

Les résumés des journées « Complexité-désordre » des 15 et 16 Janvier 2018

Fakhrul Rozi Ashadi, Alexandre Robinot, Maurice Courbage and Laurence Mangin

Laboratoire Matières et Systèmes complexes UMR 7057 CNRS, Inserm U1141, Service de Physiologie-Explorations fonctionnelles, Hôpital Bichat, Université Paris 7, USPC

Time-frequency analysis and mathematical modelling of the respiratory neural network

Respiratory neural network is a vital brain network. Using high density electroencephalogram (EEG), we estimate experimentally in 20 healthy humans the dynamics of the network responsible for voluntary breathing. EEG processing includes filtering, noise removal with independent component analysis and source reconstruction with Loreta. Time-frequency decomposition of the regions of interest (ROI) using wavelets allows to characterize the dynamics of the network elements during inspiration. Cross-Wavelet reveals common frequency schemes and instant phase difference between ROI. We then model the network with Hodgkin-Huxley and nonlinear map equations to reproduce the qualitative features of the network. The network elements are connected randomly using a probability distribution. Mathematical analyses of the network give important cues to the network dynamics in human.

Luciano Boi (EHESS Paris)

Complexité et causalité : non-linéarité, auto-organisation et émergence des formes naturelles et vivantes

Dans un premier temps, nous présenterons quelques propriétés géométriques et dynamiques des systèmes vivants multicellulaires en particulier et des systèmes complexes en général. On cherchera à caractériser notamment leur capacité à s'autoorganiser et donner lieu à des propriétés émergentes. En deuxième lieu, nous discuterons l'importance et la signification théorique et expérimentale de ces propriétés, de même que la possibilité qu'elles ouvrent de redéfinir la notion de causalité dans le monde vivant. Enfin, nous voudrions montrer que ces

propriétés, non seulement permettent de distinguer les systèmes complexes ouverts des systèmes mécaniques fermés, mais qu'il y a en plus exigence à réélaborer les concepts mêmes de forme, de mémoire et d'autonomie des êtres vivants.

F. Boust¹ and N. Vukadinovic^{2*}

¹Onera-The French Aerospace Lab, F91123, Palaiseau, France

²Dassault Aviation, 92552 Saint-Cloud, France

Configurations micromagnétiques et excitations collectives dans des assemblées de nanoparticules couplées par interaction dipolaire

Les nano-objets magnétiques constituent la brique de base commune aux différents domaines émergents du magnétisme que sont la spintronique, la magnonique, la caloritronique ou encore la skyrmionique. Ces nano-objets peuvent être obtenus par des méthodes physiques comme par exemple la lithographie électronique ou par des voies chimiques. Dans ce dernier cas, des nano-objets présentant une grande diversité morphologique ont été élaborés au cours de ces dernières années. On peut notamment citer l'exemple de nano-particules de fer auto-assemblées en réseau pour former des super-cristaux [1,2]. Afin d'imaginer de futurs dispositifs intégrant ces nano-objets, il devient nécessaire d'analyser les propriétés magnétiques en régimes statique et dynamique de ces nouveaux objets isolés ou eux-mêmes en interaction avec d'autres objets. La présente communication a pour objectif d'étudier par des simulations numériques de micromagnétisme les configurations micromagnétiques et le spectre des excitations magnétiques en régime linéaire d'une assemblée de nano-plaquettes ferromagnétiques couplées par interaction dipolaire. On distinguera le régime de faible couplage dipolaire donnant lieu à des configurations micromagnétiques (états vortex, C ou S) et des excitations localisées au sein des nano-plaquettes isolées et le régime de fort couplage dipolaire pour lequel des configurations micromagnétiques étendues sur plusieurs nanoparticules (macro-vortex (Figure 1(a)), domaines en bandes (Figure 1(c))) et des excitations collectives sont observées (Figure 1(b)). L'impact de premiers niveaux de désordre introduits par des fluctuations de taille et de distance interparticules sera illustré.

[1] L. –M. Lacroix, S. Luchaize, F. Hue, C. Gatel, T. Blon, R. P. Tan, J. Carrey, B. Warot-Fonrose, and B. Chaudret, Nano. Lett. 12, 3245 (2012)

[2] C. Gatel, F. J. Bonilla, A. Meffre, E. Snoeck, B. Warot-Fonrose, and B. Chaudret, L. –M. Lacroix, and T. Blon, Nano. Lett. 15, 6952 (2015)

Figure 1 – Configurations micromagnétiques de basse énergie pour une assemblée de nanoplaquettes (côté de 90 nm et épaisseur de 12 nm) espacées de 3 nm ; (a) macro vortex, (c) domaines en bandes. (b) Spectres de susceptibilité dynamique.

