

Laboratoire de Physique Théorique et Modèles Statistiques

(UMR 8626)

RAPPORT SCIENTIFIQUE

(juin 1997 -- juin 1999)

LPTMS, Université Paris-Sud, bâtiment 100, 91405 Orsay Cedex

CHAOS ET SYSTEMES QUANTIQUES

Au fil des ans, cette équipe a développé un spectre d'activités à la fois large et diversifié. Celles-ci vont de certains aspects formels liés à la quantification des systèmes chaotiques et aux propriétés des zéros de la fonction zêta de Riemann jusqu'à des travaux en contact étroit avec des expériences. Même si on l'on constate une augmentation du nombre de travaux motivés directement par des expériences, il faut souligner que les recherches plus proches de la physique mathématique restent très actives. Signalons notamment certains développements récents de la théorie des matrices aléatoires et de ses liens avec la fonction zêta de Riemann, les polynômes aléatoires, les problèmes de combinatoire, etc. (cf. le semestre autour des matrices aléatoires qui s'est tenu en 1999 au [Mathematical Sciences Research Institute de Berkeley](#))

Effet tunnel et systèmes chaotiques

Ce problème traite du transport quantique entre deux régions régulières de l'espace de phases classique. E. Bogomolny et D. Rouben [10] ont obtenu une formule semi-classique pour le courant électronique qui traverse un double puits résonnant soumis à un champ magnétique extérieur. Les orbites classiques qui donnent la contribution principale et les effets d'interférence associés ont été identifiées. Les résultats obtenus permettent d'expliquer certains aspects des expériences de transport résonnant réalisées par le groupe L. Eaves à Nottingham et celui de G. Boebinger aux laboratoires Bell.

Une autre expérience liée à l'effet tunnel assisté par le chaos a été réalisée par A. Richter à Darmstadt. A l'aide d'une cavité supraconductrice en niobium ce dernier a construit un analogue électromagnétique du billard bicirculaire proposé par O. Bohigas et collaborateurs. Le système est cependant modifié par rapport à la configuration idéale, car les antennes connectées à la cavité ne peuvent pas être négligées. D. Ullmo et O. Brodier ont effectué un calcul explicite qui clarifie ce point et rend ainsi possible l'interprétation des expériences.

Approximation semi-classique et problèmes d'élasticité

Les méthodes d'approximation semi-classique permettent de décrire des situations dans lesquelles la longueur d'onde est petite devant les dimensions caractéristiques du système. Surtout développées dans le contexte de la mécanique quantique, elles peuvent aussi trouver des applications intéressantes dans d'autres domaines, notamment dans les problèmes de propagation d'ondes. E. Bogomolny et E. Hugues ont développé un formalisme adapté à l'étude des vibrations transverses d'une plaque dont l'épaisseur est petite devant la longueur d'onde. En partant de l'équation biquadratique de Kirchoff, ils ont

établi une formule de trace qui diffère de la formule de Gutzwiller par la présence de termes associés à la réflexion sur les bords du système. Un grand nombre de modes de vibrations ont pu être ainsi calculés [9].

Statistiques spectrales

La motivation principale de ces travaux est d'établir des liens entre les propriétés classiques et quantiques de systèmes chaotiques. La conjecture de Bohigas, Giannoni et Schmit est une des pierres angulaires de ce domaine, autour de laquelle s'articulent une bonne partie des travaux et des ramifications vers d'autres domaines. Elle stipule que les propriétés statistiques des niveaux d'énergie de systèmes chaotiques génériques coïncident avec celles des valeurs propres d'un ensemble de matrices aléatoires. Dans l'autre cas extrême, qui est celui des systèmes intégrables, les valeurs propres sont parfois distribuées comme des variables indépendantes (Poisson).

En collaboration avec J. Keating, E. Bogomolny a développé une méthode générale qui permet de calculer analytiquement, à partir de méthodes semi-classiques, la fonction de corrélation à deux points pour des systèmes chaotiques non symétriques sous le renversement du sens du temps [4]. La méthode permet aussi de calculer les corrélations pour les zéros critiques de la fonction zêta de Riemann [3].

Il existe une classe de modèles qui possèdent une dynamique régulière mais dont les tores dans l'espace des phases présentent plusieurs feuilletés. Une réalisation de ces systèmes dits pseudo-intégrables sont les billards plats polygonaux dont les angles sont commensurables à π .

De nombreuses études numériques effectuées par C. Schmit indiquent que ces systèmes possèdent des propriétés statistiques intermédiaires entre les deux grandes classes d'universalité mentionnées plus haut, et présentent de fortes similitudes avec celles observées à la transition métal-isolant dans le modèle d'Anderson à trois dimensions. E. Bogomolny, U. Gerland et C. Schmit ont développé plusieurs modèles qui possèdent des statistiques intermédiaires et qui permettent un calcul analytique explicite [11,12]. C'est notamment le cas du billard rectangulaire avec un potentiel singulier à l'intérieur, et aussi des modèles de matrices aléatoires qui, dans leur interprétation électrostatique, ont une interaction logarithmique sur une distance finie. L'ensemble de ces résultats accredit l'idée qu'il existe des classes d'universalité intermédiaires dans les systèmes dynamiques.

D'un point de vue semi-classique, la caractéristique distinctive des systèmes pseudo-intégrables semble être la présence d'un nombre important d'orbites diffractives. Toutefois il n'existe pas de formule générale qui prenne en compte leur contribution à la densité d'état quantique dans la formule de Gutzwiller. E. Bogomolny, N. Pavloff et C. Schmit ont réussi à calculer la diffraction multiple pour les billards polygonaux. Le résultat obtenu est en bon accord avec les simulations numériques. Ce travail est le premier calcul détaillé de la formule des traces pour un système pseudo-intégrable.

Gaz d'électrons et physique mésoscopique

L'étude des effets d'interférence et d'interaction dans un gaz bidimensionnel d'électrons confinés dans un domaine de l'espace dont les dimensions sont plus petites que la longueur

de cohérence de phase (point quantique) présente actuellement un grand intérêt tant d'un point de vue expérimental que théorique. Plusieurs travaux récents explorent différentes propriétés de ces points quantiques.

Magnétisme orbital. Depuis plusieurs années D. Ullmo travaille sur la réponse magnétique de tels systèmes. Ces travaux ont été motivés par les résultats expérimentaux de L. Lévy à Grenoble. Plus récemment il a calculé, en collaboration avec H. Baranger, K. Richter et F. Von Oppen, la contribution à la réponse magnétique due aux interactions dans un gaz infini sans désordre (contribution dite d'Aslamazov-Larkin), qui domine la susceptibilité de Landau à très basse température. Ce travail a mis en évidence l'existence d'une discontinuité de la dérivée de la susceptibilité à champ magnétique nul.

