ne pense pas à se tester elle-même le plus souvent.

Ainsi, mon travail essentiel ces dernières années a été de lutter contre la bêtise humaine et les effets d'annonce, via ces 4 témoignages, et c'est bien là le principal de mon travail. Mais ceci ne peut compter pour une administration bornée.

J'exposerai mon travail actuel de ces cinq dernières demi-années en fonction de la liste de mes publications. La première catégorie concernera la physique des milieux granulaires vibrés. En ce moment, le cas étudié préférentiellement est celui des faibles concentrations en grains et en apesanteur, c'est-à-dire le cas du Gaz Granulaire (GG), bien que je continue aussi à m'intéresser aux cas plus denses (fluides granulaires, convection...), dont nous programmons l'étude en micro-g aussi. Une autre catégorie concerne les systèmes liquide-gaz vibrés près du point critique (changements de phase) en impesanteur ; dans ce cas, c'est entre autre la dynamique de la nucléation qui nous intéresse. Ce sont les deux vrais centres de mon activité actuelle et ma source essentielle de financement.

Ceci dit, certains de mes intérêts scientifiques me portent à reconsidérer la physique microscopique, tout en restant dans le domaine granulaire. Par exemple en reconsidérant l'évolution des propriétés physiques en fonction de la taille des grains et d'aborder ainsi les problèmes des couleurs des matériaux en fonction du broyage, ou le problème lui-même du broyage ou de l'agglomération des grains ; mais ces sujets sont encore en germes sans production d'article. Ils ont aussi des connexions avec certains problèmes d'astrophysique.

Actuellement, mon problème essentiel est lié au non respect de la qualité de la science, à tel point que cela me fait refuser tout projet d'avenir pour le cnrs lui-même; Ce n'est pas le manque de sujets intéressants. Ceci est lié à une organisation permissive des instances chargées de défendre la science, et donc la déontologie scientifique, et qui ne font en fait que la détruire.

Le travail sur les gaz granulaires a été évalué positivement par J. Villain, cf. P&G, (2012) que l'on ne peut accuser de favoritisme à mon égard (voir son rapport sur ma candidature DR2 de 1987).

A.2.2- Bilan des travaux de recherches

a) Milieux granulaires vibrés et impesanteur :

Rappel historique :

C'est le premier grand sujet qui me relie à la recherche spatiale. Lorsqu'en 1990 l'ESA m'a proposé de former un groupe d'experts sur les matériaux granulaires et la micro pesanteur, j'ai accepté avec reconnaissance et ai constitué un groupe de quatre personnes (D.Sornette, HGB Allersma, C.Thornton et moi-même, 1990-93) ; j'ai été mis en relation avec d'autres passionnés d'espace, dont D. Beysens très actif à l'ESA qui m'a proposé dès 1992 de participer à l'expérience MiniTexus 5 (1998) ; j'ai aussi pu connaître lors d'un congrès (sur la Kama, 1992) des chercheurs russes de Perm (V.Kozlov, T et D. Lyubimov) spécialistes en hydrodynamique de vibration ; ils m'ont initié par la suite à leur domaine de recherche grâce à leur invitation régulière de l'ECP. D'où une série de travaux déjà anciens sur les liquides vibrés (1995-2005). Cette collaboration a permis de former un groupe d'équipes de recherche (TT Vibration) intéressées par l'effet des vibrations dans les fluides en micro-gravité dès 2000. Ont suivi les expériences Maxus 5 et 7, des vols en Airbus, puis un contact (fin 2005) avec M.Hou du CAS à Beijing formalisant rapidement un contrat tacite de collaboration (1/1/2006) sur l'expérience chinoise SJ8 (Sept 2006), puis sur de projets communs (Vol paraboliques CNES et expérience Dynagran de SJ-10). C'est grâce à la reconduction écrite (2006 ou 2007) de ce contrat tacite et probablement « illégal » de collaboration scientifique entre M. Hou et moi formulée lors de la demande initiale de Dynagran à la Chine que j'ai vu arriver en Oct. 2009 R.Liu, en thèse à la CAS, pour un stage d'un an, missionné par la CAS et que j'ai assisté à sa thèse en Mai 2010 à Pékin.

Des « incohérences » dans la gestion du programme d'expériences CNES, liées au mode de fonctionnement du cnes et non de la Chine, m'ont poussé à ralentir mon implication dans le sujet au moins pour l'instant... (voir mes quatre témoignages au conseil de laboratoire MSSMat, mon rapport cnrs à 2 ans 2009-2010, mes lettres au délégué régional,..). **J'attends les résultats expérimentaux avec intérêt.**

Quelques résultats du travail de R.Liu à l'ecp, non utilisé dans sa thèse :

Prologue : Etat du sujet GG avant 2009 : Depuis quelques années, nous étions confrontés à un certain nombre d'incompatibilité » entre nos résultats expérimentaux (MiniTexus 5, Maxus 5, Maxus 7, Airbus et SJ8) avec les résultats publiés par nos collègues du monde entier, souvent simulateurs :

- (i) Nous nous étions rendu compte que dès que la cellule contenait plus d'une couche de billes, la « température » des billes (c'est-à-dire $\langle v^2 \rangle$) est inférieure à la vitesse typique de la paroi $V=b\omega$, or celle-ci doit être comparée au carré c^2 de la vitesse c du son du gaz, qui est en fait liée à $\langle v^2 \rangle$. On peut donc conclure que la paroi « attaque » donc le gaz granulaire en régime supersonique ; et nous ne voyons pourtant aucune « onde de choc » !!?
- (ii) Ceci arrive expérimentalement dès que le nombre de couche n de billes recouvrant le fond de la cellule est plus grand que $n_c \approx 1$. Ce nombre n_c correspond approximativement à un libre parcours moyen l_c égal à la longueur L de la cellule, L étant la dimension dans le sens de vibration. Donc, si $n > n_c$, $L \gg l_c$, cas d'un gaz normal; et si $n < n_c$, $L \ll l_c$, on est alors en régime dit de Knudsen.
- (iii) Dans le cas « gazeux », $n \gg n_c$, les modèles précisaient la distribution des vitesses au sein du gaz, en définissant une température locale et en modélisant sa variation en fonction de la distance aux parois et de la nature des parois (froide, chaude,...).
- (iv) La température locale aux parois est donc fixée de manière ad hoc, et peu d'articles se sont intéresser à cette « température » près de la paroi. Comment relier cette température au mécanisme local d'excitation ? Est-elle la même pour un sinus, une dent de scie, une excitation thermique. Les simulations disent que « rien ne change », mais ne donnent pas réellement de graphe.
- (v) Par contre je savais que lorsque les billes sont en nombre suffisant ($n > n_c$), celles-ci arrivent très lentement aux parois, et ne se heurtent à la paroi que lorsque cette dernière est en extension (presque) complète ; du coup les billes ne reçoivent qu'une faible impulsion lors des chocs. Les simulations numériques concluaient à l'existence d'aucune incidence spécifique du mode d'excitation (sinus, dents de scie, thermique).

- (vi) Quand $n < n_c$, la distribution moyenne des vitesses est totalement « anormale », en $\exp(-v/v_0)$ et non en $\exp(-v^2/v_0^2)$, (d'après les expériences Airbus A300-0g, qui ont été répétées...).
 - (vii) Quel est donc le rôle réel de la paroi excitante ? Est-ce celui d'un vélostatis ou d'un thermostat, c'est en ces termes que j'ai posé le débat. (Nous verrons que je peux répondre maintenant que c'est celui d'un vélostatis, en tout cas partiellement).
 - (viii) Quel est le nombre réel de phase en présence ? 1 disent les physiciens/simulateurs . Je pense plutôt 2 depuis un certain temps, voir plus maintenant et pour d'autres cas....
- Etc....

La publication de nos résultats et de leur incompatibilité avec ceux de la communauté physicienne a laissée imperturbable celle-ci. Même lorsque je participais à un certain nombre de carrefour scientifiques, « école d'été » de quelques semaines (UCSB (2005), Leiden (2007), invitation à des séminaires ..., Palais de la Découverte). Personne n'a proposé de collaborer et de confronter ses datas aux nôtres.

