

ULYSSE PEYRET

SOUS LA DIRECTION DE

MADAME LUCIA REINING

# RAPPORT DE STAGE

*Du 11 mars 2013 au 15 mars 2013*

*STAGE D'OBSERVATION AU LABORATOIRE DES SOLIDES IRRADIES*



22 rue Notre-Dame des Champs  
75279 PARIS Cedex 06  
France



Route de Saclay  
91128 PALAISEAU Cedex  
France

## INTRODUCTION :

Au cours des vacances de février 2013 j'ai eu l'opportunité de passer une semaine en tant que stagiaire d'observation au sein du Laboratoire des Solides Irradiés de L'Ecole Polytechnique. Je suis élève en terminale et souhaite poursuivre l'année prochaine mes études en classe préparatoire scientifique. Si suivre cette voie m'enthousiasme particulièrement je ne sais pas encore précisément quoi faire.

Devenir chercheur est un de mes rêves d'enfant, et la proposition de Lucia Reining, directrice de recherche CNRS, m'a permis de revenir sur cette idée dans des conditions exceptionnelles ; L'« excellence scientifique » reconnue des travaux permettent à Madame Reining de rassembler une vingtaine de chercheurs européens au sein du groupe de Spectroscopie Théorique ; L'Ecole Polytechnique concentre quant à elle des moyens intellectuels et matériels uniques en France.

## LE GROUPE DE SPECTROSCOPIE THEORIQUE:

Le groupe de Spectroscopie Théorique se trouve sur le plateau de Saclay en banlieue parisienne ; Il est intégré au Laboratoire des Solides Irradiés de l'Ecole Polytechnique et fait partie de l'ETSF, réseau européen de Spectroscopie Théorique.

C'est un groupe de recherche fondamentale sur la matière condensée ; Les travaux se concentrent autour des excitations des électrons d'un atome et regroupent l'étude des théories fonctionnelles de la densité, dépendantes ou non du temps, et la théorie de perturbation à N-corps.

Le groupe de spectroscopie est aujourd'hui composé d'une vingtaine de membres coordonnés par Lucia Reining. Il accueille une équipe de 5 chercheurs permanents, qui guident indépendamment plusieurs étudiants dans leurs travaux. Certains suivent un master, mais la plupart sont des doctorants et des post-doctorants dont les recherches vont permettre de postuler pour le poste de « permanent » dans un organisme de recherche. Le groupe est complété par Andrea Cucca, responsable des systèmes informatiques et par les administratrices France Pochard et Gaëlle Bruant.

## DEROULEMENT DU STAGE

Ce stage d'observation a été construit par Madame Reining pour que je puisse découvrir les différentes facettes du travail de chercheur et m'initier rapidement aux sujets d'étude de ces derniers. J'ai ainsi pu voir avec plaisir les différentes étapes d'un projet de recherche et les outils utilisés au quotidien. Le stage s'est articulé autour de quatre grands axes : un premier travail

théorique, puis la modélisation par ordinateur recoupée par des tests expérimentaux, pour aboutir à la communication des résultats.

### 1. Premier travail théorique

Ainsi malgré tous les outils mis à sa disposition, le premier travail du chercheur est de coucher ses idées sur le papier, développer des raisonnements et en assurer une première fois la validité ; c'est la phase « *Papier-crayon* » !

Ce n'est qu'après avoir brossé un bref tableau des différents problèmes abordés en spectroscopie que cette phase a véritablement commencé pour moi ; On m'a proposé de m'intéresser à *L'Equation de Dyson* (E) qui est la valeur exacte la fonction de Green. Elle a été tirée de la thèse de doctorat de Giovanna Lani.

Cette équation était de la forme (E) :  $y(x) = y_0 + y_0 * x * y(x) + y_0 * \sum [y(x)] * y(x)$

Pour résoudre cette équation dans ce cas bien précis on utilise les approximations :

G.W. :  $\sum [y(x)] = -u * y(x)$  et R.P.A. :  $y(x)^2 = \frac{dy}{dx}$

Le but de mon travail était d'essayer de trouver un moyen d'éviter l'utilisation de ces deux expressions pour obtenir la meilleure approximation possible de la fonction de Green ; Madame Reining m'a aiguillé tout au long de ce stage, et j'ai pu apprendre que pour moi chercher était aussi chercher de l'aide ! Je me suis ainsi appuyé sur les conseils précieux d'Igor et de Nicolas, post-doctorant, aussi bien pour combler mes lacunes en mathématiques que pour m'aider à visualiser la réalité « physique » de ces équations. J'ai été surpris par leur patience et le talent de vulgarisateur qu'ils employaient avec moi, mais aussi par l'importance que la communication entre les hyper-spécialistes qui animent le groupe.

Enfin imaginer par leur mots la physique telle que la perçoivent permet d'entrevoir le formidable intérêt de maîtriser les mathématiques et le plaisir que l'on peut prendre à élaborer des théories qui sont de véritables bijoux. Les doctorants – ou les thésards comme les appellent les chercheurs - travaillent à la conception d'une thèse au cours de leurs trois années de recherche avec l'aide d'un directeur de thèse, ce qui leur permet d'accéder au titre de docteur ;

Une fois les premières approximations de  $y(x)$  obtenues j'ai pu les comparer avec le véritable  $y(x)$  par le biais d'une représentation graphique.