Blocage de Coulomb. Un point quantique ayant une capacitance très petite, son énergie totale est pour l'essentiel dominée par l'énergie de charge. Ceci se traduit par une propriété remarquable: l'énergie de charge empêche tout courant de traverser la structure, sauf pour des valeurs discrètes d'un paramètre extérieur de contrôle. Les expériences de blocage de Coulomb permettent de déterminer les variations de l'énergie de l'état fondamental d'un point quantique en fonction du nombre de particules. Dans une approche de type Strutinsky, l'effet des interactions résiduelles est d'induire un terme d'appariement qui lève la dégénérescence entre les deux états de spin. Ce couplage est de l'ordre de l'espacement moyen entre niveaux. H. Baranger, L. Glazman et D. Ullmo ont montré que lorsqu'on fait varier un paramètre extérieur, les variations du fondamental dues à des effets de remplissage donnent lieu à des discontinuités de la dérivée de la position des pics de blocage de Coulomb. Ces discontinuités ont été observées dans les courbes expérimentales. Ils ont par ailleurs étudié les propriétés statistiques de ces discontinuités sous l'hypothèse que la dynamique est chaotique.

Fluctuations et corrélations paramétriques. On peut modéliser un point quantique par un champ moyen qui induit une dynamique chaotique des électrons. Dans l'hypothèse où l'on néglige les interactions résiduelles, l'énergie de l'état fondamental est donnée par la somme des énergies de particules indépendantes. O. Bohigas, P. Leboeuf et M. J. Sanchez ont étudié les propriétés statistiques de cette énergie en fonction du nombre (fixe ou moyen) d'électrons qui se trouvent dans la structure [13]. Ils ont montré l'existence d'un régime universel pour des fenêtres contenant un petit nombre de particules, suivi d'oscillations non-universelles (pour lesquelles des formules explicites sont données) quand ce nombre croît. Ces prédictions ont été testées numériquement en prenant comme modèle les zéros de la fonction zêta de Riemann.

Par ailleurs, les corrélations de l'énergie totale et de ses dérivées quand un paramètre extérieur varie (ou bien quand le nombre de particules varie) (corrélations paramétriques) ont été calculées par P. Leboeuf et A. Monastera pour un gaz d'électrons dans des potentiels chaotiques, intégrables ou diffusifs. Ces résultats ont des applications très variées qui vont de la physique des courants persistants aux propriétés des agrégats métalliques.

Effets de rugosité dans les agrégats métalliques

La stabilité des agrégats métalliques est en grande partie gouvernée par des effets de couches quantiques. Ces effets dépendent de manière cruciale de la forme de l'agrégat. L'approche usuelle consiste à relier forme et stabilité par un mécanisme de Jahn-Teller. Elle

a rencontré des succès notables dans le cas d'agrégats de faible taille, mais ne semble pas fournir une description correcte pour des agrégats dépassant la centaine d'atomes. N. Pavloff et C. Schmit ont proposé un modèle d'agrégats rugueux où les déformations correspondent à des irrégularités aléatoires de taille atomique situées à la surface de l'agrégat [72]. Ce modèle autorise un traitement semi-classique simple qui reproduit bien les résultats expérimentaux du groupe de Björnholm à Copenhague.

Transport dans les systèmes classiques mixtes

Les systèmes mixtes présentent une structure entremêlée (fractale) d'orbites régulières et chaotiques. Ceci peut conduire à des propriétés de transport assez singulières dans la zone chaotique. Afin de clarifier ce comportement, P. Leboeuf a calculé analytiquement les coefficients de transport (diffusion) pour un système déterministe qui possède une dynamique classique mixte (application de Harper pulsée [53]). Ces calculs décrivent les oscillations irrégulières du coefficient de diffusion observées en fonction d'un paramètre de contrôle. Pour certaines valeurs de ce paramètre une diffusion anormale de type vol de Lévy est observée dans les simulations numériques. Toutefois la théorie actuelle ne permet pas de calculer l'exposant de cette diffusion anormale.

Etats propres de systèmes chaotiques et polynômes aléatoires

Au début des années 90, E. Bogomolny, O. Bohigas et P. Leboeuf ont montré qu'il existait un lien entre les propriétés statistiques des états propres de systèmes chaotiques et la distribution des zéros de polynômes à coefficients aléatoires. Les résultats obtenus pour le groupe $SU(2)$ ont été généralisés à d'autres géométries, comme le plan et la pseudosphère. P. Leboeuf a montré que les zéros de la représentation de Bargmann des états quantiques associés à des systèmes ayant une symétrie W_1 ($SU(1,1)$) sont uniformément répartis sur le plan (plan hyperbolique). Par ailleurs on peut montrer que les corrélations locales de ces zéros sont universelles, indépendantes de la géométrie ou des particularités du modèle utilisé.

Des études de la dynamique de ce gaz de zéros lorsque les coefficients du polynôme effectuent un mouvement brownien, et en particulier la forme asymptotique de l'enroulement, sont en cours (O. Bohigas et S. Nechaev).

SYSTEMES EN BASSE DIMENSION

Cet axe de recherche recouvre des sujets assez divers, un dénominateur commun est l'aspect systèmes désordonnés lequel a été renforcé et élargi de façon très substantielle grâce à l'arrivée de Cécile Monthus et de Sergei Nechaev sur des postes de CR2 et CR1.