Philippe Depondt (INSP, UPMC) et Jean-Claude Serge Lévy (MPQ, UPD)

La danse des domaines et des singularités dans les nanoparticules magnétiques

Le conflit entre l'interaction d'échange qui est à courte portée et l'interaction dipolaire qui est à longue portée et géométriquement complexe dépend naturellement de la taille et de la forme de l'échantillon magnétique. Ce conflit n'agit pas seulement sur la complexité de la structure magnétique d'équilibre qui montre au fur et à mesure de l'augmentation de la taille et de l'interaction dipolaire la formation d'un réseau tridimensionnel complexe de lignes de singularité après une série de transitions entre des états de complexité croissante. En effet la dynamique magnétique de ces structures qui s'inscrit dans le cadre général du superparamagnétisme montre à la fois une dérive spectrale importante associée aux variations de la température de blocage et une très forte variation d'amplitude lorsque les conditions sont proches d'une transition structurale. Autrement dit le superparamagnétisme s'avère très complexe. La présence physique des domaines magnétiques induit une répulsion topologique entre les lignes de singularité et ainsi un mouvement collectif des lignes de singularité, une « danse » dont on montrera quelques exemples significatifs issus d'une simulation à la Langevin.

Marie-Cécile Dupas, Petros Chatzimpiros, José Halloy, Laboratoire Interdisciplinaire des Energies de Demain, LIED UMR8236 Université Paris Diderot

Ordre et désordre des réseaux mondiaux du commerce international de produits agricoles

La question des transitions climatique et énergétique se pose de manière cruciale pour les systèmes agro-alimentaires. De nos jours, l'agriculture industrialisée est dépendante à plus

de 95% des énergies fossiles (pétrole, charbon, gaz). De plus, les systèmes agro-alimentaires sont mondialisés et font l'objet d'un intense commerce international. Sur la base des données détaillées de la FAO (Food and Agriculture Organization) qui couvrent la période de 1986 à 2013 (28 ans), nous présentons une analyse des réseaux agricoles du point de vue de la théorie des réseaux complexes. Le réseau est défini par des nœuds, les pays, et de liens, les importations et exportations de produits agricoles. Le réseau mondial présente une topologie de type « small world » et est dissassortatif. Les pays fortement liés ont tendance à se connecter à des pays peu liés. Toutefois, notre analyse montre que ces réseaux peuvent être décomposés en sous réseaux de stabilités différentes. Un sous-réseau stable, sur toute la durée considérée, forme une colonne vertébrale des échanges entre pays exportateurs et importateurs. La topologie de ce réseau est de type invariant d'échelle et présente donc des « hubs » qui sont essentiellement les grands pays exportateurs occidentaux. La distribution des degrés est de type loi de puissance.

Un deuxième sous-réseau est composé d'échanges éphémères dont la durée est inférieure à 5 ans. Cela représente une sorte de « bruit commercial » de ventes opportunistes mondialisées et facilitées par un intense commerce maritime et aérien. La distribution des degrés est plutôt uniforme.

Enfin, le troisième sous-réseau est composé de liens économiques plus durables, entre 5 et 26 ans. Cette instabilité moindre, mais non négligeable, pourrait être la conséquence des changements géopolitiques comme l'apparition de nouveau pays et la disparition de blocs ou de liens historiques. La distribution des degrés est de type exponentiel.

Cette complexité, qui varie au cours du temps, remet en question la durabilité et la « gouvernementabilité » des réseaux mondialisés des systèmes agro-alimentaires.

Markus Garst - TU Dresden

Chiral magnetic crystals

The weak and chiral Dzyaloshinskii-Moriya interaction in non-centrosymmetric cubic magnets like MnSi, FeGe or Cu₃OSeO₃ twists the magnetization on long length scales resulting in spatially periodic magnetic textures, i.e., magnetic crystals. There exist one- and two-

dimensional magnetic crystals corresponding to the helix and the skyrmion lattice, respectively. After a short overview, I will discuss the crystallization process of these magnetic crystals that is characterized by strongly correlated chiral paramagnons that drive the transition first-order in agreement with a scenario proposed by Brazovskii [1]. Afterwards, I focus on the helimagnetically ordered state and discuss its disclinations and dislocations defects. The creep motion of dislocations leads to very slow relaxation processes in helimagnets [2]. Moreover, disclinations and dislocations naturally arise in domain walls of the helimagnetic order similar to cholesteric liquid crystals [3].

[1] *Fluctuation-induced first-order phase transition in Dzyaloshinskii-Moriya helimagnets*,

M. Janoschek, M. Garst, A. Bauer, P. Krautscheid, R. Georgii, P. Böni, and C. Pfleiderer, *Phys. Rev. B* 87, 134407 (2013)

[2] *Local dynamics of topological magnetic defects in the itinerant helimagnet FeGe*

A. Dussaux, P. Schoenherr, K. Koumpouras, J. Chico, K. Chang, L. Lorenzelli, N. Kanazawa, Y. Tokura, M. Garst, A. Bergman, C. L. Degen, and D. Meier, *Nat. Commun.* 7, 12430 (2016)

[3] *Topological domain walls in helimagnets*

P. Schoenherr, J. Müller, L. Köhler, A. Rosch, N. Kanazawa, Y. Tokura, M. Garst, and D. Meier, [arXiv:1704.06288](https://arxiv.org/abs/1704.06288)

Laurent Goffart & Clara Bourrelly INT, UMR 7289 CNRS, Aix-Marseille Université, Marseille, France