Je soupçonnais bien une certaine méprise dans la façon de dépouiller leurs résultats de simulations, mais il fallait le prouver, c'est-à-dire pouvoir les consulter, ou les refaire. L'occasion a été fournie par l'arrivée en stage d'1 an à l'ECP de R. Lui (étudiant chinois en thèse avec M. Hou), qui avait simulé des gaz granulaires. Il fallait lui faire reprendre ses simulations dans un cas plus proches du mien et de lui proposer une méthode sérieuse de dépouillement des données : Mesurer des effets là où personne ne cherchait réellement à les voir.

Le Travail de R.Liu : Ces simulations sont basées sur un algorithme en C++ de dynamique moléculaire classique ; on considère des échantillons 3d dont le nombre de particules peut être varié et des collisions représentées par un coefficient de restitution inférieur à 1 (système dissipatif) ; on néglige les rotations. Les conditions aux limites appropriées seront précisées ci-dessous.

A ce jour, ces simulations numériques ont permis de faire varier le nombre N de particules sphériques pour couvrir des taux de remplissages de 1 à 4 couches et de considérer trois valeurs différentes ($\epsilon=0.7, 0.8, 0.9$) du coefficient de restitution ϵ (la rotation et la friction sont négligées). La boîte est parallélépipédique, de dimensions réduites $60 \times 20 \times 20$, l'unité de longueur étant le diamètre $d=1$ de la bille. $L=60$ est la longueur caractéristique dans la direction de l'axe z des vibrations et le rapport d'aspect de 3 correspond au cas de l'expérience MAXUS 7. Les différentes fonctions mathématiques représentant les conditions de vibrations des parois de la cavité (voir Fig. a) ont permis de traiter les cas d'une paroi thermique, d'une paroi en mouvement « quasi-sinus », i.e. (séries des 2 sommets de 2 paraboles têtes-bêches), symétrique et non symétrique, et d'une paroi en mouvement triangulaire, symétrique et non symétrique.

Les principaux résultats nouveaux de ces simulations sont évidemment donnés par la possibilité d'analyser localement les statistiques caractérisant le comportement des billes en fonction de la côte z dans la direction de vibration de la cavité (discrétisation de l'axe z à l'échelle de la bille). Le programme détecte les collisions bille-bille et bille-paroi. Les instantanés de la position et de la vitesse des billes sont observés toutes les $N/10$ collisions et le programme stoppe après $100 \times N$ collisions (séquences de $10 \times N^2$ instantanés). On cherche à identifier le domaine correspondant à des conditions stationnaires grâce à une analyse par séquences temporelles.

A chaque instantané, les billes sont aussi subdivisées en deux classes suivant la direction ($z+$ ou $z-$) de leur mouvement selon l'axe z . Les paramètres essentiels analysés sont les distributions de densité et de vitesse, la vitesse moyenne (ou le flux moyen), la température moyenne et la pression moyenne, en fonction de z , pour la classe complète, et pour les deux sous-classes ($+z$ et $-z$) de billes. L'extraction de ces paramètres a nécessité de tracer et **dépouiller plus de 6000 courbes** et c'est un minimum, c'est le **prix nécessaire à payer** pour traiter des systèmes complexes inhomogènes et montrer qu'ils n'obéissent pas toujours à **des lois de champ moyen**. Tous les résultats bruts et une première analyse ont été mis en ligne dans Poudres & Grains, et ont servis de support à une communication orale. [P. Evesque, R. Liu & M. Hou, "Evidence for speed-symmetry breaking in steady state of dissipative granular gas in 0g, i.e. Oral Presentation at Powders & Grains 2009, Golden, Colorado, USA, (July 2009)].

On trouvera une analyse complète de ces résultats et de leur interprétation dans Poudres & Grains [P. Evesque ; *Poudres & Grains* **17**, 577 (2009), en français ; P. Evesque ; *Poudres & Grains* **18**,1 (2010), en anglais]. J'ai écrit cette version anglaise quand je me suis aperçu que Rui Lui n'avait pas utilisé ses résultats pour sa thèse (29 Mai 2010).

Pour simplifier, on peut décrire les résultats de la façon suivante : La figure (a) qui suit décrit les différentes conditions de vibrations (bi-paraboliques symétriques et non symétriques, dents de scie).

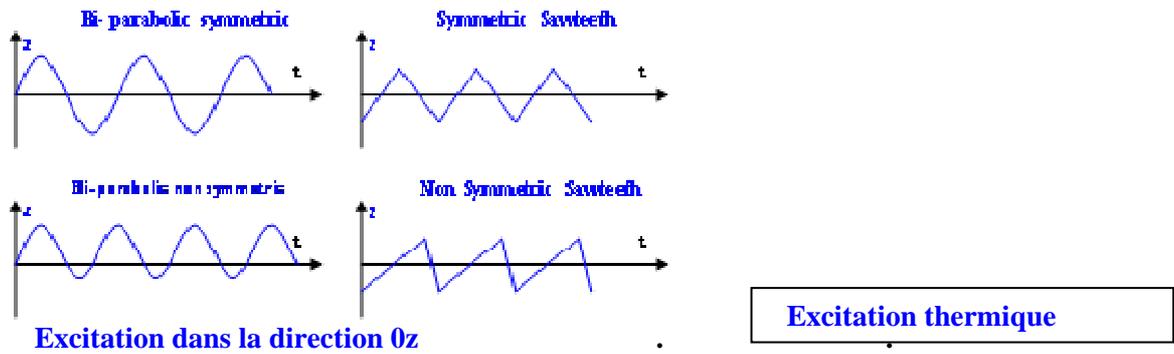


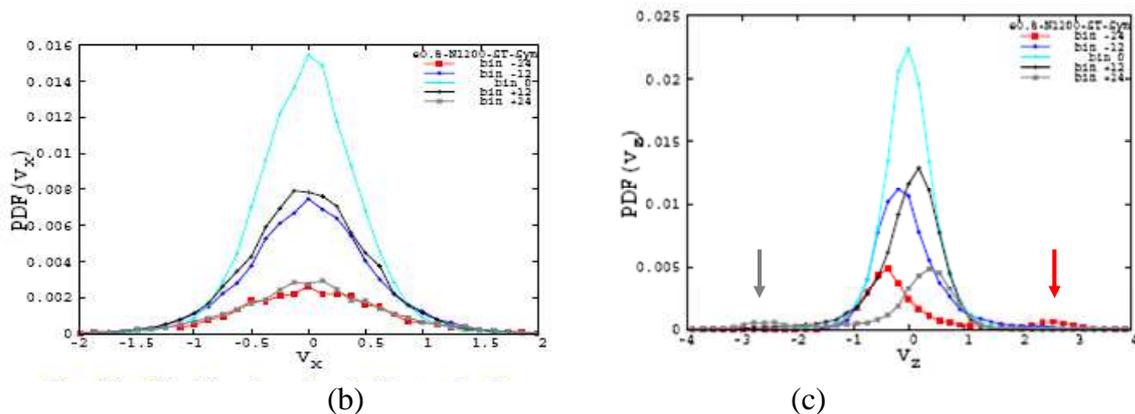
Figure (a) Différents types d'excitation testés dans les simulations numériques., soit sinus, soit dents de scie, soit thermique.

Puis les figures (b) à (h) illustrent quelques uns des résultats originaux obtenus par ces simulations numériques.

Pour une analyse cohérente on peut s'imaginer la boîte verticale (la boîte est donc « debout », et la direction des vibrations est dans la direction « bas↔haut » de la page, ce qui correspond à l'axe Oz vertical et aux parois vibrées « inférieure » en $z=0$ et « supérieure » en $z=L$). L'axe Ox est horizontal, l'axe Oy est perpendiculaire à la feuille.

Dans la Figure (b), les distributions des composantes V_x ou V_y des vitesses dirigées le long de Ox et de Oy (perpendiculaires à la direction des vibrations Oz) pour différentes positions z . Courbes rouge et grise: $z=L/10$ et $9L/10$, (près des parois vibrées). Courbes bleue et noire: $z=3L/10$ et $7L/10$ (milieu des 2 demies-boîtes selon z). Courbe bleu-clair: $z=L/2$ (au centre de la boîte). Ces courbes montrent que les distributions de ces composantes sont symétriques par rapport à une vitesse moyenne nulle.