### 2. Modélisation informatique

Je me suis ainsi familiarisé avec l'outil indispensable au chercheur de nos jours : l'ordinateur ! Le Groupe de Spectroscopie est intégré au réseau informatique de l'école Polytechnique, et c'est

l'administrateur et physicien Andrea Cucca qui s'est chargé de me le présenter : les postes fonctionnent la plupart avec le système linux et sont particulièrement protégés contre les attaques informatiques sur ce site militaire. J'ai pu découvrir le principe de la console linux et des différents droits d'utilisateurs pour ensuite profiter de la flexibilité du système et des échanges entre les différents appareils. J'ai utilisé le logiciel Gnuplot et son interface « console » pour tracer les graphes des approximations de  $y(x)$  en fonction de  $x$  ; Malgré une prise en main difficile ce petit logiciel est vite devenu un indispensable pour vérifier la justesse de résultats et les interpréter.

Si les chercheurs utilisent ce système d'exploitation c'est aussi pour pouvoir se connecter au centre de calculs de l'Ecole. Dans cette salle ventilée fonctionnent sans arrêt des calculateurs alloués aux différents laboratoires ; Depuis leurs ordinateurs les équipes peuvent se connecter à l'interface de chaque machine et réserver une certaine « puissance » pour tester leurs résultats, avec des équations qui ne comportent non plus une mais des milliers de variables. Lorsque que la puissance requise par les calculs est trop importante les chercheurs peuvent présenter leur projet à des centres de calculs nationaux. Après avoir testé une première fois l'efficacité de leurs modèles par informatique les scientifiques ont besoin de confronter leurs résultats aux données expérimentales.

### *3. Confrontation du modèle à l'expérience*

Le Laboratoire des Solides Irradiés accueille ainsi plusieurs de ces instruments de haute précision.

J'ai d'abord pu voir le chercheur Pierre-Eugène Coulon préparer une plaque de nanoparticules d'or en vue de son observation au Microscope électronique à transmission ; Pour obtenir une image de quelques nanomètres l'échantillon doit être d'une extrême finesse afin de ne pas stopper complètement le faisceau d'électrons ;

Pierre Eugène doit former les équipes qui viendront utiliser les machines et mener ses propres recherches ; chaque utilisation nécessite donc quatre à cinq heures de préparation minutieuse, patience ! Monsieur Coulon m'a ensuite expliqué le fonctionnement détaillé du microscope électronique, avec les jeux de lentilles et l'importance de chaque détail technique. Les microscopes électroniques du laboratoire sont aussi à la disposition de chercheurs extérieurs au centre qui en font la demande ; j'ai ainsi suivi les observations de nanotubes de carbone irradiés par une post-doctorante parisienne.

Le Laboratoire des Solides Irradiés accueille aussi un accélérateur d'électrons unique au monde qui permet d'irradier des échantillons selon des conditions bien particulières, à fort courant ou à basse température par exemple. Cette plateforme d'irradiation SIRIUS est encore en test actuellement et Vincent Métayer qui s'occupe de la structure a pu rapidement me le présenter.

Ces outils de pointes au cœur du campus sont mis à la disposition de tous et l'attribution des temps d'utilisation est faite par un comité des programmes. Le Laboratoire des Solides Irradiés bénéficie donc d'outils exceptionnels.

#### *4. Communication des résultats :*

La mise en valeur du Laboratoire et de ses recherches est une partie du travail des deux administratrices du groupe de spectroscopie théorique, Gaëlle Bruant et France Pochard. J'ai appris que la promotion de ses découvertes mais aussi ses projets est incontournable dans le travail de chercheur aujourd'hui.

Cela passe par des actions à destination du grand public comme lors l'inauguration de Sirius avec la présence de nombreux médias, mais aussi par l'accueil de stagiaires ou de groupes scolaires dans certaines installations.

Mais cette mise en valeur est surtout nécessaire au sein de la communauté scientifique ; Les post-doctorants accèdent au statut de chercheurs permanents s'ils arrivent à montrer à quel point leurs travaux et projets doivent être soutenus. Les recherches peuvent-être aussi soutenues financièrement et les budgets sont alloués à une équipe ou un à unique chercheur ; Une des plus grandes récompenses à de nombreuses années de travail est souvent la reconnaissance par tous de la qualité de la recherche. La publication d'articles dans la presse spécialisée joue ainsi un grand rôle ; Il en sort une vive émulation entre les groupes de recherches dans le monde qui travaillent sur les mêmes sujets.

#### **EN CONCLUSION**

Ce stage a donc été une expérience exceptionnelle ; J'ai pu toucher du doigt des sujets d'étude captivants et voir une petite partie de la vie dans un laboratoire de recherche. J'ai découvert toute la passion qui animent ces chercheurs et qui les rendent si disponibles et intéressants, et cela me motive particulièrement pour poursuivre dans cette voie.