

## Reading Notes :

### *Discussion, Comments and Answers*

#### **P. Evesque: Reading notes on few interesting works :**

- 1) Sur: « La localisation forte d'Anderson des ondes classiques », par S.E. Skipetrov, B.A. van Tiggelen & J.H. Page : Images de la Physique 2009, pp75-78, (ed. CNRS, Paris, 2010)
- 2) Sur : « La transition métal-isolant d'Anderson observée avec un gaz atomique froid en régime chaotique » par JC.Garreau, P.Szriftgiser, G.Lemarié & D.Delande , Images de la Physique 2009, p.81, (ed. CNRS, Paris, 2010)
- 3) Sur : Opinions : « Une agence de la recherche à transformer », M.Leduc & E. Giacobino, Pour la Science, 417, 14-15, (Juillet 2012)
- 4) Sur : « Transition vitreuse et transition de blocage : les solides désordonnés entre champ moyen et dimension finie » by Romain Mari ; PhD thesis, Univ Paris Sud VI (14/6/2011) .
- 5) Sur : « Entre géométrie et physique statistique: structure d'un empilement désordonné » by L.Berthier, Images de la Physique 2011, pp.28-34, (ed. Cnrs, 2012).
- 6) Sur : J.Villain, «Shaken sand, stress and test particles » P&G20,1 (2012)

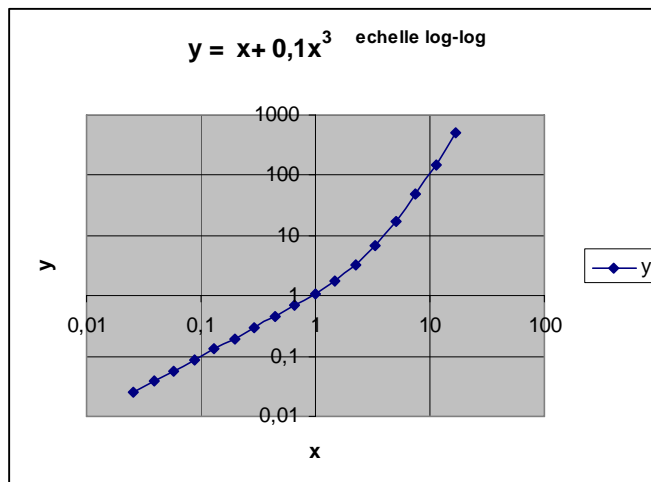
## **1. et 2. Sur la localisation d'Anderson**

### **1. Sur « La localisation forte d'Anderson des ondes classiques »,**

L'article [1] est un article de vulgarisation scientifique de haut niveau qui fait partie d'une série ayant pour but d'expliquer la localisation d'Anderson (1958) [1- 4]. Ce phénomène de localisation est général. C'est un effet de type « quantique », puisqu'il est lié à des perturbations d'onde, ou plutôt de phase d'onde ou de phase de fonction d'onde, qui doivent pouvoir s'observer aussi dans le cas des ondes classiques. Cette localisation apparaît lorsque le désordre structurel du matériau est suffisamment grand devant l'interaction permettant le couplage et le transfert d'information; les perturbations structurelles aléatoires des ondes (par ces diffusions) deviennent suffisamment importantes pour que le mode « propagatif » de certaines fréquences soit annihilé et que ces ondes deviennent localisées spatialement. Tous ces problèmes restent très complexes et délicats à traiter.

On trouvera une introduction générale du problème dans [2], puis l'article sur les ondes sonores classiques en [1], un article sur la localisation observée avec un gaz atomique froid en régime chaotique en [3], p.81 (la discussion de cet article commence dans le paragraphe suivant), et enfin dans le cas d'atomes ultra-froids en [4]. Leur difficulté va en croissant ; le dernier article étudie un condensat de Bose-

Einstein subissant une expansion ; il est au dessus de mes compétences réelles actuelles ; il me demanderait une vraie étude bibliographique préalable (par exemple, je n'ai pas compris la forme de  $C(2k)$  de la Fig. E<sub>2.c</sub> ; en tant qu'expérimentateur, je noterai seulement un seul point qui le concerne : je trouve toujours surprenant que les fits (comme ceux de la Fig.3.a de [4]) qui servent pour déterminer une droite en coordonnées log-log ou log-linéaires, commencent tout de suite et le coude est très court ; ainsi on déduit des data les bonnes valeurs des exposants critiques ; c'est le cas de la Fig. 3.a. Je donne une représentation de la courbe  $y=x + x^3/10$  qui montre, il me semble, que la courbure de cette courbe évolue plus lentement que dans la Fig.3.a ; mais peut-être n'est-ce qu'une impression.



*Pourquoi ce problème intéresse-t-il la physique du tas de sable à mon avis ?* Ce genre d'expérience/ de problème avait été tenté dans les années 1995 par Liu et Nagel, qui avait cherché des comportements anormaux dans la propagation sonore dans le sable ; ces chercheurs avaient conclu trop vite à l'observation de ceux-ci ; heureusement, X.Jia et al. avaient pu montrer par une série d'expériences et d'articles que le signal sonore que l'on observait après une excitation ultrasonore courte d'un milieu granulaire confiné était réellement normal, c'est-à-dire contenait (i) le transfert réel et rapide du signal par propagation sonore direct, suivi par (ii) un bruit de fond lié aux multi-diffusions qui durent longtemps et arrivaient bien après le son direct de l'évènement initial. On pourra trouver un bref aperçu du problème « granulaire » de l'époque dans [5], et une discussion rapide de ces effets de propagation d'onde sonore et ultrasonore par multi-diffusions ; j'ai moi-même tenté (avec X.Jia et de F. Adjémian [6]) d'utiliser une telle sonde pour remonter aux mouvements des grains.

Les articles [1 et 2], que je vais discuter maintenant plus sérieusement, font bien la différence entre des ondes localisées et des ondes multi-diffusées : les auteurs remarquent bien que toutes ces ondes peuvent s'éloigner à l'infini, en particulier les deuxièmes types d'onde via la diffusion multiple si l'onde multi fusée n'était pas absorbée. Rien que pour cela ces articles méritent d'être lus.