Fonctionnelles exponentielles et systèmes désordonnés

Une série de travaux ont été consacrés à l'étude des fonctionnelles exponentielles du mouvement Brownien. Ces fonctionnelles apparaissent dans de nombreux domaines allant de l'étude de la diffusion en milieu aléatoire jusqu'à celle de la localisation quantique. A. Comtet, C. Monthus et M. Yor (laboratoire de probabilités de Paris 6) ont établi plusieurs relations nouvelles [23] qui stimulent actuellement certains travaux chez les probabilistes. Comtet et C. Texier ont observé que ces fonctionnelles jouaient un rôle essentiel dans l'étude de la diffusion par un potentiel aléatoire. Leur travail s'inscrit dans le contexte de

l'étude des propriétés de transport de systèmes désordonnés ou chaotiques en basse dimension. C'est un domaine très vivant qui a donné lieu à de nombreux travaux motivés par des considérations aussi bien théoriques qu'expérimentales. Il s'agit de déterminer les propriétés statistiques de la matrice de diffusion et de certaines quantités directement reliées telles que le temps de Wigner. Le temps de Wigner est le temps passé par un paquet d'onde d'énergie E dans la région d'interaction. La plupart des travaux antérieurs étaient basés sur la théorie des matrices aléatoires. L'étude des propriétés statistiques du temps de Wigner a été entreprise par des méthodes basées sur la théorie des matrices aléatoires. Or cette approche ne s'applique pas aux systèmes unidimensionnels dans lesquels subsistent des effets de localisation forte. De nouvelles approches analytiques utilisant les équations différentielles stochastiques ont donc dû être développées [22]. On a ainsi pu démontrer que le temps de Wigner obéit à une loi large dont l'origine physique résulte de l'existence d'états localisés au sein de la région désordonnée; ces états sont capables de piéger la particule pendant un temps très long [24]. Des simulations numériques très précises effectuées par C. Texier ont confirmé l'ensemble des résultats analytiques.

Chaînes de spins quantiques antiferromagnétiques

En l'absence de désordre, les chaînes antiferromagnétiques de spin S demi-entier présentent des corrélations en loi de puissance et des excitations sans gap alors que celles avec spin entier sont caractérisées par des corrélations exponentielles, un gap de Haldane et un ordre topologique à longue portée. En présence de désordre dans les couplages antiferromagnétiques pour la chaîne $S=1/2$, la méthode de renormalisation dans l'espace réel de Ma et Dasgupta permet d'étudier les propriétés de basse température de ces chaînes: le désordre engendre une phase de singulets aléatoires dans laquelle la susceptibilité présente un comportement logarithmique à basse température. Dans une collaboration avec T. Jolicoeur et O. Golinelli (SPHT Saclay), C. Monthus a montré comment généraliser cette approche au cas des chaînes de spin 1. Il ressort de ce travail [67,68] que la phase de singulets aléatoires qui apparaît pour un désordre infinitésimal dans le cas $S=1/2$ apparaît seulement au delà d'un désordre critique pour $S=1$. En dessous de ce désordre critique un ordre topologique à longue portée subsiste et la susceptibilité magnétique présente un comportement en loi de puissance avec un exposant dépendant continûment du désordre. Ces auteurs ont montré que cette transition de phase, comme fonction du désordre, pouvait être interprétée en terme de transition de percolation.

Marches aléatoires et processus de réaction diffusion en milieu désordonné unidimensionnel

Ces techniques de renormalisation dans l'espace réel peuvent être utilisées dans l'étude de la diffusion en milieu aléatoire. En collaboration avec P. Le Doussal et D. Fisher, C. Monthus a montré que, malgré leur caractère approché, ces méthodes sont capables de fournir des *résultats asymptotiques exacts*. Un test décisif de ces techniques est fourni par le modèle de Sinai. Dans ce cas on retrouve non seulement les comportements logarithmiques habituels à grand temps mais aussi le résultat exact des mathématiciens Kesten et Golosov pour la distribution asymptotique. Un grand nombre de résultats nouveaux ont été obtenus concernant en particulier les propriétés de récurrence et de vieillissement [40].

Certaines de ces questions ont été étudiées indépendamment par D. Dean et A. Comtet [25]. Ces derniers ont utilisé une approche alternative utilisant une représentation des probabilités de transition en terme de fonctionnelles exponentielles. Celle-ci se révèle

toutefois beaucoup plus difficile à mettre en oeuvre dans le cas des quantités à plusieurs temps.

Les techniques de renormalisation dans l'espace réel permettent également d'aborder le problème de plusieurs particules diffusant dans un milieu aléatoire et réagissant selon des processus de coagulation ou d'annihilation. De nouveaux exposants dynamiques ont pu être ainsi obtenus. Cette approche a aussi permis d'étudier la dynamique de Glauber de la chaîne d'Ising classique en champ aléatoire et à basse température [39]. Celle-ci peut en effet être décrite comme un processus de réaction diffusion en milieu aléatoire pour les parois de domaines. De nouveaux résultats sur les propriétés de persistance ont été obtenus par C. Monthus et ses collaborateurs.

Transport électronique et impuretés magnétiques

L'étude du transport quantique dans les systèmes magnétiques bidimensionnels est un sujet d'actualité en grande partie motivé par des développements expérimentaux récents. Une des questions les plus débattues a trait au rôle du désordre: en effet les systèmes réels contiennent toujours des imperfections sous la forme d'impuretés ou de désordre de type structurel. Dans le cas de l'effet Hall quantique, les arguments basés sur la localisation des états par le désordre permettent de comprendre l'origine des plateaux dans la conductivité Hall mais ils n'ont qu'au plus une valeur heuristique. Des modèles analytiques prenant en compte le désordre et permettant de calculer explicitement les propriétés de transport présentent donc le plus grand intérêt. C'est dans ce contexte que s'inscrivent les travaux de J. Desbois, C. Furtlehner, S. Ouvry et C. Texier.

Ces auteurs ont introduit un modèle désordonné dans lequel le désordre apparaît sous la forme d'impuretés magnétiques distribuées de façon aléatoire dans le plan [30]. Un calcul des propriétés de transport, utilisant le formalisme de la réponse linéaire a permis de calculer la conductivité Hall de ce système au premier ordre de la théorie de perturbations dans la constante de couplage du désordre [31]. Il apparaît des oscillations au-dessus de la droite classique qui rendent ainsi partiellement compte des résultats de Von Klitzing et al. pour le transport Hall en présence d'impuretés répulsives [36].

Une autre direction de recherche a été poursuivie par les mêmes auteurs. Plusieurs questions relatives à la magnétisation et aux courants permanents de systèmes électroniques bidimensionnels sans interaction ont été réanalysées d'un point de vue thermodynamique. Certains effets liés au spin ont été étudiés de façon très détaillée et ont ainsi permis de clarifier certaines ambiguïtés présentes dans la littérature [35].