Neurophysiologie de la locosynchronisation visuomotrice

Chez les primates, l'apparition d'un objet mobile dans le champ visuel déclenche une saccade oculaire d'interception qui amène l'image de la cible sur les deux zones de la rétine (appelées fovéas) à l'origine du champ visuel central. Cette fovéation est maintenue plus ou moins efficacement par des mouvements lents et des saccades de rattrapage. Parfois, la poursuite est précise et lisse, comme si le regard était accroché à la cible en mouvement. Un tel synchronisme local est spectaculaire quand on sait que les signaux visuels évoqués par la cible sont distribués spatialement et temporellement dans le cerveau, et qu'ils sont transmis aux muscles extra-oculaires au travers de plusieurs canaux parallèles connectant de multiples

populations de neurones, selon des vitesses de conduction et des délais diversifiés. En raison du retard entre les changements d'activité rétinienne et les changements de tension musculaire, le maintien de l'image de la cible sur les fovéas ne peut pas être piloté par les signaux visuels contemporains puisqu'ils correspondent aux positions passées de la cible.

Comment cette coïncidence spatio-temporelle entre la direction du regard et celle de la cible est-elle donc possible ?

Quand la trajectoire de la saccade est perturbée expérimentalement, une saccade de correction, produite en ligne ou après un bref délai, ramène la direction du regard à proximité de l'endroit vers lequel des saccades non perturbées l'auraient dirigé au bout du même délai. Cette correction faite en l'absence de signaux visuels suggère un guidage du regard par une commande estimant la position courante (ici-et-maintenant) de la cible. La structure interne de cette représentation motrice est bien évidemment plus complexe que la "localité" (x,y,z,t) fournie par nos instruments de mesure. Quand on considère les multiples relais neuronaux et le "codage" distribué dans l'activité cérébrale, on comprend que cette commande dynamique est la fusion de multiples flux d'activité qui convergent sur les neurones moteurs extra-oculaires. Chaque flux inclut non seulement les flux reliant l'excitation rétinienne aux neurones moteurs (propagation verticale), mais aussi les flux secondaires provoqués par les diffusions locales au niveau des relais intermédiaires (propagation horizontale). Cette cascade d'activation permet que les saccades interceptent des lieux différents selon la position, la vitesse et les changements de vitesse de la cible. Quand la vitesse est constante, la population active dans le colliculus supérieur profond compose un continuum de neurones préférant des positions passées de la cible jusqu'à sa position présente. Aucune activité n'est trouvée témoignant de l'inclusion de commandes liées à quelque position future. L'ajustement de l'amplitude des saccades résulterait alors de la modulation par le cervelet de l'étendue (expansion ou contraction) des flux visuomoteurs. Au début, le mouvement lent des yeux ne parvient pas à maintenir la fovéation au terme de la saccade d'interception. Mais avec la pratique, le retard du regard est progressivement réduit jusqu'à ce que les directions du regard et de la cible bougent en synchronie, alignées. La locosynchronisation consisterait donc à accroître l'étendue horizontale des flux dans la mesure où ils facilitent la transmission des signaux. Un dysfonctionnement du cervelet médial entraîne des défauts non corrélés de précision et de vitesse oculaire, signant une altération du couplage entre les flux visuomoteurs responsables respectivement des composantes saccadiques et lentes de la capture fovéale.

Michel Grossetti (CNRS Toulouse et EHESS Paris)

La création d'entreprises « innovantes » comme processus incertain

La communication présentera des résultats issus d'une enquête par entretiens approfondis auprès d'une centaine d'entreprises considérées par les pouvoirs publics comme innovantes techniquement créées dans les années 1990 et 2000. Les données montrent que les processus concrets s'écartent à plusieurs égards du schéma linéaire attendu en général (fondateur unique, projet, respect du plan d'affaires) par les services d'aide à la création d'entreprises : les fondateurs sont majoritairement plusieurs ; ils se lancent souvent lorsqu'ils sont dans phases d'incertitude professionnelle ; les entreprises passent par des phases d'exploration, de crise ; l'accès aux ressources externes (financement, matériel, recrutements, etc.) passe fortement par des relations interpersonnelles dans les phases initiales avant de régresser au fil des années, sans descendre en dessous d'un certain seuil. Ces données sont analysées en faisant appel aux notions d'encastrement (dépendance des activités économiques vis-à-vis des relations interpersonnelles) et de découplage (autonomisation des organisations relativement aux réseaux de personnes).

Janine Guespin-Michel (Univ Rouen)

Le complexe, une révolution scientifique dont émerge une nouvelle forme de pensée

La complexité est une notion floue qui diffuse depuis plus d'un demi-siècle dans les différentes disciplines scientifiques (au sens large) en modifiant les paradigmes à la manière d'une « révolution scientifique ». Malgré les grandes différences des champs disciplinaires où elle se développe, les concepts et les démarches ont un *commun* qui à la fois induit et exige une modification des formes de pensée, que je propose d'appeler la *pensée du complexe*. Reconnaître la nouvelle rationalité fondée sur cette forme de pensée -qui dépasse et englobe la rationalité classique- contribue en retour à éclairer la cohérence des multiples démarches qui concourent à cette révolution du complexe. Mais cela induit aussi de nouvelles exigences pour transmettre cette forme de pensée.