Ceci dit, le phénomène de localisation des ondes sonores (ou autres) est encore très mal compris (peut-être même toujours mal pris) car c'est un problème difficile pour lequel on a peu de résultats expérimentaux. Son importance potentielle reste grande, puisqu'on pourrait rencontrer ces phénomènes en engineering, ou en géophysique. (Par exemple dans le cas de la propagation des séismes ; et dans ce cas la localisation pourrait être un bienfait puisqu'elle pourrait être utilisée pour tenter de

limiter la portée des dégâts à une zone définie). C'est pourquoi nous donnerons ici quelques détails supplémentaires.

L'article [1] commence par nous apprendre ce que l'on doit observer. Ses auteurs, S.E. Skipetrov, B.A. van Tiggelen & J.H. Page, font un point concis et efficace sur les derniers effets découverts sur la localisation d'Anderson sur les ondes classiques. Il reprend un travail publié ailleurs [7] en anglais. L'article considère un matériau ayant une structure de verre à l'échelle macroscopique, c'est-à-dire qu'il est formé de billes d'aluminium de 4mm de diamètre empilées de façon désordonnée et brasées entre elles. La taille typique de l'échantillon est 100mm. L'article se pose la question de la réponse acoustique ou ultrasonore du milieu à une excitation mécanique brève centrée à une fréquence relativement élevée (200kHz ou 2.4MHz).

Comme je le disais deux paragraphes plus haut, et bien que ceci est inhabituel et ait induit certaines erreurs passées, cf. [5-6 et leurs refs.], l'article pense que les effets de localisation ne peuvent pas se trouver à très basse fréquence (voir l'encadré 1 de l'article) dans le cas des ondes sonores, mais plutôt au dessus d'un certain niveau d'énergie. L'article relate la découverte de telles modes acoustiques localisés dans le cas d'un verre formé d'un empilement désordonné de billes d'aluminium (de 4mm de diamètre) brasées les unes aux autres.

Pour démontrer cela, les auteurs s'intéressent tout d'abord à un signal de relativement basse fréquence (0.2MHz) et montrent que la réponse temporelle transmise correspond à celle d'un signal muti-diffusé, qui suit l'onde directe après  $t_0=L/c$ , qui a une durée bien plus longue ( $0.1\text{ms} \gg t_0$ ). Le fit est convaincant (de plus, tout ceci est comparable aux travaux de X. Jia et al. précités).

Lorsqu'ils utilisent une fréquence d'excitation plus grande (2.4MHz), c'est-à-dire au dessus d'une valeur seuil  $E_c$ , le signal reçu dévie du fit diffusif aux temps longs, prouvant une abondance de signal résiduel piégé au sein du matériau. Ceci indique l'existence d'onde localisées, à faible pertes. En étudiant en détail les désaccords expérimentaux mesurés et en les confrontant à ce que prédit la théorie de la localisation, les auteurs concluent en faveur d'une mise en évidence de la localisation.

On notera aussi l'existence de tavelures (speckle en anglais) ultra-sonores très prononcées lorsque le système montre des modes localisés, cf. Fig. 4 de l'article (et non Fig.3 comme cela est indiqué dans son texte). C'est l'évolution de ces phénomènes de tavelures au cours d'une déformation mécanique (compression triaxiale) que nous voulions étudier avec l'expérience de F. Adjémian [6]. Cette figure montre donc d'une autre façon le bien fondé de notre étude. Merci à ces auteurs.

On notera enfin que l'encadré 2 (et Fig. E2) permet de comprendre l'intérêt des expériences en rétro diffusion cohérente : l'amplitude du signal double d'intensité lorsqu'on observe le signal réémis par le matériau dans la direction d'excitation, par rapport au signal réémis en rétro-diffusion à un autre angle légèrement différent. Cela a été l'une des premières mises en évidence du phénomène de localisation d'Anderson comme le dit ces articles [1-2].

Pour finir la discussion de cet article, je noterai toutefois que les deux fréquences utilisées dans cette expérience ne jouent pas exactement le même rôle vis-à-vis des

billes pour deux raisons. La première est que la décroissance de l'intensité des ondes multi-diffusées est plus rapide pour  $\nu_2=2.4\text{MHz}$  que pour la première ( $\nu_1=0.2\text{MHz}$ ) (cf. Fig.2), ce qui indique probablement une absorption plus importante. Par ailleurs, la première fréquence ( $\nu_1=200\text{kHz}$ ) correspond à une longueur d'onde ( $\lambda_1=c/\nu_1 \approx 2\text{cm}$ ) plus grande que la taille des billes (4mm) tandis que l'autre fréquence ( $\nu_2=2.4\text{MHz}$ ) à une longueur d'onde ( $\lambda_2=c/\nu_2 < 2\text{mm}$ ) plus petite que celle-ci. Cette seconde fréquence peut donc exciter les modes de résonance interne des billes ce qui explique peut-être l'existence de modes localisés sur quelques billes couplées, et donc l'augmentation ou la création de la localisation des ondes.

## 2. Sur «La transition métal-isolant d'Anderson observée avec un gaz atomique froid en régime chaotique »

Je vais maintenant parler de l'article [3], car il m'a fait penser à une autre de mes préoccupations, celle sur le comportement des gaz granulaires. Nous allons voir pourquoi. Ce cas expérimental [3] étudie l'effet de la localisation d'Anderson dans le cas d'une transition métal-isolant pour un système 1d ; il s'apparente au chaos quantique et à une localisation dynamique, comme le disent ses auteurs JC.Garreau, P.Szriftgiser, G.Lemarié & D.Delande. C'est le cas d'un nuage d'atomes froids que les auteurs excitent optiquement par un réseau spatial lumineux ; celui-ci est obtenu en faisant interférer avec lui-même les deux parties d'un faisceau laser avant et après réflexion de celui-ci sur un miroir. Un modulateur optique pilote le faisceau laser de manière à ce que le nuage ne soit excité que très brièvement (500ns), plusieurs fois, et à chaque fois avec des intensités laser quasi aléatoire, c'est-à-dire différentes à chaque fois (voir Fig.1 de [3]). Ces excitations permettent de délivrer une énergie cinétique  $\{p^2/(2m)\}$  aux atomes éclairés ; cette énergie est variable à chaque impulsion ; elle est proportionnelle à l'intensité lumineuse du laser et inversement proportionnelle à l'écart entre la fréquence du laser et la raie atomique d'excitation la plus proche.