Les travaux plus récents (S. Ouvry et collaborateurs) portent sur l'effet de la statistique quantique sur le bruit de grenaille mesuré dans les échantillons Hall. Il n'est pas inutile de rappeler l'importance de ces questions : ce sont en effet des mesures de bruit qui ont permis de mettre en évidence de façon indirecte l'existence de porteurs de charge fractionnaire dans les échantillons Hall fractionnaire (remplissage $1/3$ et $1/5$) confirmant ainsi les prédictions théoriques de R. Laughlin. Les expériences ont essentiellement testé le régime basse température-grande différence de potentiel, là où la limite de bruit de grenaille est valide. Dans ce régime on teste la charge des porteurs du courant tunnel mais pas leur statistique. En revanche dans le régime intermédiaire entre le bruit de grenaille et le bruit thermique on s'attend à ce que l'effet de la statistique soit manifeste. Sachant que les

porteurs de charge dans les échantillons Hall fractionnaires ont non seulement une charge fractionnaire mais aussi une statistique fractionnaire, on devine toute l'importance de prendre en compte correctement les effets de statistique quantique. Un travail récent de S. Isakov, S. Ouvry et T. Martin fournit une prédiction théorique pour le bruit dans l'hypothèse où les porteurs de charge obéissent à la statistique de Haldane, appropriée à la description de systèmes unidimensionnels.

Mécanique statistique sur le groupe des tresses et mouvement brownien planaire

La thématique " groupes des tresses " a été initiée par S. Nechaev à son arrivée au LPTMS en 1998. Elle a donné lieu à des collaborations avec plusieurs chercheurs du laboratoire, principalement J. Desbois. Bien qu'il s'agisse d'une thématique nouvelle, il convient de remarquer qu'elle s'inscrit dans la continuité de nos travaux antérieurs sur les propriétés du mouvement brownien plan. C'est un sujet sur lequel nous revenons de façon épisodique. Dans un travail récent J. Desbois [37] a montré comment calculer analytiquement la distribution de l'aire algébrique enserrée par une courbe Brownienne fermée se développant dans un potentiel aléatoire. Il démontre que la distribution limite est donnée par une loi Gaussienne. Ce résultat analytique a pu être confirmé par des simulations numériques.

Les contraintes topologiques jouent un rôle essentiel dans de nombreux systèmes complexes tels que les chaînes de polymères ou encore les vortex dans les supraconducteurs de type 2. Dans le cas des polymères les propriétés mécaniques seront profondément affectées par le fait que deux polymères ne peuvent se traverser mutuellement. Si l'on considère un système de chaînes quasi alignées (polymères dirigés) leur enchevêtrement pourra être codé à l'aide d'un mot construit sur le groupe des tresses. La complexité topologique du système peut être reliée à la longueur du mot réduit, c'est à dire du mot obtenu après avoir utilisé toutes les relations de groupe. Pour mener à bien ce programme Vershik et Nechaev ont proposé de se limiter dans un premier temps au cas d'un groupe localement libre, version simplifiée du groupe des tresses obtenue en relâchant la contrainte de Yang-Baxter. Parmi les différents travaux réalisés ces dernières années citons notamment :

- une étude de l'énumération du nombre de mots de longueur fixée (Comtet, Nechaev) [21]
- la relation avec un modèle balistique de croissance (Desbois, Nechaev) [32,34]
- une étude du groupe bidimensionnel des tresses (Nechaev) [2]

Physique des polymères

Les propriétés de localisation ou d'ancrage de polymères dans différentes géométries ou en présence de potentiels extérieurs continuent à exercer un grand intérêt en raison de leurs applications potentielles en physico-chimie. De nombreuses suspensions, colles ou peintures contiennent des additifs polymérisés qui influent sur la cinétique de ces systèmes. Plusieurs travaux dans ce domaine ont été effectués par S. Nechaev et C. Monthus.

1) Etude de la dynamique d'une chaîne de polymères dont une des extrémités est astreinte à se déplacer sur une ligne contenant des pièges distribués de façon aléatoire (collaboration avec M. Moreau et G. Oshanin).

2) Etude d'un modèle de localisation de chaînes de polymères interagissant avec un potentiel répulsif [71].

3) Etude de l'ancrage de chaînes de polymères sur des substrats contenant des sites chimiquement actifs (collaboration avec G. Oshanin , A.M. Cazabat et M. Moreau) [69].

4) Localisation d'un hétéropolymère aléatoire à l'interface entre deux solvants sélectifs : C. Monthus a étudié ce problème dans le cadre du modèle de Garel et al. en utilisant une méthode de renormalisation dans l'espace réel.

PHYSIQUE DE LA FRAGMENTATION

L'étude des liens entre les propriétés thermodynamiques d'un fluide (notamment ses comportements critiques) et sa morphologie (notamment la distribution en taille des amas de particules) a une solide tradition remontant aux travaux théoriques de Mayer, Hill, Kasteleyn, Fortuin ou Coniglio, parmi beaucoup d'autres. Un des problèmes récurrents est la définition même de la notion d'amas "physique". Il semble maintenant clair que cette définition ne peut pas être "universelle", mais qu'au contraire elle doit s'adapter à la nature du problème physique considéré.

Etude des amas énergétiquement stables dans le modèle de gaz sur réseau.

X. Campi, H. Krivine et N. Sator ont proposé, dans le cadre du modèle de gaz sur réseau (isomorphe du modèle de Ising) à 2 et 3 dimensions, une nouvelle définition des amas, qui est basée sur un critère de stabilité. Un amas consiste en un ensemble de particules qui est, en moyenne, stable par émission de monomères. Avec cette définition ils ont obtenu les résultats suivants [18].

i) Sur le diagramme de phase densité-température, il existe une ligne critique de percolation, qui va du point critique thermodynamique au point critique de percolation de liens. Sur cette ligne, les exposants critiques associés à la distribution en taille des amas sont ceux de la percolation standard.

ii) Cette ligne est pratiquement identique à la ligne de Kertész, que l'on trouve en effectuant une percolation de liens entre sites proches-voisins occupés, avec la probabilité introduite par Coniglio et Klein: $p=1-\exp(-e/2T)$ (e étant l'énergie de lien du modèle de gaz sur réseau et T la température).

iii) Cette ligne est approximativement isoénergétique (cette propriété est d'autant mieux satisfaite que la coordinance du réseau est grande).

Cette définition d'amas (amas énergétiquement stables) semble bien adaptée à l'étude de phénomènes comme la fragmentation à haute énergie ou le transport de courant dans des fluides binaires ioniques.