Mateusz Zelent, Justyna Rychły, Jarosław W. Kłos and Maciej Krawczyk*

Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University in Poznań, Umultowska 85, 61-614 Poznań, Poland

* Email : krawczyk@amu.edu.pl

Spin wave dynamics in magnonic crystals and quasicrystals

Spin waves span a broad range of frequencies from hundreds of MHz up to tens of GHz with the respective wavelengths ranging from micrometers to nanometers. Moreover, the spin wave spectrum can be tuned by external magnetic field and depends on the magnetization configuration. These properties are desirable for applications in microwave and information processing technologies. We present results of our studies which show tailoring of the spin wave spectra in ferromagnetic thin films by quasiperiodic pattern in nanoscale. We focus on one-dimensional arrays of dipolarly coupled ferromagnetic stripes in Fibonacci order. Magnonic band gaps, characteristic feature of the magnonic crystals, have been demonstrated for quasiperiodic structures. We show that quasiperiodicity provides additional gaps, which existence has been proven experimentally. Change of the magnetization order from ferromagnetic to antiferromagnetic results in changes in the spin wave spectra and allow to demonstrate the re-programmable properties of magnonic quasicrystals.

We acknowledge the financial NCN project UMO-2012/07/E/ST3/00538 and the EU Horizon 2020 GA No 644348 (MagIC).

Diane Lançon^{1,2}

¹Paul Scherrer Institute, 5232 Villigen PSI, Switzerland

²Laboratory for Mesoscopic Systems, Department of Materials, ETH Zurich, Switzerland

Strongly correlated states in frustrated magnets: beyond conventional magnetic order

In the field of frustrated magnetism, one of the key aim is to understand unconventional magnetic behaviour. In such unconventional systems, many interesting phenomena occur, including strong quantum effects as well as exotic phases of matter due to particular lattice

geometries (such as Kagome or Shastry-Sutherland lattices) or local constraints (such as the ice-rules for an anisotropic ferromagnet on a pyrochlore lattice). In contrast to a conventional magnet, there are generally no ordering transitions in a frustrated magnet due to the degeneracy of the ground state and the system is strongly correlated. I will discuss frustration-induced deviations from conventional magnetic order for two compounds with a Shastry-Sutherland lattice, $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ and TmB_4 . The frustrated quantum magnet $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ is a strongly unconventional compound in which not only the frustration prevents magnetic order, but also an increase of thermal energy does not lead to a renormalization of the spin gap nor to conventional damping of the magnetic excitations [2]. Proposed as a physical realization of the Shastry-Sutherland model consisting of orthogonal spin-1/2 dimers, $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ has been widely studied both experimentally and theoretically as a rich test-bed of frustrated quantum magnetism effects, such as plateaus at fractional values of the saturation of the magnetisation (fractionalized magnetisation plateaus), localised excitations, proximity to a quantum critical point and topological properties [1]. I will show how the evolution of the magnetic excitation spectrum of $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ with temperature and field, measured using inelastic neutron scattering, provides an understanding of the strongly correlated states induced by frustration. TmB_4 is a second physical realization of a frustrated magnet on the two dimensional Shastry-Sutherland lattice, with the rare earth moments placed on an orthogonal dimer network. Unlike $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$, antiferromagnetic order has been shown to exist in TmB_4 below 10 K. Nevertheless, competing interactions lead to a complex magnetic-temperature phase diagram [3]. Additional interest in TmB_4 is driven by the emergence of fractionalized magnetization plateaus as seen in $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ [4]. Through measurements of neutron diffuse magnetic scattering and resonant soft x-ray scattering, we have demonstrated the co-existence of the magnetic order with short-ranged correlations induced by the frustrated exchange interactions in TmB_4 .

[1] K. Kodama et al., Science 298, 395-399 2002

[2] M. E. Zayed et al. Physical Review Letters, 113, 067201 2014

[3] S. S. Sunku et al. PRB 93, 174408 2016

[4] K. Siemensmeyer et al. PRL 101, 177201 2008

Louis-José Lestocart (Paris)

LINKs revue transdisciplinaire

Comment aborder une vision transdisciplinaire des connaissances ? Déjà la *Théorie générale des systèmes* (1951) du biologiste Ludwig von Bertalanffy s'adresse tant aux sciences dures qu'aux molles. Peu d'issues concrètes suivent ce dessein initial. La transdisciplinarité est une *archéologie* de la Connaissance : fouler des aires connues, d'autres inconnues et, de là, repérer de nouvelles questions, les résoudre ou tout du moins les poser et aligner, en les reliant, plusieurs thèmes de réflexion. Symboliquement l'HoloLens, procédé récent de réalité mixte, aide à comprendre cette notion. Se superposant à l'environnement, il crée une vision sans coupure, peuplée d'hologrammes, certains interactifs par œil, gestes et parole. Une sorte de Palais de la mémoire avec images (*images*) belles ou frappantes, se dessine, là via un jeu, avec enlèvement, crime, et menace métaphysique. On mène l'enquête par divers biais concourants (informations par outils de détection, « touche » mémoire sur *frames* holographiques revivifiant des scènes du passé), et on dénoue les fils de l'énigme en parcourant maints espaces (*loci*) sans quitter le lieu d'observation premier : le corps, la perception, l'entendement. Sans cesse interroger pour saisir tous les tenants et aboutissants, c'est ce que souhaite réaliser *LINKs* où plusieurs *loci* de sciences dures et molles et d'art sont sollicités pour que naisse enfin un vrai dialogue interactif entre horizons différents.