Lorsque le laser excite fortement ce nuage, celui-ci se disperse par l'action aléatoire du laser, selon un processus de diffusion ; et l'énergie cinétique moyenne du nuage croît linéairement (en moyenne) avec le temps (la largeur de la distribution gaussienne des vitesses croît linéairement avec le temps). Lorsque l'énergie laser est diminuée, on observe par contre une saturation de cette diffusion, et la distribution des vitesses devient exponentielle (et non plus gaussienne).

C'est en constatant ce dernier point que mon intérêt pour les granulaires s'est réveillé.

### *Du nuage d'atomes froids aux gaz granulaires vibrés :*

En effet, les articles de P&G sur les gaz granulaires montrent que ces gaz vibrés ont des distributions de vitesse  $v$  essentiellement exponentielles  $\{ \text{en } p(v) = \exp(-v/V_0) \}$ , dans la direction de vibration au moins. Ne peut-on pas lier ces deux effets (i.e. distribution des vitesses dans un nuage d'atomes froids excités par des impulsions

aléatoires et restant localisés (confinés) et gaz granulaires excités par des impulsions aux parois.

En effet qu'est-ce qu'un nuage d'atomes froids, c'est une collection d'atomes thermiquement excités qui reste confinée, probablement à cause d'une contrainte géométrique supplémentaire (de style parois), ou plus simplement par l'action mutuelle des atomes (interaction dipôle-dipôle attractive). Lorsque le laser excite les atomes en délivrant une quantité variable d'impulsion, le nuage acquiert une quantité d'énergie supplémentaire, toujours dans la même direction, qui peut se répartir en moyenne sur tous les atomes grâce aux échanges collisionnels ; ceci donne une augmentation moyenne constante de la vitesse du nuage. L'énergie totale délivrée par le laser au nuage correspond en effet dans ce cas à la variation de son énergie cinétique moyenne

### *Mais que se passe-t-il au sein du nuage ?*

\* Si l'interaction entre les atomes reste suffisamment efficace, le nuage peut rester groupé, confiné par son potentiel d'interaction mutuelle. Cependant le nuage change de forme pendant un certain temps pour s'adapter aux contraintes d'interaction nouvelles. Pendant ce temps, l'évolution des atomes semblera diffusive compte tenu du mode d'excitation erratique du laser, puis le régime de diffusion saturera.

Pendant ce temps d'adaptation, l'énergie interne du nuage n'est pas conservée et l'équilibre doit s'établir, en n'obéissant qu'avec les contraintes suivantes : l'existence de collisions qui respectent la conservation du moment cinétique totale, plus la contrainte statistique obligatoire : un désordre optimal. Comme nous l'avons montré dans [8] pour un gaz granulaire, ces conditions imposent alors une distribution  $p(v)=\exp(-v/V_0)$ . Cette dernière loi est effectivement obtenue expérimentalement dans la Fig.2 de [3].

Ce pourrait être une explication différente de celle proposée par l'article [3] (localisation d'Anderson) ou bien la même, suivant les hypothèses de départ utilisées dans [3]. Dans ce modèle on comprend que  $\langle p^2(t) \rangle$  varie pendant la période d'adaptation, puis reste constant, ce qui est observé (courbe bleue de la Fig. 4 de [3]).

\* Lorsque l'énergie de cohésion du nuage n'est plus suffisante pour que la structure du nuage résiste aux pressions d'excitation, les particules se désolidarisent les unes des autres et deviennent indépendantes. Chaque particule acquiert une quantité d'impulsion  $dp$  aléatoire au cours du temps. Ceci impose que  $\langle p^2(t) \rangle$  varie linéairement au cours du temps, i.e.  $\langle p^2(t) \rangle = At$ , ce qui est observé dans la Fig.4 de [3] (courbe rouge).

\* Dans le cas intermédiaire, on peut supposer qu'une partie du nuage se détache de ce dernier ; ceci génère un terme  $\langle p^2(t) \rangle = \alpha At$ , linéaire en temps ; l'autre partie du nuage reste confiné donnant  $\langle p^2(t) \rangle = (1-\alpha) \langle p^2_f \rangle$  ; ceci prédit une contribution globale :

$$\langle p^2(t) \rangle = (1-\alpha) \langle p^2_f \rangle + \alpha At$$



Dans ce modèle,  $(1-\alpha)$  serait donc la proportion d'atomes restant liés par « cohésion » au nuage initial. Reste à savoir si cette proportion  $(1-\alpha)$  d'atomes dépend des conditions initiales..., ou varie ; et comment elle varie ? Reste à savoir aussi si les deux phases gazeuses des « atomes libres » et « agrégat d'atomes faiblement couplés » existent... ? L'article est malheureusement laconique sur ces points. Peut-on observer la formation dans certains cas de plusieurs agrégats décorrélés ?...

Que pensent les auteurs de mes propositions ? Peut-on assimiler la statistique des vitesses d'un gaz granulaire vibré à celle de ce nuage excité erratiquement ? Car il est facile de proposer une théorie, bien plus difficile que celle-ci reflète une part de vérité, surtout lorsque l'on ne connaît pas le contexte....

### 3. Opinion « Une Agence de la recherche à transformer » by Michèle Leduc & Elisabeth Guacobino. [9] *Pour la Science* 417, pp14-15, (Juillet 2012).