Lignes de percolation dans un fluide de Lennard-Jones supercritique

Afin de vérifier, dans le cas de systèmes plus réalistes, la robustesse des résultats précédents obtenus sur réseau, une étude des lignes de percolation qui apparaissent dans un fluide de particules classiques interagissant avec un potentiel de Lennard-Jones a été

entreprise. Des calculs de dynamique moléculaire à 2 et 3 dimensions, pour des densités et des températures supérieures à celles du point critique permettent d'aboutir aux résultats préliminaires suivants:

i) A 2 dimensions, utilisant une définition des amas proche de celle utilisée auparavant pour le gaz sur réseau, on retrouve les mêmes résultats, i.e. l'existence d'une ligne de percolation, sur laquelle la distribution en taille des amas est en loi de puissances $n(s) \sim 1/s^t$, avec $t=2.05$ (exposant universel de la percolation). On retrouve également, avec une grande précision, le "finite size scaling" de l'amas "infini" de percolation.

ii) A 3 dimensions, utilisant la même définition d'amas on trouve une ligne de percolation, mais l'exposant t prend une valeur plus grande que celle attendue pour la percolation à 3d (celle obtenue avec le modèle sur réseau) et très proche du résultat prévu par le champ moyen. Il semble donc, qu'en taille finie, la portée du potentiel de Lennard-Jones est trop grande pour créer une percolation qui appartienne, à 3 dimensions, à la classe d'universalité habituelle. Des tests sont en cours, avec un potentiel de plus courte portée, pour vérifier la validité de cette hypothèse.

Par ailleurs des discussions sont en cours avec des équipes d'expérimentateurs (Daniel Beyssens à Grenoble, Daniel Bonn à l'E.N.S) pour étudier la possible mise en évidence de ces lignes de percolation dans des mélanges binaires (eau-acide isobutyrique, par exemple).

Ce travail devrait constituer une partie de la thèse de Nicolas Sator.

Fragmentation de noyaux atomiques [15,16,17]

Une collaboration avec des équipes d'expérimentateurs qui analysent des résultats de fragmentation nucléaire auprès des détecteurs ALADIN à GSI (Darmstadt) et INDRA à GANIL (Caen) a été poursuivie. Les résultats obtenus par ces deux équipes montrent des différences subtiles, mais très intéressantes pour comprendre l'influence du mode d'excitation du noyau. Les distributions en taille des fragments ont une forme convexe (loi de puissances, exponentielle) dans le premier cas, alors qu'elles sont toujours concaves dans le second. Dans le premier cas, il s'agit de collisions périphériques avec des projectiles de haute énergie (600-1000 MeV/nucléon). Il y a peu (ou pas) de compression de la matière nucléaire et la fragmentation se produit par un mécanisme de brisure de liens entre nucléons proches voisins. Ces résultats sont très bien reproduits par un modèle de percolation, sans aucun recours à un paramètre ajustable. Dans le deuxième cas, il s'agit de collisions centrales à basse énergie (25-50 MeV/nucléon). Il y a une compression initiale importante, qui est suivie d'une émission de nucléons de pré-équilibre. Le système résiduel a probablement le temps de se thermaliser avant de se fragmenter. Les modèles d'équilibre thermique rendent compte correctement des distributions de fragments, à condition d'ajuster la masse, la densité et l'énergie d'excitation. L'origine de la concavité de ces distributions, ainsi que la forme des spectres d'énergie cinétique des fragments, ne sont pas encore bien comprises.

SYSTEMES DESORDONNES ET OPTIMISATION COMBINATOIRE

Cette thématique est développée par O. Martin, ses étudiants, et un postdoc (boursier du Portugal pour 3 ans). L'activité soutenue de cette équipe a donné lieu à deux thèses en 1997, une autre thèse est prévue pour la fin de cette année. Dans les années à venir cette équipe devrait pouvoir attirer davantage de postdocs et aider le laboratoire à développer une expertise numérique.

La thématique de cette équipe est pluridisciplinaire. Elle s'appuie en effet sur la physique statistique des systèmes désordonnés et sur l'optimisation combinatoire. Pourquoi ce choix ? Depuis plus de 20 ans, des approches "champ moyen" de physique statistique ont été développées pour traiter les systèmes désordonnés et frustrés tels que les verres de spins. L'optimisation combinatoire permet de tester quantitativement ces approches en comparant les prédictions théoriques (champ moyen ou autres approches) aux propriétés réelles de ces systèmes *en dimension finie*. Ces tests de la théorie exigent un investissement algorithmique et numérique (car il faut trouver les états de plus faibles énergies) et aussi une bonne maîtrise de la théorie. L'avantage de cette approche est qu'elle ne souffre pas de problèmes d'équilibre thermique, contrairement aux simulations Monte Carlo. On comprend ainsi pourquoi l'optimisation combinatoire présente un intérêt évident pour les physiciens des systèmes désordonnés. Inversement, les résultats de la physique statistique éclairent la nature de certains problèmes d'optimisation combinatoire. Un travail récent de cette équipe montre qu'une telle connaissance conduit à de meilleurs algorithmes numériques en recherche opérationnelle et/ou en optimisation discrète.

Les premiers travaux de l'équipe ont été centrés sur les propriétés statistiques du fondamental dans des modèles désordonnés issus de l'optimisation combinatoire (le problème du voyageur de commerce et des problèmes de couplage minimal). Depuis deux ans, l'effort s'est tourné vers les états excités et les paysages d'énergie. Le but est de confronter les données numériques aux prédictions du champ moyen et du modèle des gouttelettes. L'essentiel du travail a porté sur les problèmes de couplage et sur les verres de spins.

Problèmes de Couplage

On considère un ensemble de $2N$ points et on appelle couplage une dimérisation complète de ces points. L'énergie d'un couplage est la somme des distances des points couplés. Dans sa version la plus simple, les points sont pris au hasard dans un volume de l'espace euclidien. On peut aussi considérer un modèle de champ moyen où les "distances" entre les points sont des variables aléatoires indépendantes. Les travaux antérieurs [44,75] d'O. Martin et de ses collaborateurs ont montré que le modèle de champ moyen (donc sans corrélations euclidiennes) donne une excellente approximation pour les propriétés statistiques du fondamental du modèle à points aléatoires (de dimension finie).