Jean-Claude Serge Lévy (MPQ, UPD)

Introduction

Pour introduire ces nouvelles journées pluridisciplinaires « complexité désordre » je tenterai une application, une transposition de la hiérarchie physique d'états de la matière gaz, liquide, solide, à la société humaine, un exercice basique de transdisciplinarité. La hiérarchie des états de la matière correspond aux niveaux d'énergie des phases ou à leur mobilité. En transposant ces notions à l'organisation d'un groupe humain, c'est évidemment la nécessité qui fait référence. Un premier moyen de survie, proche de l'animalité est la chasse-cueillette. Sous des conditions climatiques favorables, il s'avère efficace pour de petits nombres, des tribus.

La culture et l'élevage dans des conditions géographiques favorables (vallées fertiles) sont plus efficaces pour un plus grand nombre et conduisent à une structuration sociale et urbaine. Un niveau supérieur d'organisation sociale apparaît avec la maîtrise de l'énergie et des ressources naturelles lors de la révolution industrielle. Au-delà, c'est-à-dire maintenant, tout devient accessible, sans grand effort, on en est donc à une phase de désir-conception où l'infini du désir induit la conception d'objets et de processus, à réaliser et diffuser ailleurs. On discutera de quelques conséquences et donc de cette nouvelle complexité.

Michel Perreau (IUT Université Paris Diderot)

Le modèle d'Ising dans les réseaux lacunaires et fractals plans.

Les techniques issues du groupe de renormalisation ont permis de comprendre l'universalité des comportements critiques, de calculer les exposants critiques et d'établir des relations d'échelles reliant ces exposants à la dimension de l'espace d . Elles supposent l'invariance par translation (structures cristallines) et les exposants s'expriment par des développements en ε ($\varepsilon=4-d$ pour les spins d'Ising), faisant intervenir explicitement la dimension de l'espace.

Il peut être dès lors intéressant de rechercher les valeurs des exposants critiques en prenant des valeurs non entières de la dimension d et en les comparant à celles explicitement calculées pour des structures fractales, naturellement de dimensions non entières. De nombreux travaux ont été consacrés à l'estimation des paramètres critiques, température et exposants, fondées sur les structures fractales les plus simples : les ensembles de Sierpiński, et le modèle de transitions de phases le plus simple : le modèle d'Ising. Différentes méthodes furent utilisées : Développements à hautes températures, simulations Monte Carlo combinées à une analyse en taille finie, renormalisation dans l'espace réel, fast time scaling... donnant des résultats controversés.

Nous développons un calcul exact des températures critiques, fondé sur la méthode de comptage des chemins, comme pour le réseau carré bien connu, mais en tenant compte des trous. La température critique est ainsi calculée pour un réseau carré dilué non fractal et pour des ensembles de Sierpiński avec divers lacunarités et un nombre fini d'étapes de segmentation k . Les valeurs du paramètre critique $v_c = \tanh(1/T_c)$ satisfont à des lois de

puissance d'exposant $-k$, permettant une extrapolation de la température critique pour la limite fractale $k \rightarrow \infty$. Les valeurs extrapolées de la température critique satisfont approximativement une loi de puissance de la dimension fractale. Le spectre complet de la fonction de partition peut aussi être calculé. Ce dernier présente aussi un caractère fractal, mais non strictement invariant d'échelle. Les fonctions thermodynamiques sont également calculées pour les deux premières étapes de segmentation.

Renormalisation group techniques led successfully to the understanding of universality of critical behaviors, to the calculation of critical exponents and of scaling relations linking critical exponents to the dimension of space d . Translation invariance (crystal structures) is assumed in these approaches and critical exponents are calculated from ε -expansions ($\varepsilon=4-d$ for Ising systems), where the dimension of space is directly involved.

It was therefore interesting to look for values of critical exponents obtained with non integer values of the spatial dimension and comparing them to those calculated on fractal structures which are naturally of non integer dimension. Numerous investigations have been devoted to the calculation of critical parameters, temperature and exponents based on simple fractal structures as Sierpiński carpets and simple models of magnetism as the Ising model. Various methods have been used: Monte Carlo simulation combined with finite size scaling analysis, real space renormalisation, fast time scaling..., leading to controversial results.

We develop here an exact calculation of critical temperatures based on path counting methods, as done classically on the well known square lattice, but taking in account holes. The critical temperature is first calculated for a diluted Ising non fractal square lattice, then for different Sierpiński sets with various lacunarity and for finite iteration steps of the fractal process. Values obtained for the critical parameter $v_c = \text{Tanh}(1/T_c)$ satisfy power laws of exponent $-k$, leading to an extrapolation of the critical temperature to the fractal limit $k \rightarrow \infty$. Extrapolated values of the critical temperature approximately satisfy a power law of the fractal dimension. The full spectrum of the partition function is also calculated. It shows a fractal structure which is not strictly scale invariant. Thermodynamic functions are also calculated for the two first segmentation steps.