L'article [9] fait le point sur une agence qui disperse malheureusement l'argent sur des critères administratifs, avec de nombreux défauts. Certes, ceci est bien vrai ! Mais ne serait-ce pas montrer les défauts des autres et/pour ne pas voir les siens ! C'est rhétorique de défense bien connue. Il est vrai que le système ANR consomme de l'énergie et du temps, qu'il fait croire aux chercheurs que toucher de l'argent est le but de leur travail, quand ce n'est que le début, que l'ANR oublie qu'elle n'est pas le seul moyen de financement.

Lors de la réforme du CNRS [10] j'avais fait déjà ces remarques, personne n'en avait tenu compte, personne ne m'avait même répondu quand on nous avait assuré que toutes les soumissions critiques étaient les bien venues. Le CNRS avait promis qu'il répondrait à chacune en particulier. J'attends toujours ma réponse.

La vraie question est:

Est-ce seulement l'ANR qu'on doit revoir, ou tout le système de gestion (management) de la recherche.

Par exemple, quand je lis que *tout le monde est convaincu de l'utilité des revues scientifique à comité de lecture* dans un rapport récent du COMETS (Présidente M. Leduc), on est un peu effaré. Je n'en suis vraiment pas convaincu. C'est une forme de rhétorique où on nous abreuve de fausses évidences pour ne discuter que de certains points très mineurs, et faire perdre son temps à tout le monde. On noie le poisson, ce qui ne sert à rien car il ne peut pas se noyer. Ici aussi, on nous parle de détails « importants » sans éliminer les très grosses erreurs. Voyons les choses en face :

L'AERES ne fait pas son travail réel d'évaluation, elle n'utilise que des critères administratifs, refusant l'existence même de biais possibles à ces critères. Ce faisant elle refuse de faire la chasse aux « niches » du système et abreuve de bonnes notes les équipes, sans même savoir si leur travail de recherche est correct. L'homme comme tout animal développe un certain savoir faire pour trouver ces niches, comme dirait Darwin.... Dans notre société, l'administration donne à l'homme un pis-aller qui

marche même quand il est paresseux. Pas besoin d'être intelligent, il suffit de publier, même une bêtise.

Depuis toujours, on sait que le mimétisme se transmet facilement, surtout lorsqu'il est simple de « faire croire », à la place de démontrer envers et contre tous. « Faire croire » est à l'heure actuelle de plus en plus simple, il s'agit de publier dans une revue « scientifique », n'importe laquelle parmi un grand nombre. Quelle preuve a-t-on de la véracité ? La signature de deux « referees » théoriquement spécialistes du sujet ; mais peut-on avoir confiance dans cette preuve, quand on sait qu'un article a 99,99 pour cent de chance de passer après quelques essais ?

Ainsi l'administration a ses « préjugés » qui lui permettent d' « abattre un travail considérable » : elle croit que les scientifiques sont des êtres spéciaux, super-humains... Mais non, ils ont simplement compris qu'ils ne peuvent travailler qu'en étant financés, que ce financement dépend du nombre d'articles..., ils se sont donc regroupés en lobbies pour contrôler la parution d'articles et pour s'encenser eux-mêmes ; ainsi le système perdure, avec la connivence des managers, ou tout au moins un laisser-aller de bon ton. Où irait-on si l'on réagissait ? Au chaos, avec la démonstration de la faille administrative, ce qui est inconcevable... L'administration est « supra-humaine » aussi ; elle a toujours raison. Et voilà comment on met en danger le système réellement, et qu'on « démontre » des vérités irréelles... C'est la nouvelle philosophie, le philosophe administrateur se dit qu'il connaît ses limites et qu'il a toujours raison. Pauvre science, pauvre scientifique, lui qui a si souvent tort ! Et même les prix Nobel y croient, à ce galimatias.

Personnellement, j'ai voulu tenter une aventure éditoriale avec *Poudres & Grains* [11] qui refuse ce laxisme. Les attaques ont été virulentes mais toujours sans fondement réel. J'ai demandé une évaluation de mon travail par des évaluateurs nommés, chargés de définir les défauts et de les écrire publiquement, avec droit de répondre. .... Personne n'a voulu accepter ce travail. Pourtant c'est la méthode de validation scientifique habituelle, utilisée dans les thèses. J'ai fait ces demandes à l'académie des sciences aussi par l'intermédiaire entre autre de ses secrétaires perpétuels, au CNRS via son comité national, puis via ses managers (Délégué, Président), puis à ses éditeurs via M. Leduc aussi ... Aucune évaluation de ce type n'est prévue, à quelque niveau que ce soit, jusqu'à la commission européenne qui fait confiance à l'organisation générale qu'elle devrait pourtant coordonner ; elle déroge à ses obligations en invoquant la « subsidiarité », postulat général fiable comme on l'a vu récemment. On sait ce que cette notion est capable de faire. Et « tout le monde en profite ».

Si vous ne me croyez pas, lisez mon témoignage n°4, à paraître bientôt [12], et demandez les précédents [13] à mon directeur de labo; vous aurez les copies des sources originales.

Toutes ces approximations sont niées par l'administration qui ne voit là qu'un épiphénomène sans conséquence. Depuis quand la science peut-elle se permettre d'admettre certains des articles et certains résultats comme surs et reproductibles, sans disséquer les articles et les data plutôt deux fois qu'une ?... Depuis quand considère-t-

on que l'erreur n'existe pas en science, que les scientifiques sont toujours honorables et clairvoyants. Ne disait-on pas autrefois que même Homère peut faire une erreur ?

Depuis que nous convenons de dire que nous sommes à l'aube d'une civilisation nouvelle ; depuis que l'on croit (ou recroit) aux fadaïses promulguées par l'administration, pour cause d'efficacité et de sécurité administrative: comment faire admettre à des instances administratives d'évaluation qu'elles peuvent avoir tort ? Et qu'il faut surtout absolument juger/évaluer leur méthode de travail et limiter les niches ?