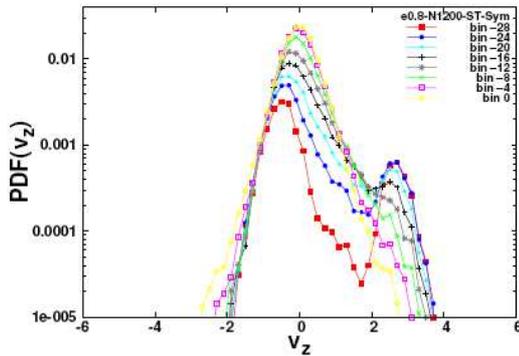
Dans la Figure (c), les distributions des composantes V_z des vitesses dirigées le long de Oz (parallèles à la direction des vibrations Oz) pour différentes positions z dans la boîte. Courbe rouge : $z=L/10$, (près de la paroi vibrée inférieure). Courbe bleue : $z=3L/10$ (« quart »-inférieur). Courbe bleu-clair: $z=L/2$ (au centre de la boîte). Courbe noire : $z=7L/10$ (« quart »-supérieur). Courbe grise : $z=9L/10$ (près de la paroi vibrée supérieure). Ces courbes ne sont pas symétriques par rapport à une vitesse moyenne nulle, excepté au centre de la boîte. Un second pic apparaît pour les positions proches des parois vibrées (voir flèches bleue et rouge) dont on peut mieux visualiser l'importance relative en coordonnées lin-log (voir figure (d) ci-après)



Figures (b) et (c). Résultats des simulations numériques pour une excitation en dents de scie symétrique pour $N=1200$ billes dans une boîte vibrée parallélépipédique de dimensions $(L=60d) \times (h=20d) \times (e=20d)$, avec $d=1$ (ua) et un coefficient de restitution normal $\varepsilon=0.8$ pour les collisions bille-bille.

- (b) Les courbes de V_x montrent que les distributions de ces composantes sont symétriques par rapport à une vitesse moyenne nulle.
- (c) Les distributions V_z ne sont pas symétriques et dépendent de la position z . Par contre chaque distribution de vitesse doit avoir une moyenne nulle, condition de stationnarité du flux. Un second pic apparaît donc pour les positions proches des parois vibrées (voir flèches bleue et rouge) dont on peut mieux visualiser l'importance relative en coordonnées lin-log (voir figure (d) ci-après)

La Figure d représente les distributions de V_z dans la partie basse de la boîte, avec une excitation en dents de scie, et en coordonnées log-linéaire pour accentuer l'existence des deux pics.



(d)

Figure d : Même type de courbes de distributions des vitesses selon Oz que dans la figure (c) ci-dessus, mais **seules les courbes des distributions en bas de la boîte ($z < 0$)** sont représentées pour mettre en évidence la dissymétrie des distributions. Elles sont représentées en coordonnées lin-log pour mieux voir les deux pics.

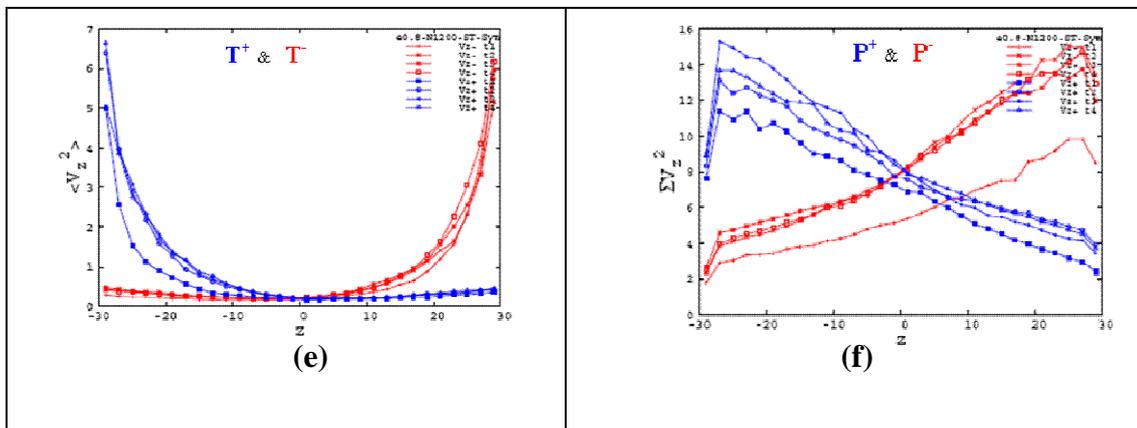
Courbe bleue : $z = 3L/10$ (milieu-inférieur). Courbe bleu-clair : $z = L/2$ (au centre de la boîte). Courbe noire : $z = 7L/10$ (milieu-supérieur). Courbe grise : $z = 9L/10$ (près de la paroi vibrée supérieure). Le second pic de la distribution est clairement visible.

On note aussi que la distribution moyenne, que l'on obtient en faisant la somme pondérée des ces distributions sur l'ensemble de la boîte, redevient symétrique.

On notera aussi que la distribution moyenne, que l'on obtient en faisant la somme pondérée des ces distributions sur l'ensemble de la boîte, redevient symétrique.

Du fait de la dissymétrie des vitesses la vitesse moyenne selon $+z$ et selon $-z$ dépendent de la position z . Par contre, le flux de billes doit être nul à travers une surface horizontale car le flux doit être constant. On en déduit : $\langle v^+ \rangle_z \neq \langle v^- \rangle_z$, bien que $\langle v \rangle_z = 0$. Ceci implique que la densité ρ^+ de particules dans la direction $+z$ est différente de celle ρ^- allant dans la direction $-z$.

Tout ceci semble compliqué, mais la cause en est relativement simple : les billes qui se rapprochent du « bas » le font « lentement », mais elles prennent une claque en se faisant frapper par la paroi ; du coup elles repartent plus vite. Ensuite elles sont ralenties par collision avec les autres billes en traversant le gaz, c'est-à-dire en « remontant vers le haut ». Là elles sont très ralenties et reprennent une claque de la part de la paroi du haut.



Figures e et f : mêmes paramètres opératoires que pour les figures (b) et (c) précédentes

(e) Distributions des températures granulaires T^+ et T^- pour les billes traversant un plan parallèle à xOy , respectivement du « bas » vers le « haut » ($z > 0$) et du « haut » vers le « bas » ($z < 0$), en fonction de z . Les 4 courbes T^+ (respectivement T^-), sont obtenues après 4 temps différents, permettant de vérifier la convergence vers un état dynamique stationnaire.

(f) Distributions associées des composantes de pressions dynamiques P^+ et P^- pour les billes traversant un plan parallèle à xOy , respectivement du « bas » vers le « haut » ($z > 0$) et du « haut » vers le « bas » ($z < 0$). Mêmes caractéristiques que pour la figure (e).

Le fait d'imposer un régime stationnaire fait le reste : le système doit trouver son équilibre local. Celui-ci impose qu'il n'y a pas d'accumulation de particules au cours du temps, et ceci à tout endroit. Donc à tout z , le flux des particules allant vers le haut doit être égal à celui allant vers le bas soit : $\langle v \rangle_z = 0$ bien que $\langle v^+ \rangle_z \neq -\langle v^- \rangle_z$, car $\langle \rho v^+ \rangle_z = -\langle \rho v^- \rangle_z$, ceci qui revient à dire : $\rho^+ / \rho^- \neq 1$.

On peut montrer de la même façon que cela implique l'existence de deux températures $T_+(z)$ et $T_-(z)$ et de deux pressions dynamiques différentes $P_+(z)$ et $P_-(z)$. C'est ce que l'on voit aussi « expérimentalement » par des simulations adéquates dans la Figures (e) et (f). Et c'est ce qui nous troublait dans nos expériences : les conditions aux limites jouent un rôle remarquable qui ne peut pas se simplifier même quand on utilise une paroi thermique. Cette paroi sra frappée par des billes « molles » (ou lentes) qui repartiront plus vite de la paroi, et « s'essouffleront » ensuite par contact avec les billes du tas pour revenir lentement vers les parois.