Nicolas Piqué

Université Grenoble-Alpes/UMR 5317 (ENS Lyon)

Le cercle de la création.

L'une des propositions singulières de C. Castoriadis (1922-1997) concerne la question de l'analyse de la création de nouvelles formes (en quoi consiste irréductiblement l'histoire). Poser cette question et tenter de penser la création au sens fort, au-delà donc de la conception classique de la causalité, conduit dans un premier temps à critiquer les logiques réductrices, sous leur forme nomothétique (comme le marxisme) ou structuraliste (incapable de penser l'histoire comme registre de nouveautés); dans le même temps CC récuse aussi l'indétermination (catégorie à laquelle on peut rattacher celle de « messianisme », telle qu'on la trouve chez G. Scholem ou adaptée chez J. Derrida, mais aussi plus globalement la logique heideggerienne). Il faut donc penser la création *ex nihilo* mais pas *cum nihilo* ni *in nihilo* pour éviter cette série d'écueils conceptuels.

Ma communication consisterait à expliciter cette expression, en m'appuyant sur le champ historique. Tenter de cerner la singularité de CC donc, y compris également par rapport au modèle des pensées du chaos (l'enjeu résidant alors dans la discontinuité, sur laquelle insiste CC, sans laquelle il ne saurait y avoir de nouveauté radicale), pour montrer comment elle permet de rendre compte de ce qui n'apparaît comme désordre que pour qui continue de penser dans le cadre de ce que CC désigne comme pensée ensembliste. Grâce à ce nouveau paradigme il sera possible de penser comme telle la discontinuité que constitue l'advenue de nouvelles et irréductibles institutions de sens, discontinuité qui autorise à poser la notion de création au-delà de la logique (structuraliste) de recombinaison, au-delà de ce qui, simple combinatoire, ne pourrait saisir la nouveauté.

Yves Pomeau (ENS Paris)

Monde vide ou monde plein : de Démocrite à la matière noire

La façon dont la matière s'insère dans la géométrie de l'espace se pose depuis fort longtemps. Les premiers qui eurent l'idée de l'existence d'atomes (Démocrite et Leucippe) imaginaient un univers discret dont certaines cases sont remplies par le vide et d'autres par les atomes. C'est Lucrèce qui, le premier semble-t-il, imagina (in De Natura rerum: de la nature des choses) que les atomes se meuvent librement dans l'espace Euclidien et, par leurs collisions avec les grains de poussière, confèrent à ceux-ci une agitation dont la théorie, vingt siècles plus tard, deviendra celle du mouvement Brownien (Einstein, Smoluchowski). Ceci semblait établir de façon plus ou moins définitive l'idée d'une séparation entre matière et espace géométrique. Cet édifice conceptuel (valable pour décrire la plupart des phénomènes observés, une fois les équations de Maxwell incluses), a été ébranlé par deux découvertes majeures, celle de la relativité générale qui couple la métrique de l'espace et son contenu en matière et celle de l'existence des fluctuations quantiques "du vide" emplissant cet espace. Ces fluctuations peuvent être modifiées dynamiquement pour transporter du moment angulaire, ce qui pourrait expliquer les anomalies observées dans la relation mass-rotation des galaxies.

Romain Pousse* (MSC & Z-Studio Architectes) Université Paris 7 Diderot, Stephane Douady* (MSC), Philippe Bonnin*, Pierre Vincent* (Z-Studio Architectes)

* Membre du groupe de recherche pluridisciplinaire Morphocity

Caractérisation et modélisation de la morphogenèse urbaine

La ville est un système composé de multiples structures, d'activités, d'espaces ou de réseaux en perpétuelle évolution. Au vu de sa complexité, elle devient un objet d'étude difficile à appréhender dans sa globalité. Par contre, s'intéresser à une de ses composantes a été à l'origine de nombreuses études scientifiques de tout horizons et de tout domaines. C'est cette démarche que l'équipe Morphocity a entrepris en s'intéressant au réseau viaire. A partir de cet élément, nous n'essayons pas de comprendre le développement de la ville dans son ensemble mais d'en déduire le maximum d'information en lien avec la morphogenèse urbaine. Nous faisons l'hypothèse que ce réseau est un indicateur sensible au développement urbain. En effet, ce réseau est d'une forte stabilité temporelle comme on peut le constater encore actuellement dans de nombreuses villes où des rues datent de plusieurs siècles malgré diverses catastrophes naturelles ou humaines qui ont pu les frapper. Il n'en reste pas moins

une structure complexe n'ayant pas forcément la même utilité ou la même architecture. C'est pourquoi le pari qui a été fait est d'étudier, non pas toutes les caractéristiques de ce réseau, mais simplement son squelette, c'est-à-dire sa trace spatiale. L'intérêt est alors de développer des outils de compréhension de cette structure et de trouver des mécanismes analogues dans la nature ou par l'intermédiaire de modèle artificiel. Une collaboration transversale entre « modélisateurs » (physiciens, géomaticiens, mathématiciens...) et spécialistes de Sciences Humaines et Sociales (architectes, urbanistes, historiens...) devient alors essentielle afin que les principes méthodologiques de ces premiers soient validés par les seconds. Je développerai, dans un premier temps cette démarche méthodologique que nous avons entreprise puis les premiers essais de modélisation artificielle que j'ai effectué depuis le début de ma thèse.