On le voit bien, l'administration a forgé un « système expert », formé d'humains surhumains dotés d'un savoir irréprochable, *irresponsables et non coupables*, qui se disent « savants », se croient honnêtes et qui se laissent souvent dupés. Que font-ils à l'heure actuelle: ils comptent les publications ! Puis ils écrivent des rapports formels et respectent une convivialité de mise, un certain entre-gens; ils distribuent aussi des fonds et des bons points aux équipes...

Que voit-on : (i) des procès pharmaceutiques où les experts n'ont pas fait leur travail, mais se défont sur des médecins qui n'ont pas suffisamment fait passer leurs réticences. (ii) Des revues médicales dont l'éditeur s'étonne qu'il soit obligé **lui-même** de faire la chasse, seul, aux articles erronés, car aucun médecin-lecteur-chercheur ne les lui signale. (iii) Des revues, telle Nature, qui refusent de considérer qu'écrire de fausses informations est une faute de leur part, et répète à l'encan que c'est simplement la faute de l'auteur. (iv) ou d'autres petites entreprises [14-15] bien moins importantes, qui essaient de redresser la barre, sans que les autorités les laissent manœuvrer.

Vous ne me croyez pas ? Lisez mon témoignage n°4, à paraître bientôt [12].

Pourtant on pourrait facilement le démontrer [14-15] car la science se base sur des faits réels qui, s'ils ne sont pas pris en compte précisément, peuvent entacher d'erreur les résultats suivants. Mais tout le monde se protège car l'administration use du harcèlement administratif pour harasser les gens de travaux inutiles et leur offrir des ... cacahuètes.

Les agences administratives (CNRS, universités, Académie des sciences, INSERM,...) et leurs instances se sont considérablement transformées depuis cette dernière décennie (ou depuis les deux dernières). Sans un audit sérieux de leur fonctionnement, on ne pourra stabiliser un mode opératoire correct de la recherche scientifique : Les bons chercheurs chercheront à utiliser les effets d'annonces, les fausses informations, et les modes de travail peu fiables pour obtenir le plus rapidement possible des résultats et des financements futurs, une notoriété accrue. Car personne ne se soucie des financements passés et de leurs résultats : les sommes ont déjà dépensées, et surtout « toujours à bon escient » comme doit le faire toute bonne administration, tout bon manager.

Cependant, que fait-on de l'éthique scientifique que l'on a mis beaucoup de temps à bâtir et qui règle concrètement notre connaissance scientifique et son acquisition. Il semble que l'éducation ne s'y intéresse plus et que nos professeurs ont



d'autres problèmes à traiter. Mais c'est un non-sens ! A quoi sert de définir une vérité scientifique si l'on peut la traiter d'irréelle ?

Adieu donc la science ! Vive l'évaluation administrative et le chaos scientifique !

S'il vous plait, Mesdames et Messieurs les « responsables » scientifiques réveillez-vous ; devenez un peu responsables, et pensez à évaluer votre propre action ; pensez à vérifier que les tâches administratives qu'on vous demande de piloter sont bien utiles et n'entachent pas l'efficacité de la recherche.

Que peut le chercheur scientifique sans votre aide ? Il ne pourra qu'utiliser des mauvaises méthodes et donc promouvoir la décadence de la science.

Ou il pourra aussi choisir de ne plus publier ses travaux pour tenter de créer une nouvelle élite sélectionnée sur le partenariat et ne transmettant l'enseignement que par oral. Car que peut un scientifique peu connu qui trouve une nouvelle idée face à des potentats scientifiques qui utilisent leurs relations, les faux bruits et les amalgames pour perdurer. Rien. D'où notre prochaine décadence. Faut-il beaucoup de réforme pour empêcher cette décadence. Probablement pas ; il faut imposer que l'éthique scientifique reste notre univers de travail. Demander une rigueur de raisonnement, un débat scientifique réellement ouvert et publique. Et demander à l'administration de nous aider à l'imposer.

#### **4. & 5. Sur les empilements de billes, la transition vitreuse, transition de blocage ou de jamming...**

Je regroupe la discussion des deux travaux [16-17] car ils me semblent très liés et susceptibles des mêmes critiques. Il ne fait aucun doute que la discussion avance dans ce domaine, mais relativement lentement, due à la complexité des faits observés. On espérait que la transition de jamming pourrait tout à la fois rendre compte de la transition vitreuse et de la transition de blocage.

Ces deux travaux disent le contraire à mon avis, car il semble que ces deux transitions n'appartiennent pas à la même classe et ne sont donc pas en général du même type. On verra enfin que les problèmes de compaction, d'empilement, de distribution structurales, etc. sont très complexes et dépendent de nombreux facteurs, même dans un cas limité sans frottement.

Ceci dit, l'article n'aborde pas le cas d'empilement d'ovoïdes ou d'empilement de sphères à plus de 3 dimensions [18]. Ce sont des nouvelles ouvertures négligées ici, mais avec des possibilités de fabrication d'empilements plus denses que le réseau compact centré....

Les problèmes traités dans [16-17] sont assez différents de celui de la « compactivité granulaire », notion introduite par Sam Edwards [19] pour lequel nous avons un certain nombre d'évidences expérimentales et que les physiciens appellent aussi du nom générique de problème du parking.

En effet, si l'on se place dans l'espace du domaine granulaire quasi-statique, on trouve une certaine concordance entre la loi expérimentale  $e\text{-log}(p)$  où  $e$  est l'indice des vides et  $p$  la pression moyenne, comme j'ai essayé de le montrer [20] ; et cette correspondance marche en compression quasi-statique mais aussi pour les lois de compressions sous cycles de contraintes (voir l'analogie avec la liquéfaction [20]). C'est d'ailleurs cette dépendance qui a été mesurée par les physiciens tels Nagel [21, 22], en redécouvrant cette loi, sans pouvoir comprendre et extrapoler ses conséquences en mécanique des sols.