O. Martin et J. Houdayer ont étudié le paysage d'énergie de ce système désordonné et frustré et ont déterminé de façon *exhaustive* l'ensemble des états de faible énergie. L'étude statistique de ces paysages conduit aux conclusions suivantes [43]. En premier lieu, le modèle à points aléatoires admet des excitations localisées correspondant aux gouttelettes de Fisher-Huse, et plus la taille des gouttelettes grandit, plus leur énergie augmente. Il existe aussi des excitations non localisées dont l'étendue est comparable à celle du système entier. Ces excitations de grande taille ont des énergies anormalement basses qui violent la loi d'échelle des gouttelettes, et on peut donc montrer que ces états sont associés à des

vallées comme dans les verres de spins. Finalement, le modèle à liens aléatoires (sans géométrie) a lui aussi des excitations de grande taille; une comparaison avec le cas des points aléatoires montre que la ressemblance est quantitative, *i.e.* que l'approximation champ moyen décrit assez précisément la statistique de ces excitations. Il en résulte qu'aux "petites" échelles, l'image des gouttelettes est justifiée, mais qu'à l'échelle du système entier cette image n'est plus valable alors que le champ moyen, lui, devient pertinent. Ce résultat peut être une indication de ce qui se passe dans les verres de spins.

Verres de spins

La complexité numérique de l'étude des verres de spins est très grande, c'est pourquoi l'effort s'est d'abord porté sur l'amélioration des algorithmes de recherche du fondamental. Une première étude [76] sur une classe d'algorithmes comprenant le recuit simulé a montré le caractère auto-moyennant de ces méthodes, elle a aussi montré que pour obtenir le fondamental sur des systèmes de taille intéressante il faudrait une optimisation hiérarchique des spins. Après de nombreuses tentatives dans cette direction, il est apparu intéressant d'incorporer dans l'algorithme des transformations d'échelle du type groupe de renormalisation. Une approche très générale a été élaborée puis testée sur les verres de spins et sur le voyageur de commerce. Ceci a permis de tester les prédictions de champ moyen et de gouttelettes pour les verres de spins en dimension trois. L'article [45] présente une étude de l'effet d'un champ magnétique sur la phase verre de spins à température nulle. Les deux approches théoriques conduisent à des prédictions très différentes: dans le cas du champ moyen, la phase verre de spins continue à exister, alors que dans le modèle des gouttelettes, elle disparaît au profit d'une phase paramagnétique. Le comportement trouvé semble indiquer une disparition de la phase verre de spins. Ce type d'approche devrait à terme permettre de résoudre de façon définitive plusieurs controverses autour des verres de spins.

MATIERE CONDENSEE

Il s'agit d'un nouvel axe de recherche développé par S. Brazovski depuis son arrivée au LPTMS en Octobre 98. Plusieurs collaborations avec des groupes expérimentaux ont été engagées à Orsay et Grenoble, et aussi dans les Laboratoires Nationaux des Etats-Unis (Los Alamos et Brookhaven). Les travaux en cours sont consacrés à la théorie de phénomènes physiques dans certains matériaux spéciaux, il s'agit généralement de systèmes de basse dimensionalité tels que les supraconducteurs organiques, les fullérènes et les polymères dopés.

Plasticité des structures faibles et glissantes [49]

Le cadre général de ce travail porte sur les effets de plasticité des super-réseaux faibles. Il s'agit de comprendre le rôle des défauts intrinsèques dans les cristaux électroniques et dans les réseaux de vortex présents dans les supraconducteurs lamellaires. Ces travaux portent essentiellement sur le rôle des défauts topologiques, c'est-à-dire dislocations, vortex, solitons, et sur leur nucléation et leur interaction avec les électrons. Sur cette base a été développé une hydrodynamique multi-fluides prenant en compte l'ensemble des défauts. Les résultats des calculs sont appliqués aux études expérimentales qui s'effectuent actuellement à Grenoble et à Cornell. Dans une étape ultérieure il est envisagé de traiter

des systèmes de symétrie plus compliquée comme les ondes de densité de spin et les systèmes antiferromagnétiques dopés.

Un autre aspect concerne les états métastables qui résultent d'une interaction entre des défauts intrinsèques et extrinsèques. Cette thématique se rattache aux problèmes de friction récemment étudiés par C. Caroli et Ph. Nozières. Comme application aux réseaux glissants, une étude des contributions plastiques de la force de friction a été développée en relation avec la distribution des temps de relaxation.

Diffusion de rayons X par des réseaux en présence de défauts.

Des études structurales récentes entreprises à Orsay et à Grenoble ont amené un regain d'intérêt pour les problèmes d'électrons corrélés dans des systèmes désordonnés. Une collaboration avec ces groupes expérimentaux a montré qu'il était nécessaire d'améliorer la méthode de reconstruction du profil de la densité électronique près du défaut. Une nouvelle méthode devrait fournir la possibilité de déterminer les déphasages dans la diffusion des électrons par les défauts. Ces déphasages jouent en effet un rôle essentiel dans certains effets, notamment les oscillations de Friedel.

Composés de fullérènes.

La richesse remarquable des fullérènes a amené un grand nombre d'études expérimentales et théoriques (Orsay, Montpellier). Les travaux actuels portent sur le diagramme de phases et sur les propriétés électroniques, notamment en relation avec les mesures RMN. Certaines questions sont maintenant bien comprises, c'est le cas des effets de brisure de symétrie (Jahn-Teller). Les travaux futurs vont porter sur l'étude de nouvelles phases dites polymériques.

Polymères: propriétés optiques et électroniques.

En dépit d'études intensives sur les polymères optiques actifs, il n'y a pas encore de consensus sur les principales propriétés de ces matériaux prometteurs. Une étude critique des différentes approches existantes a été entreprise et une nouvelle approche de leurs propriétés optiques linéaires et non-linéaires a été proposée. Cette théorie est essentiellement celle des semi-conducteurs 1D expliquant également le détail d'excitons locaux et polarons libroniques. Peuvent être ainsi décrites l'absorption optique directe et photoinduite, la photoémission stimulée et la photoconductivité. Un grand nombre d'études expérimentales et théoriques sur ce sujet sont conduites dans le monde. En France elles sont développées à l'ENS de Cachan, à l'Ecole Polytechnique et à Grenoble.

juin 1999

Publications de 96 à 99

1. Akkermans E., Mallick K.

Vortices in mesoscopic superconductors

Journal of Physics A (1999), à paraître

2. Bikbov R., **Nechaev S.**

On the limiting power of set of knots generated by 1+1- and 2+1- braids

Theor. Math. Phys. (1999), à paraître

3. **Bogomolny E.B.**, Keating J.P.

Random matrix theory and the Riemann zeros ii: n-point correlations

Nonlinearity 9 (1996) 911-935

4. **Bogomolny E.B.**, Keating J.P.