Bibliographie :

Courtat, T., Gloaguen, C., and Douady, S. (2011). Mathematics and morphogenesis of cities : A geometrical approach. *Physical Review E*, 83(3) :036106.

Courtat, T. (2012). Walk on City Maps-Mathematical and Physical phenomenology of the City, a Geometrical approach. PhD thesis, Université Paris-Diderot-Paris VII. HAL Id: tel-00714310 <https://tel.archivesouvertes.fr/tel-00714310>

Douady, C-N & Morphocity. De la trace à la trame. La voie, lecture du développement urbain, L'Harmattan, 2014, 978-2-343-04232-9

Lagesse, C., Bordin, P., and Douady, S. (2015). A spatial multi-scale object to analyze road networks. *Network Science*, 3(01) :156–181.

Lagesse, C. (2015). Lire les lignes de la ville. Méthodologie de caractérisation des graphes spatiaux, Thèse de Doctorat, Université Paris-Diderot-Sorbonne-Paris Cité.

Theo Rasing

Radboud University, Institute for Molecules and Materials, Heijendaalseweg 135,
6525AJ Nijmegen, the Netherlands

th.rasing@science.ru.nl

The emergence of magnetic order out of a strongly non-equilibrium state

From the discovery of sub-picosecond demagnetization two decades ago to the recent demonstration of magnetization reversal in a dielectric by a single femtosecond laser pulse, the manipulation of magnetic order by ultrashort laser pulses has become a fundamentally challenging and strongly growing research area with a potentially high impact for energy efficient data manipulation and storage. Femtosecond laser induced all-optical switching (AOS) as observed in ferrimagnets like GdFeCo appears to go via a highly non-equilibrium state and exploits the antiferromagnetic exchange interaction between their sub-lattices. Combined femtosecond X-ray experiments and atomistic simulations of GdFeCo reveal nanoscale chemical and magnetic inhomogeneities that affect the magnetization dynamics via non-local transfer of angular momentum from Fe-rich to Gd-rich regions, providing unprecedented insight into the ultrafast emergence of magnetic order out of disorder during laser induced magnetic switching.

Recent references:

A.Kirilyuk, et al, **Rev. Mod.Phys.** **82**, 2731-2784 (2010)

I.Radu et al, **Nature** **472**, 205 (2011)

J. Mentink et al, **Phys.Rev.Lett.****108**,057202(2012)

T. Ostler et al, **Nature Comm.** **3**, 666 (2012)

C. Graves et al, **Nature Materials** **12**, 293 (2013)

R. Evans et al, **Appl.Phys.Lett.**, 2014

L. LeGuyader et al, **Nature Comm.** 2015

A. Stupakiewicz et al, **Nature** 20807 (2017).

Charles Reichhardt

Theoretical Division, Los Alamos

Complex Skyrmion Phases in Random and Ordered Potential Landscapes

Since the initial discovery of skyrmion lattices in chiral magnets [1], there has been a tremendous growth in this field as an increasing number of compounds are found to have extended regions of stable skyrmion lattices [2] even close to room temperature [3]. These systems have significant promise for applications due to their size scale and the low currents

or drives needed to move the skyrmions [4]. Another interesting aspect of skyrmions is that the equations of motion have significant non-dissipative terms or a Magnus effect which makes them unique in terms of collective driven dynamics as compared to other systems such as vortex lattices in type-II superconductors, sliding charge density waves, and frictional systems. We examine the driven dynamics of skyrmions interacting with random and periodic substrate potentials using both continuum based modelling and particle based simulations. In clean systems we examine the range in which skyrmion motion can be explored as a function of the magnetic field and current and show that there can be a current-induced creation or destruction of skyrmions. In systems with random pinning we find that there is a finite depinning threshold and that the Hall angle shows a strong dependence on the disorder strength. We also show that features in the transport curves correlate with different types of skyrmion flow regimes including a skyrmion glass depinning/skyrmion plastic flow region as well as a transition to a dynamically reordered skyrmion crystal at higher drives. We find that increasing the Magnus term produces a low depinning threshold which is due to a combination of skyrmions forming complex orbits within the pinning sites and skyrmion-skyrmion scattering effects. If the skyrmions are moving over a periodic substrate, with increasing drive the Hall angle changes in quantized steps which correspond to periodic trajectories of the skyrmion that lock to symmetry directions of the substrate potential.

Refs :

- [1] S. Muhlbauer et al Science 323 915 (2009).
- [2] X. Z. Yu et al. Nature 465, 901–904 (2010).
- [3] X.Z. Yu et al Nature Materials, 10, 106 (2011).
- [4] A. Fert, V. Cros, and J. Sampaio Nature Nanotechnology 8, 152 (2013).

