

■ Journées de physique X-ENS-UPS,

à l'École polytechnique et à l'ENS Paris, 9 au 11 mai 2017

Encore merci mille fois aux organisateurs.

Cette année 2017, le cru était particulièrement relevé !

Mardi 9, à l'École polytechnique

Christoph Popper, directeur du département de physique de l'École Polytechnique, nous a décrit la structure des études en physique. On peut la retrouver sur le site de l'École. Signalons en deuxième année l'existence de projets scientifiques en groupes, quinze équipes au total, qui interviennent brillamment à l'International Tournament of Physics. Et par ailleurs, individuellement, les élèves peuvent aussi effectuer des travaux expérimentaux encadrés, les Modals in physics, qui paraissent tout à fait alléchants au vu des posters présentés.

Gilles Montembaux a ensuite entrepris l'exposé maître de cette journée : le rôle des considérations topologiques pour l'étude de la matière condensée, cela autour des travaux des prix Nobel 2016.

- La transition KT (de Kosterlitz-Thouless), à $d=2$, dans le modèle de spin XY, ne devrait pas se produire (théorème de Mermin-Wagner-Hohenberg), mais elle existe via le caractère topologique local de la dissociation des paires de vortex.
- L'effet Hall quantique 2d, on le sait, a révolutionné la métrologie : le Klitzing vaut $R = h/q^2 = 25.812 \text{ k}\Omega$, plus précisément $= 25.812 \ 807 \ 557 \ (18) \text{ k}\Omega$. Pourquoi les plateaux de quantification sont-ils aussi bien définis ? Parce que la topologie des effets de bord y est déterminante (cf problème Ulm 2015 PC) ; ce fut remarquablement démontré dans la conférence, mettant en exergue le nombre de Chern.
- Le papillon de Hofstadter montre aussi une décomposition des bandes d'énergie en sous-bandes, ce qui va permettre de comprendre la structure des isolants topologiques, idée initiée par Haldane.
- Le graphène présente en effet une structure de bande tout à fait particulière avec un "spectre de Dirac" en $E(p) = \pm c|p|$. On comprend que le nitrure de bore ait alors une structure d'isolant, avec un gap important : $E(p) = \pm \sqrt{A^2 + p^2 c^2}$. L'idée d'Haldane fut alors de réaliser en quelque sorte un champ magnétique interne, créant ainsi un isolant chiral, protégé topologiquement. Au-delà, Kane et Mele (2005) ont réalisé, via un couplage spin-orbite, un effet Hall quantique de spin (*Science*, 766, 318 (2007)) ; idées encore poursuivies par Molenkamp...

Au total, une conférence très riche et passionnante. Merci Monsieur Montembaux ! d'autant que votre site web renferme aussi des trésors pédagogiques fabuleux...

La conférence de Monsieur Rax portait sur la phase géométrique de Berry-Hannay. Nous connaissions l'existence de ces phénomènes gyroscopiques à travers le transport parallèle (cf le problème d'agrégation de 1999). Divers exemples furent présentés : le retournement du chat ; la différence entre la coquille Saint-Jacques et le serpent. Puis furent présentées les différentes sortes d'invariants. Avec focalisation sur la moyennisation des variables rapides, en cas d'invariants adiabatiques ; exemples : l'anneau de Hannay, et le mouvement d'une charge dans un champ magnétique variable.

Belle conférence, à la vision unifiante au total.

Monsieur Thiaville a présenté les effets de topologie en magnétisme. La classification des défauts (cf Kléman, points, lignes, parois) conduit après moult situations à considérer le nombre skyrmionique, tant dans sa description statique que dans sa dynamique. D'où l'examen de l'équation de Thiele, décrivant l'évolution du magnétisme $m(t,r)$. Puis l'effet Hall dû aux skyrmions, et donc en définitive à une fem de spin (Yang 2009, Tanabe 2012). Il fallait encore décrire en quoi la topologie était protégée. La conférence se conclut en examinant le rôle de la chiralité.

Manifestement Mr Thiaville aurait pu parler encore des heures, et a su faire passer sa passion aux auditeurs intéressés que nous fûmes.

Michael Benzaquin nous montra les belles expériences conduites sur les cristaux liquides pour mettre en évidence le jeu de la courbure et des défauts cristallins. Après avoir décrit la théorie de de Gennes et le modèle de Frank Oseen, on a classé les effets de splay, de twist et de bend (courbure) ; les défauts entraînent la description de la frustration géométrique au travers de la charge topologique. D'où une foultitude de situations en fabriquant des bulles avec des nématiques, puis en examinant la biréfringence des dites bulles. Mieux, on peut essayer de fabriquer des tores, etc., etc.

Un enthousiasme juvénile accompagnait ce discours et nous a démontré qu'avec peu de moyens, on peut faire de très belles choses.

Courageusement, nos conférenciers sont restés pour participer à la table ronde de clôture sur ces beaux sujets, et ont été très attentifs à nos préoccupations concernant le niveau de la Terminale S.

Mercredi 10 mai, à l'ENS Paris

Visite à l'Observatoire de Paris. Nous avons visité quatre labos, avec des physiciens(nes) très disponibles et très pédagogues. M. Pereira nous a présenté les techniques d'interférométrie atomique, liées aux mesures gravimétriques. On sait que muQuant est leader sur le marché. Sa collaboratrice nous a présenté une variante : un gyromètre Sagnac, mais à phase d'atome et nous a présenté Miga (l'interféromètre à g-ondes du plateau d'Albion).

Puis on a visité l'horloge à fontaine de césium, produisant les fameuses franges de Ramsay. Enfin a été présentée une horloge à atomes à transition optique, avec une précision qui tend vers 10^{-18} .

Inutile de dire que la France est leader dans ce domaine.

Une visite du célèbre bâtiment Perrault conclut cette riche visite.

Merci infiniment ! Voir ces instruments de recherche dont nous parlons abstraitement à nos élèves est un plus, nécessaire à une bonne formation des maîtres.

Marc Serrero