Ces travaux ne parlent pas de l'approche plus ancienne, de la physique statistique d'empilements de F. de Larrard [23] . Ces travaux sont à la base d'un modèle de compaction des milieux granulaires, utilisé pour l'optimisation des bétons haute densité à partir de mélanges binaires et ternaires de grains [23]. Ce modèle est bien issu de la physique statistique des transitions de phases. C'est l'œuvre d'un mécanicien « pur souche », à découvrir ou à redécouvrir.

On peut cependant considérer que ces lacunes sont secondaires, dans la mesure où les domaines d'application sont différents. Je trouve par contre plus gênant que ces deux articles ne semblent considérés que des empilements de grains non frottant. On sait au moins depuis dix ans que c'est une simplification outrancière qui change probablement totalement le comportement granulaire quasi-statique (cf. Thèse de G. Combe). L'absence de frottement rend le problème mécanique de la déformation quasi-statique instable, avec des compressions et des déformations de type critique, en loi d'échelle ... [24]. On voit donc ici la limite forte de cette discussion : ces auteurs semblent ne s'intéresser qu'à des « problèmes irréels », peut-être applicables dans un autre univers (cristallographique, micelles...) ; mais on ne voit pas réellement où l'utiliser pour le sable.....

#### **4. Sur : « Entre géométrie et physique statistique: structure d'un empilement désordonné » [16] L.Berthier, Images de la Physique 2011, pp.28-34, (ed. CNRS, 2012).**

On ne trouve aucune ouverture vers ces autres facettes du problème dans l'article de L. Berthier ; par exemple le cas de la transition de jamming n'est traité qu'entre grains avec un frottement nul.

Ceci limite l'intérêt potentiel de l'article en vue de son application aux granulaires, car qu'est-ce qu'un grain sans frottement. Ceci dit, à la lecture de cet article on réalise la complexité du problème topologique qu'est celui des empilements ; la difficulté d'obtenir des résultats fiables et même simplement de définir chaque question posée : pour la transition de jamming, après quelques années on est passé des cas des empilements les moins denses susceptibles d'être stables et

immobiles, i.e. moins dense que le random closed packing, (parce que l'on considérait alors la transition de jamming avec des grains avec frottement), pour s'intéresser maintenant aux empilements denses sans frottement. Pendant cette période on a cherché à traiter la transition de jamming comme étant l'analogue à la transition vitreuse, puis finalement on a démontré, semble-t-il (je n'ai pas lu l'article), que ces deux classes de transition sont différentes (voir Thèse R.Mari). On a donc voulu savoir ce qui les différenciait, les paramètres qui étaient stable d'une transition à l'autre, les autres, les différences... Il semble qu'on ait conclu qu'on presque tout était différent, même les densités.

On introduit maintenant une densité  $\phi_{gcp}$  de blocage à pression nulle et une densité  $\phi_K$ , de seuil de la transition vitreuse. On trouve que la densité vitreuse limite pour laquelle la structure verre apparaît correspond à une densité inférieure à celle pour laquelle l'empilement devient bloqué à contrainte nulle car on trouve :  $\phi_{gcp} > \phi_K$ .

Un des grands problèmes de cette recherche et celui des applications. Je vois mal comment utiliser tous ces concepts dans la physique des milieux granulaires, car pour moi ce sont des milieux frottants. Par ailleurs, il semble maintenant certain que la transition de jamming et la transition vitreuse sont de natures différentes et qu'on ne puisse rien anticiper de l'une grâce à l'autre sauf à croire au sur-naturel, ou à parler de « phénoménologie putative ». (i) Il est maintenant reconnu que les deux transitions ne coïncident pas (puisque  $\phi_{gcp} > \phi_K$ ). (ii) Par ailleurs, cette relation n'est valable que pour des grains non frottant, car on sait expérimentalement que la limite  $\phi_{jamming\ grains\ réels} \ll \phi_{gcp}$ . (iii) On sait aussi que la notion de « random closed packing » existe pour toute une gamme de densité et qu'on passe de l'un à l'autre par dilatation, mélange puis re-compaction quand les grains sont sans frottement, ou par la méthode de la thèse de G.Combe [24].

Cet article de L. Berthier est concis et clair, il permet d'obtenir une vue générale instantanée des études dans ce domaine limité. Peut-être aurait-il pu faire un point plus général, ce que j'ai essayé de faire ici; mais en tout cas, merci à l'auteur pour la clarté de son écriture. Merci aussi à lui de m'indiquer toute erreur d'appréciation dans mes interprétations.

## **5. Sur : « Transition vitreuse et transition de blocage : les solides désordonnés entre champ moyen et dimension finie » par Romain Mari [17] R. Mari ; PhD thesis, Univ Paris Sud VI (14/6/2011)**

J'ai lu cette thèse il y a un an à peu près et l'avait trouvée intéressante de telle sorte que j'avais noté quelques critiques non totalement formalisées. La lecture de l'article de L.Berthier m'a donné envie de critiquer ce travail aujourd'hui, de façon très positive. Les critiques évidemment sont un peu les mêmes que pour l'article [4] puisqu'ils traitent du même sujet avec des avis concordants. La thèse est évidemment

beaucoup plus documentée et précise. Les discussions sont plus complètes et les « applications » plus détaillées.

Cette thèse comporte cinq chapitres, l'une sur la transition vitreuse, le second sur la transition de blocage, le troisième reformule ces problèmes et ces deux transitions sur un réseau de Bethe, pour lequel une solution champ moyen existe, le quatrième étudie les modes collectifs dans les suspensions colloïdales et le cinquième tente le passage de la théorie de champ moyen à celle d'une structure interactive réelle avec une dimension  $d=3$ .