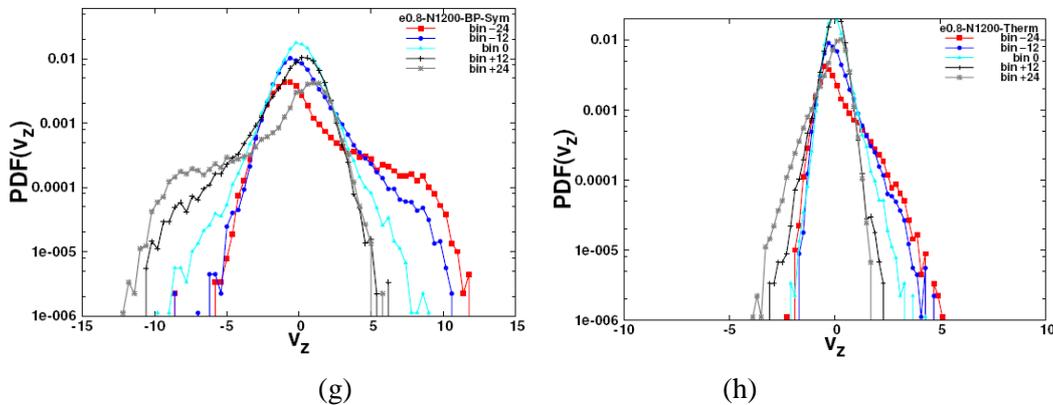


Figure (g) et (h) sur l'influence de la forme d'excitation, i.e. excitation sinus et thermique, sur la distribution des vitesse V_z .

Mêmes caractéristiques des simulations que dans les figures précédentes ($N=1200$, $(L=60d) \times (h=20d) \times (e=20d)$, $\varepsilon=0.8$).

- (g) Cas d'une excitation bi-parabolique (représentative de l'excitation sinusoïdale réalisée expérimentalement). Distributions des vitesses V_z en coordonnées lin-log avec le même code de couleurs que dans la figure (d). L'asymétrie des courbes est visible, notamment près des parois vibrées inférieure ($z=0$) et supérieure ($z=L$), mais apparaît plus faible que celle observée dans la figure (d) où l'excitation en dents de scie.
- (h) Cas d'une excitation thermique non-symétrique (même code de couleurs que dans les figures (d) et (g)). Les deux températures d'excitation correspondent à $T_{\text{«haut»}}=T_{z=L}=2T_{\text{«bas»}}=T_{z=0}$, conduisant à une asymétrie très remarquable des distributions en fonction de z .

Les conditions aux limites se voient dans tout le tas : si on regarde la pression dynamique elle varie continûment d'une paroi à l'autre. Il n'est donc pas question a priori de pouvoir traiter cet effet par un effet de bord, sauf à vouloir nier la façon dont nous cherchons à exciter ce « tas ».

On peut se demander enfin si la forme de l'excitation joue un rôle sur les data. Les Figures (g) et (h) répondent à cette question : Les distributions locales des vitesses dépendent fortement de la forme de l'excitation. On note par contre des comportements similaires sur P_+ et P_- , mais d'ampleur différente. Ces résultats ont été exposés dès 2009 en session orale plénière au congrès Powders & Grains 2009 de Boulder.

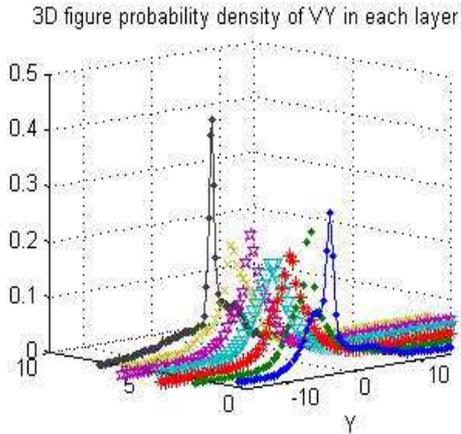
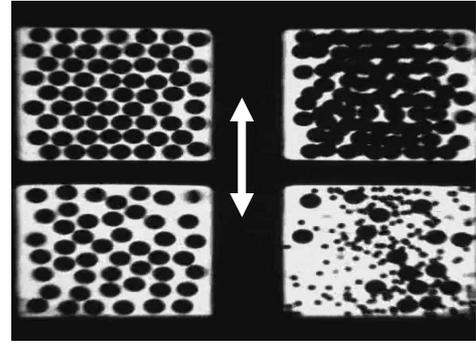
Thèse de YP Chen :

Du point de vue expérimental, nous avons retrouvé expérimentalement des caractéristiques similaires lors d'un dépouillement rapide des expériences Airbus 2006 avec un système 2d plus dense ($n=5$) (voir Figure (i) ci-dessous) lors de mon séjour en Chine de 2010. Du coup, le travail de Yanpei Chen s'est trouvé complètement défini : Retrouver et étudier l'origine de ces comportements granulaires dans des systèmes 2d, puis les généraliser à 3d, et prouver l'importance de ces/ses résultats dans le contexte des granulaires et des gaz granulaires. C'était une tâche énorme, compte tenu des enjeux et du contexte scientifique, mais elle était réaliste compte tenu de nos avancées. De plus, la Chine doit avoir des résultats fiables et utiles pour la conquête spatiale. Le travail a été réalisé en France, et la rédaction de la thèse et des articles a lieu depuis décembre 2011 en Chine.

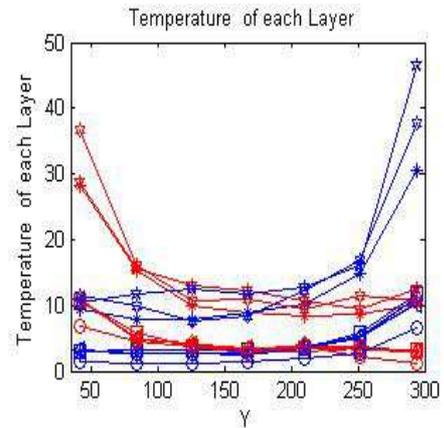
Le travail de Yanpei a été compliqué par son manque de connaissance de départ en anglais et français, et à cause de sa culture pédagogique différente qui ont rendus les discussions difficiles au départ. Mais ce travail préparatoire a été réalisé avec beaucoup de volonté et ténacité, de sorte que toutes les expériences ont été réalisées à Paris ainsi que la mise au point du dépouillement des données et une bonne partie des interprétations nécessaires. Elle a aussi réalisé à l'ECP le programme de simulation. Elle se trouve donc avec un ensemble de données expérimentales et de simulations conséquent [1) cellule 2d vibrée de l' A300-0g, 2) dans une cellule 2d horizontale vibrée au sol, avec vibration horizontale, 3) expérience sol à g variable : dans une cellule 2d inclinée par rapport à l'horizontal avec vibrations inclinées, 4) possibilité de comparaison avec les résultats de simulations 2d faites par Yanpei Chen elle-même]. De plus elle a appris à rédiger et elle a participé à plusieurs congrès.

Je dois dire aussi que les congrès scientifiques aux quels elle a assisté ont été aussi formateur quant à l'apprentissage du comportement humain « non déontologique ».

Figure i : *Expérience à bord de l'Airbus A300-0g permettant l'étude de la dynamique de 47 billes ($n_c \approx 5$) contenues dans le compartiment inférieur gauche de la cellule 2d, $L \times L = 1 \text{ cm}^2$, vibrée. Cette cellule correspond à la géométrie de la cellule chinoise utilisée dans le satellite SJ 8 (2006)*



Distribution des vitesses (ici l'axe O_y correspond à la direction des vibrations).