Maxime Rovere

PUC Rio De Janeiro

Amsterdam 1660 : l’histoire de la philosophie face à une situation d’extrême complexité.

L’histoire de la philosophie peut-elle restituer le désordre des affrontements intellectuels ? A cet égard, la situation de la Hollande au cours de la décennie 1660 offre un cas d’étude

particulièrement délicat. La multiplicité des mouvements religieux, la rapidité des changements politiques et diplomatiques, l'extraordinaire division du monde académique et l'effervescence des découvertes en sciences de la nature donnent à cette époque l'aspect d'un chaos généralisé – effrayant les contemporains eux-mêmes. Jonathan Israel, dans *Radical Enlightenment* (Princeton, 2002), a tenté de clarifier la situation à partir d'un « front radical » qui, autour du philosophe Spinoza, serait le berceau des « Lumières ». Notre présentation tentera de définir une solution alternative pour aborder la complexité : il s'agira, non pas de définir des camps puis, à partir d'eux, la position de chacun des acteurs, mais à l'inverse, de comprendre les positions singulières comme des réponses à des lignes d'affrontement qui ne sont jamais les mêmes.

Antoine Schmitt (Paris)

Une esthétique de la cause

L'esthétique, au-delà du beau, traite de la sensation et de sa qualité. L'être humain, en tant qu'animal évolué, doté d'une mémoire longue et organisée et d'une capacité d'anticipation dans le futur proche et lointain, porte une attention particulière aux causes des mouvements des objets qui l'entoure, à la fois pour donner sens aux voies de l'univers (poser un ordre mental sur le désordre environnant), et pour se prévenir des risques. La reconnaissance ou le questionnement de ces causes perçues des mouvements s'accompagnent de quantité de sensations et d'émotions : crainte, surprise, ennui, inquiétude, alerte, apaisement, etc.. Mon travail artistique utilise un matériau très particulier : la programmation, qui m'intéresse par sa nature active. Un programme agit, par rapport au monde et sur le monde, selon des processus internes qui lui sont propres. En cela, il crée un monde en soi, un Umwelt. Ma pratique d'artiste consiste à isoler certains processus du mouvement du monde réel et à les abstraire et les recréer dans un programme, qui ainsi imite le réel dans sa nature processuelle en constante transformation. Je me focalise sur les processus générateurs de mouvement : conflits, oppositions de forces, principe de réalité, coopération..., pour interroger à la fois ces processus eux-mêmes et la nature de nos relations d'humains (ou d'animaux, ou d'anges) avec ceux-ci. J'en tire des œuvres prenant la forme de situations délicates qui, tout en restant dans

l'abstraction et le minimalisme, renvoient à notre nature d'êtres tentant désespérément de comprendre ce qui se passe.

An aesthetics of the cause

Aesthetics, beyond beauty, deals with sensation and its quality. The human being, as an evolved animal, gifted with a long and organized memory and with a capacity for anticipating the near and far future, is very interested in the causes of the movements of surrounding objects, both to give a meaning to the ways of the universe (put a mental order on the surrounding disorder), and to prevent from risks. The recognition or questioning of these perceived causes of movement give way to many sensations and emotions: fear, surprise, boredom, anxiety, alarm, calming, etc.. My artistic work uses a very peculiar material: programming, which interests me because of its active nature. A program acts, in relation to the world and on the world, according to internal processes that are its own. By doing so, it creates a world in itself, an Umwelt. My artistic practice consists in isolating certain processes of movement from the real world and abstracting them and recreating them in a program, which thus imitates reality in its processual nature in constant evolution. I focus on processes that generate motion : conflicts, opposition of forces, reality principles, cooperation... to interrogate both these processes themselves and the nature of our relationships of humans (or animals, or angels) with these. This process yields artworks taking the shape of delicate situations which, while remaining abstract and minimalist, address our nature of beings trying desperately to understand what is happening.

Madeleine Veyssié (Paris)

Pierre Gilles de Gennes, dix ans après.

Pour mettre un peu d'ordre dans la complexité

La publication, dix ans après sa disparition, de textes de Pierre Gilles de Gennes, choisis et présentés par Françoise Brochard, David Quéré et Madeleine Veyssié *, donne l'occasion de revenir sur l'œuvre, la pensée et la personnalité de ce physicien hors du commun. A travers ses parcours de recherche successifs, on reconnaîtra un style qui lui est propre et qui se

traduisait aussi dans sa façon d'enseigner. C'est ce personnage qui a pu se dévoiler aux yeux, étonnés puis conquis, d'un très large public à la télévision après son prix Nobel en 1991. Et c'est à ce même public que s'adressent les textes de ce recueil, où sont abordés et développés les thèmes d'intérêt général qui lui étaient chers : éducation, des maternelles à l'Université, organisation de la recherche, recherche appliquée et industrie ; mais aussi environnement, démographie, développement du tiers monde. Toujours argumentées mais souvent critiques, parfois iconoclastes, ses prises de position peuvent, encore à l'heure actuelle, susciter de salutaires réflexions et remises en cause.

*L'extraordinaire Pierre-Gilles de Gennes.

Editions Odile Jacob, mai 2017 .