Cette thèse est intéressante ; tout d'abord elle se lit agréablement et fait le point sur un grand nombre de questions. On notera aussi que le chapitre 3 montre la différence entre transition de blocage (point J) et transition vitreuse. Ceci est un point capital pour les théoriciens de la physique des milieux granulaires. Il démontre aussi qu'il n'existe pas qu'un seul point J, mais un segment de points J puisque le système se bloque pour certaines configurations distinctes (On est ici toujours dans le cadre de grains non frottant). De même le chapitre 4 s'attaque au problème de la mesure du nombre  $N(\omega)$  de modes de vibration dans un système colloïdal par la méthode confocale. Il démontre le biais de cette mesure à basse fréquence, qui ne permet pas d'obtenir la bonne dépendance en fonction de la dimension. C'est important car cette méthode a déjà été utilisée dans ce but ; **elle est donc maintenant invalidée**. Le chapitre 5 développe une classe de modèles où l'on peut étudier la transition vitreuse et la transition de blocage (toujours sans frottement).

Les articles joints permettent une seconde vision souvent complémentaire. Ceci dit, la thèse est ardue pour un non spécialiste du sujet, mais elle établit une nouvelle base de discussion entre physiciens expérimentateurs et théoriciens des suspensions colloïdales ou des verres, et permettra à l'expérimentateur d'obtenir une culture nécessaire lors des discussions sur ce sujet.

Comme je l'ai déjà dit plus tôt, pour le §-4, je pense cependant que l'étude des grains non frottants avec interaction à distance n'a que très peu à voir avec la physique des milieux granulaires réels. Dans la pratique, le milieu granulaire évolue sous l'effet des contraintes : loi  $\epsilon(\sigma)$ , ce qui n'est pas envisageable réellement pour ces modèles.

Par ailleurs je ne suis pas sûr que l'amalgame fait au départ dans les années 1995-2002 par certains scientifiques, entre transition vitreuse, transition de blocage, distribution de modes mous et distribution de forces ait eu un impact positif dans le domaine des granulaires, car l'intérêt s'est focalisé pendant ces dix ans à démontrer finalement leur indépendance. Ceci dit la recherche est faite de cela, i.e. de nombreux efforts avant d'arriver au but. Personnellement je préfère axer mes efforts sur les phénomènes expérimentaux incompris, plutôt que sur les problèmes purement théoriques et mal compris.

En ce sens, l'intérêt du travail de Mari résulte en une confrontation entre étude « philosophique » et recherche scientifique sérieuse, car le travail démontre deux impossibilités notoires, que l'on croyait possibles/nécessaires, grâce à la comparaison aux résultats réels : la recherche d'une notion unificatrice théorique telle que transition de jamming = transition vitreuse = désordre topologique, comparée aux résultats expérimentaux. Ceci semble définitivement erroné.

## 6. Sur : J.Villain, «Shaken sand, stress and test particles » P&G 20, 29-36 (2012)

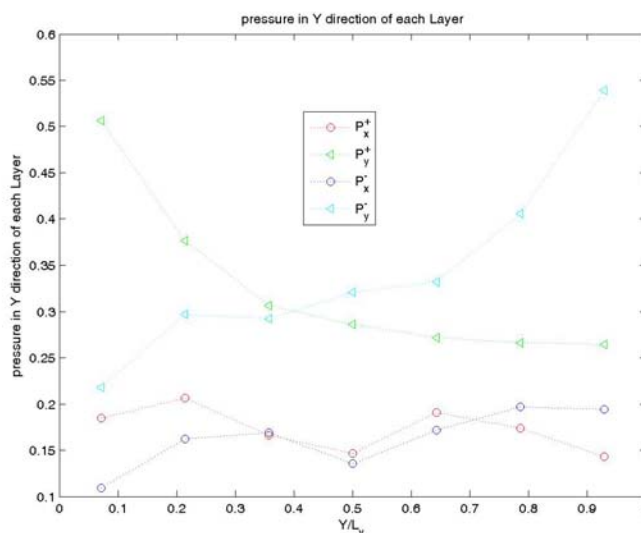
L'article [25] de J.Villain sur les gaz granulaires est très intéressant ; il reprend le problème des pressions dynamiques  $P^+ + P^-$  [26] dans les gaz granulaires vibrés; il démontre que la pression totale  $P^+ + P^- = P_0$  est constante selon  $z$  dans un gaz granulaire vibré. Malheureusement son calcul est probablement sujet à des approximations, car le travail de thèse de YP. Chen [27,28] montre expérimentalement et sans ambiguïté que la relation qu'il propose n'est pas satisfaite pour les expériences 2d dans l'Airbus 0g. Par contre, cette relation semble être correcte pour nos simulations 3d (R.Liu) lorsque la dissipation reste faible [29] et que l'énergie cinétique instantanée stockée en moyenne par une bille et par unité de masse reste plus grande que l'énergie cinétique des parois par unité de masse de paroi; mais cette relation redevient fautive quand la dissipation interne par collisions devient plus importante, c'est-à-dire quand le nombre de billes devient grand [29].

On peut être plus précis : **Par exemple, sur les simulations** numériques (travail avec Liu) de P&G 17 (n°14), 417-447 (2009), avec excitation dent de scie, l'approximation  $P^+ + P^- = P_0$  marche pour des billes peu nombreuses  $N < 1500$ . Pour les autres  $N > 2000$  le bruit est grand et le système ne semble pas stabilisé.... (voir Fig 1.2-8) pour un coefficient de restitution  $e=0.8$

La formule  $P^+ + P^- = P_0$  marche mieux pour un coefficient de restitution de 0.9 (jusqu'à 2000 billes) , mais ne marche pas réellement bien pour  $e=0.7$  et 1600 billes (Fig 1.1.5) dans poudres & grains 17 (13), 385-415 (Juillet 2009) (excitation "sinus"); On a la même tendance en moins prononcée: la rupture arrive pour  $N > 2000$  (Fig.1.1.5 à 7)

sur l'expérience Airbus, les résultats appartiennent à YP Chen.:

L'approximation  $P^+ + P^- = P_0$  ne marche pas comme le montre la figure jointe.