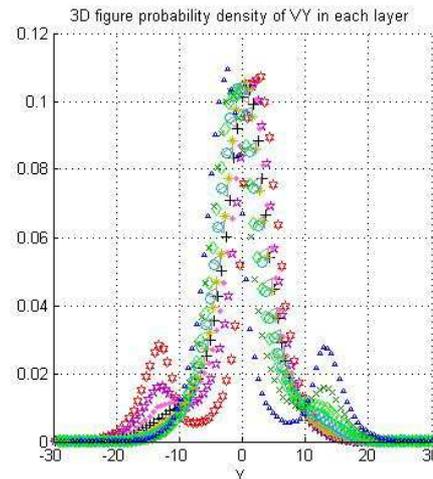
Distribution des températures T^+ et T^- différents pour 4 paramètres d'excitation sinusoïdale

Figure j : *Résultats de l'analyse de la dynamique des 47 billes du film de la Figure (i) (cas $n_c \approx 5$) contenues dans le compartiment inférieur gauche de la cellule 2d, $L \times L = 1 \text{ cm}^2$, vibrée dans le rack de vibration de l'Airbus A300-ZéroG. Cette cellule correspond au modèle de la cellule chinoise utilisée dans le satellite SJ 8*

Figure (k) : *Résultats des simulations numériques d'un gaz granulaire 2d obtenus par YP Chen sur son logiciel; excitation en dents de scie, $n_c=3$, $\varepsilon=0.75$. Notation : Y est la direction de vibration. (Thèse Y. Chen)*

Ici on détermine la distribution des vitesses V_Y en fonction de la position Y de la tranche /ou strate /ou couche.

Échelle log-lin. Ces résultats sont très semblables à ceux de nos simulations 3d (R.Liu), ce qui montre l'intérêt de notre approche et son caractère « universel ».



On reporte ici quelques résultats de son travail (cf. Figs i-k). La figure (k) illustre un des objectifs des études par simulations numériques 2d effectuées par Y. Chen, pour généraliser les phénomènes observés et réaliser une comparaison avec les résultats expérimentaux obtenus avec des cellules 2d carrées de taille variable $L=1 \text{ cm}$ (ici) à $L=7 \text{ cm}$. Divers taux de remplissage et différentes conditions d'excitations sinusoïdales ou en dents de scie sont prévues soit dans des expériences à bord de l'Airbus A300 Zéro ou surtout sur le vibreur de l'ECP (de caractéristique similaire à celui de l'Airbus, mais orientable facilement maintenant) pour des expériences sol avec des cellules horizontales, ou à « g variable en fonction de l'inclinaison ».

Conclusion :

Ces résultats permettent d'avancer trois conclusions principales:

a) Le résultat entièrement original est l'existence d'une asymétrie de comportement pour les billes allant vers la paroi vibrée la plus proche et pour celles s'éloignant de cette même paroi vibrante. Ceci se traduit entre autre par l'existence de 2 températures différentes T_{Y+} et T_{Y-} pour ces deux types de bille, à 2d, (ou T_{z+} et T_{z-} à 3d) . A ces deux températures (T_{z+} et T_{z-} à 3d ou T_{Y+} et T_{Y-} à 2d), on peut associer 2 pressions dynamiques différentes (P_{z+} et P_{z-} à 3d ou P_{Y+} et P_{Y-} à 2d) et 2 densités moyennes différentes (ρ_{z+} et ρ_{z-} à 3d ou ρ_{Y+} et ρ_{Y-} à 2d).

b) En régime stationnaire, la constance au cours du temps de la masse locale des grains en n'importe quel point impose un débit moyen nul en tout point de l'espace. Mais l'action des parois imposent des vitesses moyennes différentes à l'arrivée et au départ ; ceci se traduit par la nécessité de définir des paires de grandeurs nouvelles (P_+ et P_- , T_+ et T_- , ρ_+ et ρ_-) dans la direction de vibration ; elles varient continûment le long de l'axe de vibration (z ou Y) et ne sont égales qu'en un seul point (le centre de la cellule dans le cas d'une excitation symétrique). La distribution réelle des vitesses dans le gaz granulaire (dissipatif) ne peut donc pas être prise en compte par la distribution classique (quasi-isotrope dans toutes les directions) du gaz moléculaire non-dissipatif. Les résultats selon x et y (\perp à z à 3d) [ou X (\perp à Y à 2d)] sont conformes à la symétrie du système considéré (homogénéités de la densité et symétrie des distributions par rapport à la vitesse nulle, quel que soit z ou Y).

c) Pour les conditions paramétriques comparables avec nos expériences déjà réalisées, les résultats de nos simulations numériques sont similaires aux observations expérimentales. C'est notamment le cas pour les deux principaux comportements associés au caractère supersonique du mouvement de la paroi et observés à partir des analyses des images, à savoir :

- une vitesse moyenne des particules plus faible que celle des parois dès que $n_c \geq 1$,
- l'absence d'onde de choc,
- la déplétion du nombre de billes près des parois vibrantes, sur une zone d'autant plus grande que le nombre de billes dans la boîte augmente.

d) Si la simulation des systèmes pour $n_c > 3$ reste encore à faire, il est important de noter que ces premiers travaux de simulations numériques montrent déjà que la préparation et la réalisation des futures expériences devra aussi permettre d'extraire les mêmes informations locales avec un degré de précision approprié (en sachant, par exemple, que la dissymétrie entre les deux directions $\pm z$ est imposée par le mode d'excitation). Ces simulations ont donc été un atout essentiel pour mieux préciser les définitions des exigences scientifiques des instruments VIP-Gran et Dynagran, notamment en matière de diagnostics optiques et de conditions opératoires des caméras rapides (et en complétant, par exemple, le savoir-faire déjà acquis avec la caméra rapide).

e) Tout ceci peut se voir sur terre aussi dès lors que l'on utilise une cellule 2d horizontale et une vibration horizontale ; les effets de gravités masquent partiellement ces résultats pour des cellules 2d orientées verticalement et vibrées verticalement, à cause des effets de freinage ou d'accélération qu'impose la gravité dans ce cas.

Modélisation du gaz granulaire dissipatif :

Depuis nous avons revisité la littérature et avons **trouvé des traces** des phénomènes décrits ci-dessous **dans un article du groupe de A. Zippelius** (voir P.Evesque, P&G 20, 1-28, (2012)). Elles sont restées inexploitées et incomprises (j'ai un e-mail de A. Zippelius qui le dit) ; mais **elles confirment les datas de nos simulations**.

Par ailleurs, **j'ai pu aussi faire le lien avec un article du groupe de Kadanoff** sur la dynamique de quelques billes (voir P.Evesque, P&G 20, 1-28, (2012)).

J'ai fait aussi valider mes articles récents par M. J. Villain de l'Académie des Sciences, qui a bien voulu confirmer mes propos de Poudres & Grains, cf J.Villain, Poudres et Grains **20**, 29-36 (2012) . L'avis de J. Villain ne peut être considéré comme complaisant vis-à-vis de moi, pour preuve son rapport 1989 pour ma candidature au poste de DR2 section 07.

Il est remarquable qu'une telle erreur sur la caractérisation de la dynamique d'un milieu granulaire dissipatif ait pu perdurer pendant presque 20 ans, compte tenu du nombre d'études de qualité, publiées dans les meilleures revues

scientifiques par d'éminents scientifiques, des différentes techniques d'investigation utilisées, (expérimentales : — lévitation , — 2d horizontale, — simulations, — Airbus, — rocket, — satellite ; théoriques ; simulations : — 2d, — 3d ; autres : — démon de Maxwell, — clustering ; ...).

Le problème est peut-être lié au nombre de publications exigées par les tutelles pour les promotions, aux quelles cas on peut comprendre le peu d'intérêt des jeunes acteurs de la recherche pour la déontologie et pour la recherche d'erreurs passées.

En tout cas de plus en plus d'éditeurs scientifiques classiques (surtout en médecine) se pose ce type de question. Les éditeurs des autres domaines s'en fichent, car ils ne seront probablement jamais responsables de morts. Par contre ils seront responsables de la mort de la science, s'ils ne font rien.

Je livre quelques réflexions sur le caractère ambigu de certaines publication soit au travers de commentaires d'articles parus dans *Poudres & Grains* - voir P&G **19**, 17-17 (2011), ou P&G **16**, 63-66 (2007), ou P&G **7**, 1-18 (1999)– ou à travers mes 4 témoignages qui sont disponibles sur l'intranet de mon laboratoire, annexés aux pv des Conseil de Laboratoire 2011 & 2012.