Gutzwiller's trace formula and spectral statistics : beyond the diagonal approximation

Physical Review Letters 77 (1996) 1472-1475

5. **Bogomolny E., Leyvraz F., Schmit C.**

Distribution of eigenvalues for the modular group

Communications in Mathematical Physics 176 (1996) 577-617

6. **Bogomolny E., Bohigas O., Leboeuf P.**

Quantum chaotic dynamics and random polynomials

Journal of Statistical Physics 85 (1996) 639-679

7. **Bogomolny E., Bohigas O., Pato M.P.**

Distribution of eigenvalues of certain matrix ensembles

Physical Review E55 (1997) 6707-6718

8. **Bogomolny E., Georgeot B., Giannoni M.J., Schmit C.**

Arithmetical chaos

Phys. Rep. 291 (1997) 219-326

9. **Bogomolny E., Hugues E.**

Semiclassical theory of flexural vibrations of plates

Phys. Rev. E57(1998) 5404-5424

10. **Bogomolny E.**, Rouben D.C.

Semiclassical description of resonant tunneling

Europhysics Lett. 43 (1998) 111-116 and European Phys. Journal B (1999), à paraître

11. Bogomolny E.,

Spectral statistics

ICM, Berlin 1998, Doc. Math. J. DMV, v.III (1998) 99-108

12. Bogomolny E., Gerland U., Schmit C.

Models of intermediate spectral statistics

Phys. Rev. E 59 (1999) R1315-1318

13. Bohigas O., Leboeuf P., Sanchez M.J.

On the distribution of the total energy of a system of non-interacting fermions : random matrix and semiclassical estimates

Physica D (1999) à paraître

14. Boutet de Monvel J., Martin O.C.

Mean field and corrections for the Euclidean minimum matching problem

Physical Review Letters 79 (1997) 167-170

15. Campi X., Krivine H., Plagnol E.

Examining some aspects of the nuclear caloric curve

Physics Letters B385 (1996) 1-4

16. Campi X., Krivine H.

Clustering in supercritical nuclear matter : a lattice gas approach

Nuclear Physics A620 (1997) 46-54

17. Campi X., Krivine H.

Equilibrium thermodynamics of nuclear matter

In " Electromagnetic and Hadronic Probes of Nuclear Matter ", Editions Frontières,

1998, 282-304

18. Campi X., Krivine H., A. Puente

On a definition of stable droplets in the lattice-gas model

Physica A262 (1999) 328-334

19. Cerf N.J., Boutet de Monvel J., Bohigas O., Martin O.C., Percus A.G.

The random link approximation for the euclidean traveling salesman problem

Journal de Physique I 7 (1997) 117-136

20. Comtet A., Monthus C.

Diffusion in a one-dimensional random medium and hyperbolic brownian motion

Journal of Physics A : Math. Gen. 29 (1996) 1331-1345

21. Comtet A., Nechaev S.

Random operator approach for word enumeration in braid groups

Journal of Physics A : Math. Gen. 31 (1998) 5609-5630

22. Comtet A., Texier C.

On the distribution of the Wigner time delay in one-dimensional disordered systems

Journal of Physics A : Math. Gen. 30 (1997) 8017

23. Comtet A., Yor M., Monthus C.

Exponentials functionals of Brownian motion and disordered systems

Journal of Applied Probability 35 (1998) 255-271

24. Comtet A., Texier C.

Universality of the Wigner time delay distribution for one-dimensional random potentials

Physical Review Letters 82 (1999) 4220

25. Comtet A., Dean D.

Exact results on Sinai's diffusion

Journal of Physics A : Math. Gen. 31 (1998) 8595

26. Creagh S.C., Whelan N.D.

Complex periodic orbits and tunneling in chaotic potentials

Physical Review Letters 77 (1996) 4975-4979

27. Creagh S.C., Whelan N.D.

A matrix element for chaotic tunneling rates and scarring intensities

Annals of Physics 272 (1999) 196-242

28. Cugliandolo L., **Lozano G.**

Quantum aging in mean field models

Physical Review Letters 80 (1998) 4979

29. Cugliandolo L., **Lozano G**

Real time non equilibrium dynamics of quantum glass systems

Physical Review B (1999), à paraître

30. Desbois J., Furtlehner C., Ouvry S.

Random magnetic impurities and the delta impurity problem

Journal de Physique 16 (1996) 641-648

31. Desbois J., Ouvry S., Texier C.

Hall conductivity for two-dimensional magnetic systems

Nuclear Physics B500 [FS] (1997) 486-510

32. Desbois J., Nechaev S.

Statistical mechanics of braided Markov chains : I. Analytic methods and numerical simulations

Journal Statistical Physics 88 (1997) 201-223

33. Desbois J., Furtlehner C., Ouvry S.

Density correlations of magnetic impurities and disorder

Journal of Physics A : Math. Gen. 30 (1997) 7291

34. Desbois J., Nechaev S.

Statistics of reduced words in locally free and braid groups : Abstract studies and applications to ballistic growth model

Journal of Physics A : Math. Gen. 31 (1998) 2767-2784

35. Desbois J., Ouvry S., Texier C.

Persistent currents and magnetization in two-dimensional magnetic quantum systems

Nuclear Physics B [FS] 528 (1998) 727-745

36. Desbois J., Ouvry S., Texier C.

Hall conductivity in the presence of repulsive magnetic impurities

European Journal of Physics B7 (1999) 527-528

37. Desbois J.,

Algebraic areas enclosed by 2D brownian curves in random media

Journal of Physics A : Math. Gen. 32 (1999) L221-L225

38. Fedorov A.V., Brazovskii S.,

High energy and momentum resolved photoemission study of the quasi-one dimensional conductor $K_{0.3}MoO_3$

Physical Review Letters (1999), à paraître

39. Fisher D., Le Doussal P., Monthus C.

Random walks, reaction-diffusion and nonequilibrium dynamics of spin chains

in 1D random environments

Physical Review Letters 80 (1998) 3539-3542

40. Fisher D., Le Doussal P., Monthus C.

Random walkers in 1D random environments : exact renormalization group analysis

Physical Review E (1999), à paraître

41. Gov N., Akkermans E.

Hybridization of localized and density modes for the roton spectrum of superfluid 4He