Ceci indique probablement que lorsque l'énergie cinétique par unité de masse  $v^2/2$ , en moyenne stockée par chaque bille, est inférieure à l'énergie cinétique par unité de



masse de la paroi ( $V_{\text{paroi}})^2$ , soit  $v < V_{\text{paroi}}$ , l'équation de conservation  $P^+ + P^- = P_0$  ne marche pas bien; Ceci doit pouvoir s'expliquer très probablement par le fait que le flux d'impulsion n'est pas conservé lors des chocs.. Voir les prochaines publications de ma thésarde YP Chen.

## References:

### § 1. et 2.

- [1] S.E. Skipetrov, B.A. van Tiggelen & J.H. Page : « La localisation forte d'Anderson des ondes classiques », pp75-80, Images de la Physique 2009, (ed. CNRS, Paris, 2010)
- [2] D.Delande, J.C.Garrau, L.Sanchez-Palencia & B.van Tiggelen : « La localisation forte d'Anderson », Images de la Physique 2009, pp70-74, (ed. CNRS, Paris, 2010)
- [3] J.C.Garrau, P.Szriftgiser, G.Lemarié & D.Delande : « La transition métal-isolant d'Anderson observée avec un gaz atomique froid en régime chaotique », Images de la Physique 2009, p.81, (ed. CNRS, Paris, 2010)
- [4] A.Aspect, Ph. Bouyer, V.Josse, L.Sanchez-Palencia : « Localisation d'Anderson d'atomes ultra-froids », Images de la Physique 2009, p 87, (ed. CNRS, Paris, 2010)
- [5] P.Evesque, « Quelques Aspects de la Dynamique des Milieux Granulaires », *poudres & grains* 13 (4), 40-73 (Novembre 2002) et les références incluses, en particulier: C.H. Liu and S.R. Nagel, *Phys. Rev. Lett.* 68, 2301 (1992); X. Jia, C. Caroli, B. Velicky, *Phys. Rev. Lett.* 82, 1863 (1999); X. Jia, "Ultrasound propagation in disordered granular media", in *The Granular State*, S. Sen & M. Hunt (eds.), *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* Vol. **627**, 351-357 (MRS, San Francisco, 2000).
- [6] F.Adjemian, P. Evesque, X. Jia, "Ultrasonic experiment coupled with triaxial test for micro-seismicity detection in granular media", dans *Powders & Grains 2005*, (Garcia-Rojo, Herrmann, McNamara ed., Balkema 2005), pp. 281-285); et F. Adjémian, PhD these, ECP (2004), these ECP.
- [7] H. Hu, Strybulevych, J.H. Page, S.E. Skipetrov & B.A. van Tiggelen : Localisation of ultrasound in a three-dimensional elastic network, *Nature Physics* **4**, 945, (2008)

### § 3.

- [9] M.Leduc & E. Giacobino, Opinions : « Une agence de la recherche à transformer », Pour la Science, 417, 14-15, (Juillet 2012)
- [10] P.Evesque, lettre au CNRS à l'occasion de sa réforme (2004), p. 66 de [12].
- [11] ce journal P&G.
- [12] Témoignages n° 4 au CL du laboratoire MSSMat du 3/9/2012 ; demander au directeur, à paraître
- [13] Témoignages n°1, 2 et 3 au CL du laboratoire MSSMat (Décembre 2011, Mars 2012) à demander au labo MSSMat. Ce sont essentiellement des reproductions de correspondances originales. Ce sont des fichiers pdf annexés au pv des CL de Juin, Décembre 2011 et de Mars 2012.
- [14] P. Evesque, reading notes, P&G **19**, 17-18, (2011)
- [15] P. Evesque, On the Editorial Policy in Science: Quelques problèmes « censurés » de « micro-nano » fluide granulaire en micro gravité, P&G **19**, 12-16, (2011)

### § 4.

- [16] L.Berthier, « Entre géométrie et physique statistique: structure d'un empilement désordonné » Images de la Physique 2011, pp.28-34, (ed. CNRS, 2012)

### § 5.

- [17] R.Mari, « Transition vitreuse et transition de blocage : les solides désordonnés entre champ moyen et dimension finie », Phd Thesis, Thèse de doctorat UPMC, ESPCI, (14 Juin 2011)
- [18] S. Torquato, F. H. Stillinger, *Rev.Mod.Phys.* 82, 2633 (2010); W. Man, A. Donev, F. H. Stillinger, M. T. Sullivan, W. B. Russel, D. Heeger, S. Inati, S. Torquato, & P. M. Chaikin, *Phys.Rev.Let.*94, 198001 (2005) ; A. Donev, S. Torquato, and F. H. Stillinger, *Phys. Rev. E* 71, 011105 (2005)
- [19] S. F. Edwards and R. B. S. Oakeshott, *Phys. A* (Amsterdam) **157**, 1080 (1989).
- [20] P.Evesque, P&G **ns1** (2001), voir chapitre 8 .
- [21] J.B. Knight, C.G. Fandrich, C.N. Lau, H.M. Jaeger, and S.R. Nagel, *Phys. Rev. E* **51**, 3957 (1995) ; E.R. Nowak, J.B. Knight, E. Ben-Naim, H.M. Jaeger, and S.R. Nagel, *Phys. Rev. E* **57**,1971 (1998).

- [22] P.Richard, P. Philippe, F. Barbe, S. Bourles, X. Thibault, and D. Bideau, Phys. Rev. E **68**, 020301 (2003)
- [23] F. de Larrard, Formulation et Propriétés des Bétons à très Hautes performances, Thèse, Paris, LCPC, (mars 1988)
- [24] G. Combe, « Origines géométriques du comportement quasi-statique des assemblages granulaires denses : étude par simulation numérique », PhD Thesis, Thèse de doctorat ENPC (27 Juin 2001)

**§ 6.**

- [25] J. Villain, , *P&G* **20**, 29-36 (2012)
- [20] P.Evesque, *P&G* **17**, 577-595, (2009) ; *P&G* **19**, 1-19 (2010).
- [27] Y.P. Chen, ,PhD thesis, ECP-Chinese Acad of Science, (2012) à paraître
- [28] Y.P. Chen, ,article à paraître
- [29] R.Liu, *P&G* **17**, 1-573 (209)