Lévitation magnétique : (collaboration : A.Mailfert, P. Evesque, D.Beysens, Y.Garrabos, D.Chatain).

Nous avons réalisés la fabrication d'un *prototype de lévitateur magnétique 2d* (2009) pour des pastilles cylindriques en graphite (diamagnétique) basé sur des aimants permanents arrangés périodiquement, avec des orientations magnétiques différentes, variant suivant une période spatiale.

Le système a marché correctement, bien que l'on observe (i) de petites irrégularités de champ dans la direction transverse aux plaquettes, (ii) une faible interaction magnétique entre les pastilles cylindriques de carbone. Ces deux effets limitent l'intérêt de cette méthode. Le premier peut être réduit en augmentant le nombre d'orientations d'aimantation différentes et la taille des pastilles diamagnétiques. Le deuxième engendre une cohésion locale dont on peut réduire l'effet moyen soit en augmentant les vibrations soumises aux gaz granulaire (pastilles de graphite ou autres), soit en augmentant le diamètre de ces grains, mais on ne peut pas s'en affranchir complètement pour étudier les lois d'échelle de la dynamique de relaxation temporelle.

En 2011 nous avons poursuivi la fabrication d'un prototype de lévitateur avec un format plus grand (format A5). J'ai obtenu la fabrication d'aimants adaptés lors de mon séjour en Chine et ai donné ces aimants à D. Chatain, qui a réalisé l'aimantation et l'assemblage des aimants. Tout ceci est maintenant près. Reste à l'utiliser

A noter (pour l'anecdote) que cette série de collaborations a commencé à Grenoble (13 Mars 2009) ; c'est au retour de cette réunion que j'ai eu un petit infarctus dans le train ; le diagnostic l'a confirmé le lendemain (test sanguin, stent,...), ce qui a causé mon AVC, d'où kiné, rééducation orthoptique et orthophonique toujours d'actualité

On se propose aussi de tester des grains supraconducteurs à haute température (YBaCuO) grâce à la collaboration de X.Chaud (CNRS-CRETA Grenoble), ou au besoin en débitant un petit cylindre que m'a donné M. Lagues (ESPCI) fin 2009.

Service d'usinage

J'ai subi un intermède difficile avec le service d'usinage du laboratoire avant 2011, engendré par l'action de l'ancien Directeur du laboratoire. Des fabrications m'étaient refusées par l'atelier d'usinage de mon laboratoire (2006-2008, cf. compte-rendu des Conseils du Laboratoire MSSMat, entre autres celui du 14/12/07). Ma collaboration scientifique avec M. Hou m'a permis de circonvenir ce problème, en faisant réaliser différents montages mécaniques par son service d'usinage en Chine rapidement, soit en utilisant quelques voyages éclairs pour la gestion du programme Dynagran, soit en envoyant mes demandes par mail. J'ai ainsi fait réaliser un certain nombre de pièces mécaniques au sein du CAS-Pékin ; par exemple les pièces d'une seringue pour améliorer les triaxiaux du laboratoire (j'ai obtenu les pièces en 1 jour à Pékin), ou quelques cellules de Yanpei. Je me suis aussi procuré ainsi les aimants permanents pour le projet de lévitation magnétique....

Le dialogue avec l'atelier d'usinage MSSMat semble maintenant rétabli depuis Juin et Septembre 2010, grâce à la nouvelle direction (janvier 2010): J'y ai fait réaliser des modifications pour les cellules de YanPei (juin 2010), puis un support tournant (Sept. 2010) permettant d'orienter notre vibreur électromagnétique, et début 2011 un support coulissant permettant de limiter le couple supporté par l'axe de vibration du vibreur. Nos relations se sont donc maintenant fortement améliorées. Ceci dit le service d'usinage manque toujours d'un calendrier programmatique des travaux en cours, qui fait réellement défaut....

Ceci me permet d'aborder à nouveau certaines difficultés rencontrées dans le travail. Il a fallu des demandes répétées à la Direction de l'ECP, au Délégué Régional, à la médecine du travail et auprès du médiateur cnrs pour recouvrer un régime normal de fonctionnement (voir pièces annexes 1-4 du rapport à 2 ans 2009-2011).

Travail de F.Douit

A partir de Sept. 2005, j'ai été amené à m'occuper de F. Douit, technicien cnrs embauché en janvier 2005 au laboratoire. Au départ je n'avais pas du tout travaillé avec lui, ni été dans le processus d'embauche ; mais un de mes étudiants, N. Da Silva, en stage master de 6 mois avec moi, lui avait demandé quelques services pendant que j'étais aux USA (KITP, Santa Barbara) pendant un mois et me l'avait recommandé. Semble-t-il il y avait une incompatibilité entre ce qu'on lui demandait et ce qu'il arrivait à fournir et une certaine incompréhension s'établissait ; depuis 2006, je lui ai donné quelques mini-travaux qu'il réalisait avec bonne volonté, mais je n'étais pas chargé de son encadrement ; et sa situation empirait. Le fait que F.Douit ait été soigné par la médecine hospitalière et que j'ai cherché à le tirer d'affaire m'a probablement permis de résoudre les deux problèmes à la fois (celui de l'atelier et de F.Douit), (cf. Appendice 4, Appendice 1 de mon rapport CNRS à 2ans 2009-2010), grâce aussi à l'intervention de la médecine du travail.

J'espère que ce mal être, lié au relâchement de l'encadrement, est maintenant derrière lui ; ceci dit, le laboratoire a connu un autre cas presque similaire dans le passé (fin 90-début 2000) ; juste après son embauche aussi, cette personne avait développé une certaine difficulté d'adaptation, mais s'était reprise assez vite grâce à un changement rapide d'encadrement et en travaillant avec moi ; puis est intervenu un autre changement d'affectation au sein du labo, et son état a ré-empiré, de façon différente...

En tout cas, F. Douit est de plus en plus autonome, comme l'a constaté le médecin du travail à plusieurs reprises. Au départ il s'est mis au traitement vidéo par ImageJ et à des tests sur des capteurs de déplacement par sonde laser. Depuis 2 à 3 ans, il s'est mis à l'interfaçage sur une plateforme Windows XP d'une caméra JAI M30 (datant de 2000, mais pouvant travailler à 120Hz, 120fps). Il a géré l'installation du logiciel de gestion de notre nouvelle caméra rapide ; il a aidé des stagiaires, puis Yanpei Chen, à la mise en place du traitement vidéo, et à leur reconstruction. Il a programmé la compression automatique des séquences vidéo acquises à partir de cette caméra sur l'Airbus, de telle sorte que la lecture des 31 séries (de 500 photos de 1Moct chacune), ce qui correspond aux data d'un vol, soient compressées en 15 mn au total environ ; ceci nous permet d'envisager la compression en direct dans l'Airbus.

Il a aussi travaillé sur les montages d'amélioration mécanique du vibreur (vois paragraphe plus haut). Il s'est mis aussi sur des tests d'évaluation des gauges piézoélectriques sélectionnées par l'équipe d'industriels développant VIP-Gran....

Il suit en cours du soir l'enseignement CNAM pour être ingénieur, dont il a bientôt terminé la partie théorique. Il désire faire son stage avec moi au labo. Je suis d'accord pour cela s'il reprend un horaire strictement correcte, car il est toujours en liaison avec la médecine du travail, car ses troubles sont encore perceptibles.

b) Milieu fluide près du point critique et sous vibration:

Ce travail est à l'arrêt actuellement. Ceci est du d'une part à l'effort que j'ai du porter sur la reconnaissance de la déontologie et d'autre part à des querelles intestines à l'intérieur de notre groupe de travail, amplifiées par un défaut du système administratif cnrs.