Europhysics Letters, (1999), à paraître

42. Guerry E., Martin O.C., Tricoire H., Siebert R., Valentin L

A numerical study of persistence length effects on DNA conformation in

sequencing electrophoresis

Electrophoresis 17 (1996) 1420-1424

43. Houdayer J., Martin O.C.

Droplet Phenomenology and Mean Field in a Frustrated Disordered System

Physical Review Letters 81 (1998) 2554-2557

44. Houdayer J., Boutet de Monvel J., Martin O.C.

Comparing meanfield and euclidean matching problems

European Physical Journal B6 (1998) 383-393

45. Houdayer J., Martin O.C.

Ising Spin Glasses in a Magnetic Field

Physical Review Letters 82 (1999) 4934

46. Isakov S.B., Ouvry S.

Equation of state for exclusion statistics in a harmonic well

Journal of Physics A29 (1996) 7401-7407

47. Isakov S.B., Lozano G., Ouvry S.

Non abelian Chern-Simons particles in an external magnetic field

Nuclear Physics B (1999), à paraître

48. Isakov S.B.

Quantum liquids of particles with generalized statistics

Physics Letters A 242 (1998) 130-138

49. Kirova N., Brazovskii S., Requardt H., Nad F.Ya, Monceau P., Currat R.Lorenzo J.E., Gruebel G., Vettier Ch.

Plastic sliding, strained states of density waves : X-ray space resolved studies versus Theory of current conversion

Phys. Rev. B (1999), à paraître

50. Kirova N., Brazovskii S., Bishop A.R.

A systematic theory of phenylene-based polymers

Synthetic Metals, 100 (1999)

51. Leboeuf P., Shukla P.

Universal fluctuations of zeros of chaotic wavefunctions

Journal of Physics A29 (1996) 4827-4835

52. Leboeuf P., Sieber M.

Universality in quantum parametric correlations

Physical Review E (1999), à paraître

53. Leboeuf P.

Normal and anomalous diffusion in a deterministic area-preserving map

Physica D116 (1998) 8-20

54. Leboeuf P., Mouchet A.

Normal forms and complex periodic orbits in semiclassical expansions of hamiltonian systems

Annals of Physics (1999), à paraître

55. Leboeuf P.

Random analytic chaotic eigenstates

Journal of Statistical Physics (1999), à paraître

56. Le Doussal P., Monthus C.

Reaction diffusion models in one dimension with disorder

Physical Review E (1999), à paraître

57. Leviatan A., Whelan N.D.

Partial dynamical symmetry and mixed dynamics

Physical Review Letters 77 (1996) 5202-5205

58. Leyvraz F., Ullmo D.

The level splitting distribution in chaos-assisted tunnelling

Journal of Physics A29 (1996) 2529-2551

59. Leyvraz F., Schmit C., Seligman T.H.

Anomalous spectral statistics in a symmetrical billiard

Journal of Physics A29 (1996) L575-L580

60. Marklof J.

Spectral form factors of rectangle billiards

Comm. Math. Phys. 199 (1998) 169-202

61. Martin O.C., Otto S.W.

Combining simulated annealing with local search heuristics

Annals of Operations Research 63 (1996) 57-75

62. Mendez R.A., Valladares A., Flores J., Seligman T.H., Bohigas O.
Universal fluctuations of quasi-optimal paths of the travelling salesman problem
Physica A232 (1996) 554-562
63. Monthus C.
Exponents appearing in heterogeneous reaction-diffusion models in one
dimension
Physical Review E54 (1996) 4844-4859
64. Monthus C., Bouchaud J.P.
Models of traps and glass phenomenology
Journal of Physics A29 (1996) 3847-3869
65. Monthus C., Texier C.
Random walk on Bethe lattice and hyperbolic geometry
Journal of Physics A29 (1996) 2399-2409
66. Monthus C., Oshanin G., Comtet A., Burlatsky S.F.
Sample-size dependence of the ground-state energy in a one-dimensional
localization problem
Physical Review E54 (1996) 231-242
67. Monthus C., Golinelli O., Jolicoeur Th.
Percolation transition in the random antiferromagnetic spin-1 chain
Physical Review Letters 79 (1997) 3254-3257
68. Monthus C., Golinelli O., Jolicoeur Th.
Phases of random antiferromagnetic spin-1 chains
Physical Review B 58 (1998) 805-815
69. Oshanin G., Nechaev S., Cazabat A.M., Moreau M.
Kinetics of Anchoring of Polymer Chains on Substrates with Chemically Active Sites
Physical Review E 58 (1998) 6134-6144
70. Nechaev S.
Problems in probabilistic topology

Sov. Phys. Uspekhi 168 (1998) 369

71. Nechaev S.

Localization in a simple multichain catalytic absorption model

Journal of Physics A : Math. Gen. 31 (1998) 1965-1980

72. Pavloff N., Schmit C.

Rough droplet model for spherical metal clusters

Physical Review B 58 (1998) 4942-4951

73. Percus A.G., Martin O.C.

Finite size and dimensional dependence in the euclidean traveling salesman problem

Physical Review Letters 76 (1996) 1188-1191

74. Percus A.G., Martin O.C.

Scaling universalities of kth-nearest neighbor distances on closed manifolds

Advances in Applied Mathematics 21 (1998) 424-436

75. Percus A.G., Martin O.C.

The stochastic traveling salesman problem : Finite size scaling and the cavity prediction

Journal of Statistical Physics 94 : 5/6 (1999)

76. Schreiber G.R., Martin O.C.

Cut size statistics of graph bisection heuristics

SIAM Journal on Optimization (1999) à paraître

77. Richter K., Ullmo D., Jalabert R.A.

Smooth-disorder in ballistic microstructures

Physics Review B54 (1996) R-5219-R5223

78. Richter K., Ullmo D., Jalabert R.A.

Integrability and disorder in mesoscopic systems : Application to orbital magnetism

J. Math. Phys. 37 (1996) 5087-5110

79. Richter K., Ullmo D., Jalabert R.A.

Orbital magnetism in the ballistic regime: geometrical effects

Physics Reports 276 (1996) 1-83

80. Sieber M., Pavloff N., Schmit C.

Uniform approximation for diffractive contributions to the trace formula in billiard systems

Physical Review E55 (1997) 2279-2299

81. Ullmo D., Grinberg M., Tomsovic S.

Nearly-integrable systems : Resonances and semiclassical trace formulas

Physical Review E54 (1996) 136-152

82. Ullmo D., Richter K., Baranger H.U., von Oppen F., Jalabert R.A.

Semiclassical approach to orbital magnetism of interacting diffusive quantum systems

Physica E1 (1997) 268-273

83. Ullmo D., Baranger H.U., Richter K., von Oppen F., Jalabert R.A.

Chaos and interacting electrons in ballistic quantum dots

Physical Review Letters 80 (1998) 895-899

84. Ullmo D., Baranger H.U..

Wireless propagation in buildings : a statistical scattering approach

IEEE (1999) à paraître