Le thème des effets des vibrations sur les fluides en apesanteur est un sujet intéressant et pourrait reprendre suivant les opportunités. Pour l'illustrer, je rappellerai que l'on a utilisé ici la transition de phase (gaz-liquide) du CO₂ près de son point critique pour profiter du comportement universel et étudier l'effet des vibrations sur la croissance des bulles et la nucléation. Pour simplifier, on se place à fréquence fixe et à amplitude constante. L'étude est réalisée en apesanteur dans une fusée-sonde (Maxus 7, tir 2 Mai 2006, de Kiruna, Suède) pour éviter les effets de pesanteurs qui limite le domaine de validité du régime critique (sur terre). Par ailleurs, le fluide est à densité critique, ceci est fixé par avance ; et sa température est proche du point critique (on part légèrement au dessus de T_c, et le système est préparé en équilibre thermique de longues heures avant le tir). Le tir a lieu, la fusée s'élance puis se stabilise sur trajectoire parabolique (en fait elliptique). On laisse le système relaxer quelques secondes (minutes) et on refroidit la cellule d'un coup d'une petite valeur δT , de manière à ce que la température T soit maintenant juste au dessous de T_c. Le but est d'observer le phénomène, i.e. la dynamique de croissance des deux phases, liquide et gaz.

Dans ce cas, lorsque le fluide est soumis à aucune vibration la séparation de phase est caractérisée par un mélange interconnecté de deux phases continues, l'une étant la vapeur l'autre le liquide, qui évolue dans le temps pour atteindre un équilibre ; on trouve que la loi de croissance est presque linéaire.

Lorsqu'on applique des vibrations, les choses changent et l'on observe trois comportements différents, dépendant de l'échelle de temps. (i) Lorsque la distance entre les domaines liquides et vapeurs est plus petite que l'épaisseur de la couche limite visqueuse, la croissance est identique à celle obtenue en absence de vibrations. (ii) par la suite, la pression de Bernoulli liée aux écoulements dynamiques près des interfaces provoquent une instabilité des interfaces parallèles à la vibration, ce qui permet de faire croître de façon exponentielle les domaines perpendiculairement à la direction des vibrations, tout en laissant croître normalement les domaines dans le direction parallèle à la vibration. (iii) Lorsque les domaines atteignent la taille de l'échantillon, la structure de l'interface ressemble à une structure de bandes périodiques, orientées perpendiculairement à la vibration qui continue à croître parallèlement à la direction des vibrations. Une approche théorique de ces phénomènes est proposée.

Les résultats de cette expérience sont très intéressants. Cependant leur interprétation est délicate, et mérite d'être confirmée par des expériences complémentaires.

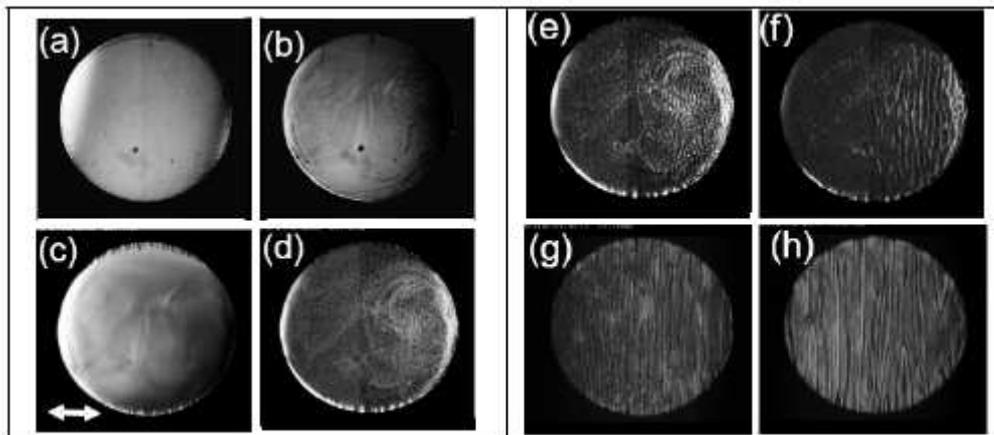


Figure sur le changement de phase dans Maxus 7 (a-h) :

- (a) Fluid at $t_m \approx 80$ s showing density gradients at the beginning of free fall but before the rocket despinning and (b) at $t_m \approx 134$ s, i.e. after a 54 s relaxation period under weightlessness ($54=134-79$).
- (c)-(h): typical pictures of phase separation (0.31 mm, 20.2 Hz vibration indicated by the double arrow).
- (c): when crossing T_c (the *Maxus* launching time t_m is $t_m=155.20$ s, but it is our initial $t=0$). Weak density gradients remain. Fingering occurs in the thermal boundary layer. (d): isotropic growing pattern in region (i) ($t=4.80$ s).
- (e): anisotropic growing pattern in region (ii). The domains become elongated in the direction perpendicular to vibration ($t=6.40$ s). (f): at the end of region (ii) the domains reach the cell dimension perpendicularly to the vibration direction ($t=10.60$ s).
- (g) - (h): region (iii), slow evolution of the anisotropic pattern [(g): $t=88.20$ s; (h): $t=207.60$ s]. (The contrast of the pictures has been enhanced; the right part of the image shows an enhanced contrast);

En cas de modification de circonstance, je pourrai certainement envisager *d'autres expériences* sur les effets des vibrations en apesanteur ; certaines pourraient être à travers des collaborations sur des projets existants, d'autres projets pourraient être créés. Les premières devraient essentiellement vérifier que les vibrations peuvent créer une « diffusion supplémentaire » à l'intérieur du fluide ainsi que les autres effets décrits par l'école russe pour les vibrations polarisées linéairement; dans le dernier cas (envisageables), on pourrait aussi expérimenter des vibrations rotatoires qui permettent de générer des forces de volume centripètes au sein des échantillons fluides comme nous l'avons montré dans les années 1997-2003 avec V. Kozlov et A.Ivanova. Ceci devrait permettre de gérer les détritres dans l'espace, qui pourraient ainsi s'amasser au même point pour y être collectés facilement.

c) Composés Pharmaceutiques

Préambule :

Cette collaboration (P. Porion [CRMD-Orléans], P. Tchoreloff, G.Couarraze, V. Busignies [Fac de pharmacie, Orsay], P. Evesque) a débuté depuis maintenant plus de 10 ans (1998). On avait commencé par étudier les phénomènes de ségrégation à l'aide de l'I.R.M. on s'intéresse maintenant aux propriétés physiques et mécaniques des compacts obtenus à haute pression (100MPa-200MPa) à partir de la compaction d'excipients pharmaceutiques purs,

ou de leur mélange en différentes proportions. Les excipients utilisés sont un lactose amorphe appelé FastFlow (F), un phosphate de Calcium anhydre appelé ATab (ou aCP) et une cellulose micro cristalline appelée Vivapur (V) (notée aussi MCC).

L'intérêt ici réside en ce qu'on utilise des pressions très élevées comparées à celles de la mécanique des sols ; les lois obtenues y sont donc très différentes des lois e - $\log(p)$, où e est l'indice des vides et p la pression de compression verticale, généralement utilisées dans mon Laboratoire. C'est donc une façon de compléter mes connaissances sur les milieux granulaires. L'intérêt provient aussi de nos compétences différentes : l'équipe pharmaceutique possède une presse rapide et très bien instrumentée, adaptée à la production de comprimés pharmaceutiques ; P. Porion possède l'instrument RMN, et IRM et de tomographie X, nécessaires à l'analyse des poreux et de la diffusion de l'eau dans ses pores ; et moi-même j'apporte mes connaissances du milieu granulaire.

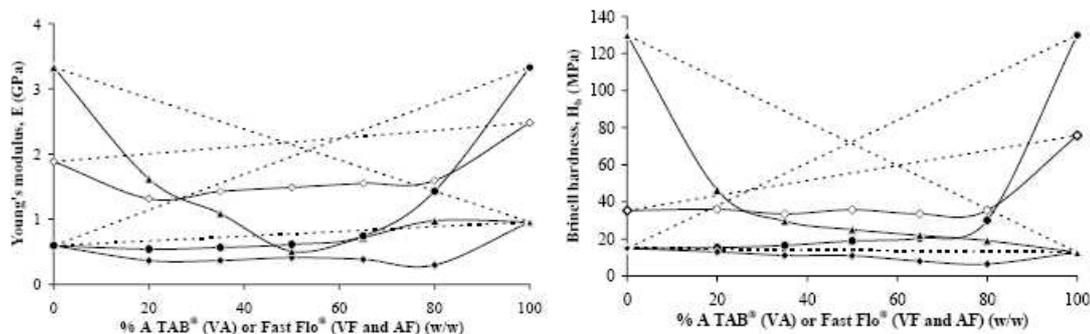


Figure de gauche: Young's modulus (E , interpolated values) as a function of binary mixture composition ($\alpha = w/w_{tot}$, %) for various compact mean compositions.

Figure de droite: Brinell hardness (H_b , interpolated values) as a function of binary mixture composition ($\alpha = w/w_{tot}$, %) for various compact mean compositions (Key: ● VA (with $\epsilon = 35\%$); ◆ and ◇: VF (with $\epsilon = 20$ and 35%); ▲: AF (with $\epsilon = 35\%$)).

Ces graphes ont été obtenus à des porosités ϵ constantes de 20% et ou 30%, comme cela est indiqué. La pression de compactage nécessaire pour obtenir cette porosité dépend naturellement du mélange et est beaucoup plus grande lorsque l'ATab est présent.

Nous avons testés les propriétés mécaniques (module d'Young, résistance à la traction et la dureté Brinell) de trois excipients pharmaceutiques différents et de leurs mélanges binaires. Les compacts ont été fabriqués sur notre presse et compactés à différentes pressions/porosités moyennes. Les propriétés mécaniques des mélanges binaires ne sont pas proportionnelles à la composition du mélange exprimée en masse. De plus, on trouve toujours un écart négatif pour toutes les propriétés, montrant que la qualité réelle moyenne est toujours plus faible que la moyenne. On propose deuxièmement un modèle statistique à trois interactions pour le module d'Young moyen et la résistance à la traction. Les figures de tomographie X nous ont permis de comprendre partiellement le modèle proposé. Récemment nous avons mesuré l'anisotropie induite par la compression grâce aux méthodes IRM.

A l'heure actuelle nous testons les modèles rhéologiques de compression et envisageons de nouveaux tests in situ pour affiner ces modèles (stage ingénieur F. Douit).

A.2.3- Publications dans les revues de rang A et assimilées:

- 263- Microgravity and Dissipative Granular Gas in a vibrated container : a gas with an asymmetric speed distribution in the vibration direction, but with a null mean speed everywhere";
P. Evesque ;
Poudres & Grains **18**, 1-19 (2010)
- 264- Anisotropic Porous Structure of Pharmaceutical Compacts Evaluated by PGSTE-NMR in Relation to Mechanical Property Anisotropy
P. Porion, V. Busignies, V. Mazel, B. Leclerc, P. Evesque & P. Tchoreloff
Pharmaceutical Research DOI 10.1007/s11095-010-0228-1 (10August 2010)
- 265- Granular media under vibration in zero-gravity : transition from rattling to granular gas
P. Evesque, Y. Garrabos, G. Zhai, M. Hou
Poudres & Grains **19**, 1-4 (2011)
- 271- Granular media under vibration in zero-gravity : transition from rattling to granular gas ;

- P. Evesque, Y. Garrabos, G. Zhai, M. Hou ;
 Poudres & Grains 19, 1-4 (2011)
- 273- Commentaires sur Poudres & Grains 17(20)-577-596 (2009) : Microgravité et Gaz Granulaire Dissipatif dans un système vibré : un gaz à vitesse dissymétrique, mais à moyenne nulle
 Referee & P.Evesque
 Poudres & Grains **19**, 5-11 (2011)
- 274- On the Editorial Policy in Science : Quelques problèmes « censurés » de « micro-nano » fluidique granulaire en micro gravité
 P.Evesque
 Poudres & Grains **19**, 11-16 (2011)
- 275- Reading notes on : “Les milieux granulaires ; Entre fluide et solide” by B.Andreotti, Y. Forterre et O. Pouliquen
 P.Evesque
 Poudres & Grains **19**, 17-18 (2011)
- 279- Dialogue of the deaf : « Hydrodynamics » with dissipation. Towards mixing or demixing ?
 P. Evesque
 Poudres & Grains **20**, 1-36 (2012)
- 280- Breakdown of Energy Equipartition in Vibro-Fluidized Granular Media in Micro-Gravity
 YP. Chen, P.Evesque, M.Hou
 Chin. Phys. Lett.. **29**, (N°7) 074501, (2012)

Dont Articles de Congrès dans des revues de rang A et assimilées

- 269- Directed clustering in driven compartmentalized granular gas systems in zero gravity
 Y. Li, M. Hou, P. Evesque
 In ISPS 2011, Bonn, Germany, 11-15/7/2011) (accepté , 9/2011) ; Journal of Physics: Conference Series 327 (2011) 012034; doi:10.1088/1742-6596/327/1/012034
- 270- 2d dense vibro-fluidized granular matter in micro-gravity: macroscopic (quite long range) boundary effect in granular gas
 Yanpei Chen, P. Evesque, M. Hou, C. Lecoutre, F.Palencia and Y. Garrabos
 J. of Physics: Conference Series **327** (2011) 012033 doi:10.1088/1742-6596/327/1/012033 In ISPS 2011, Bonn, Germany, (11-15/7/2011) (accepté , 10/2011)
- 272 – 3d simulations of granular gas in a vibrating box: demonstration of a large boundary effect due to dissipation by collisions which is not propagative shock wave. (IAC-11.A2.1.3)
 P. Evesque, R. Liu, Y. Chen., M. Hou
 International Astronautical Congress, IAC 2011, 3-7 October 2011, Cape Town ICC, South Africa (published in proceedings, but not presented there)

Mes Témoignages (annexés aux pv du conseil de labo MSSMat)

- 276- Témoignage n°1 de P. Evesque (tomes 1) sur les revues à comité de lecture
 Evesque P.,
 Annexe au process-verbal du conseil du laboratoire MSSMat du 23 Juin 2011.
- 277- Témoignage n° 2 de P. Evesque (tome 2) sur les actions en faveur de Poudres & Grains et sur un essai de faire respecter la déontologie scientifique;
 Evesque P.,
 Annexe au process-verbal du conseil du laboratoire MSSMat des 16 Décembre 2011.
- 278- Témoignage n° 3 de P. Evesque (tome 3) sur les revues à comité de lecture et sur l'impossibilité de faire respecter la déontologie scientifique;
 Evesque P.,
 Annexe au procès-verbal des conseils du laboratoire MSSMat du 13 Mars 2012.
- 281- Témoignage n° 4 de P. Evesque (tome 4) sur le peer reviewing et sur Poudres & Grains
 Evesque P.,
 Annexe au process-verbal du conseil du laboratoire MSSMat du 3 Sept. 2012.

Enveloppe Soleau

- 266- Soleau 1 ; P. Evesque, INPI, # 425038 du 31/08/2011
 267- Soleau 2 ; P. Evesque, coherent interpretation of data from ISPS 11 poster, INPI, # 425398 du 05/09/2011
 268- Soleau 3; P.Evesque, non hydrodynamics behaviour., INPI du 15/9/2011

Articles de « Vulgarisation » :

- 261- P. Evesque ; « Matériaux granulaires et impesanteur » ; *Centraliens* n°**599**, 58-62 (2010)

262- D. Beysens, P. Evesque und Y. Garrabos ; “Bei Gebrauch gut Schütteln ! Schwingungen ersetzen die Gravitation”; (German translation of “Shake, rattle and roll: using vibrations as gravity”; *Spektrum Extra der Wissenschaft*, pp 96-103 (2010) présentation par le Ministre allemande de la technologie

Présentation orale dans des congrès

Fin de PhaseA Dynagran (Mécano-ID, Toulouse, 7/7/2009)

P.Evesque, New results on granular-gas simulations and experiments, and on magnetic levitation, Mech. Dpt, CAS, Beijing, 16 Juin 2010

P.Evesque, Some new results on the physics of granular-gas simulations, 0g experiments and magnetic levitation, journée VIP-Gran, Bordeaux, 8 Juillet 2010