



UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

RAPPORT DE L'ATELIER-PROJET

DIFFUSION SCIENTIFIQUE EN LYCEE

Timothée ACCADIA & Florian BRUNET

Doctorants Contractuels Enseignants

Tuteur : Didier Verkindt

Résumé : Dans le cadre de l'atelier-projet 4c proposé par le CIES de Grenoble, nous avons organisé une série de conférences de diffusion scientifiques centrées sur nos thématiques de recherche qui sont la physique des ondes gravitationnelles et la physique du neutrino dans des lycées de Haute-Savoie .

Table des matières

1 Objectifs et motivations	2
2 Réalisation du projet	2
2.1 Prospection	3
2.2 Conférences	3
2.3 Notions abordées	3
2.4 Présentation de nos cursus et de la thèse de doctorat	5
2.5 Matériels pédagogiques	5
3 Retours sur l'exercice de diffusion scientifique	5
3.1 Conférences	5
3.2 Parcours, Thèses et Recherche Fondamentale	6
4 Conclusion	7
A Annexe : Lettre envoyée aux professeurs	8

Introduction

L'atelier-projet proposé par le CIES a permis de concrétiser notre volonté de diffuser nos thématiques de recherche que sont la physique des ondes gravitationnelles et la physique du neutrino par le biais de conférences à destination des lycées. La préparation de notre doctorat de physique des particules au Laboratoire d'Annecy-le-vieux de Physique des Particules (LAPP) depuis octobre 2009 nous a permis de découvrir de nombreux aspects de la physique et nous a donné envie de transmettre ces savoirs. De plus, le lycée étant une charnière en terme d'orientation pour les jeunes étudiants, nous avons également souhaité présenter nos parcours universitaires. La première partie de ce rapport aborde les objectifs visés par ce projet et détaillera les motivations qui nous ont amené à envisager ces conférences. Nous exposons ensuite les différentes étapes de leur réalisation. Enfin nous interprétons nos observations à la lumière de notre expérience de diffusion scientifique.

1 Objectifs et motivations

Lorsque l'opportunité de ce projet est apparue, notre désir fut immédiatement de nous tourner vers une activité pédagogique. Nous avons été et sommes toujours passionnés par les écrits de grands physiciens vulgarisateurs comme Richard Feynman ou Hubert Reeves ; il était donc logique que nous nous intéressions à cette transmission de savoir auprès du public. N'ayant quitté que récemment le monde scolaire, nous avons pu constater que les filières de sciences fondamentales devenaient délaissées. Notre motivation a donc été d'attiser la curiosité des élèves pour ces sciences et de leur montrer en parlant de notre métier ce qu'est concrètement la recherche scientifique. De plus, notre expérience actuelle nous a fait découvrir deux aspects importants de la recherche : la diversité des domaines étudiés et la variété des divers métiers impliqués. Une immersion totale dans un thème pendant trois ans permet aussi d'avoir un aperçu des enjeux réels et futurs de la recherche. Nos objectifs étaient ainsi définis :

- Participer à la diffusion scientifique auprès du grand public
- Présenter la diversité de la recherche scientifique et les possibilités qu'elle offre
- Attiser la curiosité et parler de ce qu'est concrètement le métier de chercheur

2 Réalisation du projet

Notre première idée était d'aborder la science de la mesure. Ce sujet était riche du point de vue expérimental et s'intégrait bien dans le programme de lycée : qu'est-ce qu'une grandeur ? comment la mesure-t-on ? avec quelle précision ?

Pendant notre réflexion, il nous est apparu que ce sujet était complexe du fait de son caractère abstrait. Par exemple, la mesure du temps remplit des ouvrages denses à elle toute seule. Nous avons alors songé à traiter plutôt par la description d'expériences de physique des particules des exemples de mesure de grandeurs fondamentales. Nous avons ainsi défini deux sujets :

- La recherche des ondes gravitationnelles et la mesure des déformations de l'espace
- La détection des neutrinos et la mesure de leur masse.

Notre tuteur Didier Verkindt nous a accompagné dans la définition des sujets, dans la réalisation des diaporamas, lors de nos répétitions ainsi que dans la rédaction de ce rapport.

2.1 Prospection

Grâce à Nicole Berger, une des responsables au laboratoire des contacts avec les lycées, nous avons tout d'abord contacté une centaine d'enseignants des lycées de la Haute-Savoie et leur avons fait parvenir une lettre (cf. Appendice ??). Une semaine plus tard, nous avons reçu une réponse positive de 4 enseignants :

- Anne Brondex du lycée de Madame de Staël à Saint Julien en Genevois.
- Nicolas Béchet au lycée Guillaume Fichet à Bonneville
- René Bouvier au lycée Lachenal à Argonay
- Bruno Martens au lycée Lachenal à Argonay

2.2 Conférences

Nous avons décidé, en accord avec les enseignants, que chaque intervention serait composée d'une de nos conférences suivie d'une discussion sur nos parcours dans l'enseignement supérieur et le monde de la recherche. Le mieux, étant donné la densité d'informations contenues dans les conférences, aurait été de les séparer en deux interventions. Cependant, réserver deux créneaux sur les heures de cours se révélait quasiment impossible. En prenant en considération les contraintes horaires des différentes classes, les conférences se sont donc déroulées lors de 4 interventions :

14/04/2011	Anne Brondex	Saint Julien en Genevois	1 ^{re} S	1h30
18/04/2011	Nicolas Béchet	Bonneville	1 ^{re} S & 2 ^{nde}	1h30
20/04/2011	René Bouvier	Argonay	1 ^{re} S	1h30
22/04/2011	Bruno Martens	Argonay	Math sup	2h

Le temps des conférences a respecté le planning : 1h pour les lycées et 1h30 pour les classes préparatoires. Les discussions ont ensuite systématiquement débordé par rapport aux prévisions grâce aux nombreuses questions des élèves. Au final, les interventions ont donc duré de 2h à 3h.

Le contenu des conférences a été préparé avec soin et dans le but est d'être clair et concis pour des élèves du secondaire. Nous avons construit nos conférences pour un public qui n'aurait aucune connaissance en physique au préalable. Nous avons ensuite fait plusieurs répétitions de la présentation de ces conférences dont une avec notre tuteur qui nous a prodigué des conseils pédagogiques issus de sa propre expérience de vulgarisation.

2.3 Notions abordées

La recherche des ondes gravitationnelles et la mesure des déformations de l'espace

Les ondes gravitationnelles étant un vecteur d'informations sur l'univers, nous avons donc abordé avant tout la notion de messenger du cosmos. Puis nous avons rappelé que deux objets possédant une masse s'attirent par gravitation et nous avons décrit l'évolution théorique depuis Newton jusqu'à Einstein. Un point délicat fut d'abandonner le concept de force et d'action instantanée (principes de base de la théorie de Newton) au profit de celui d'espace-temps modelé par la matière (Einstein). Nous avons ensuite défini l'onde gravitationnelle comme la propagation d'une perturbation de cet espace-temps avec des propriétés très spécifiques par exemple son caractère quadru-polaire

expliqué à partir de l'onde dipolaire (c'est-à-dire la nécessité d'un mouvement asymétrique de masses pour la créer). Nous avons abordé ensuite l'expérience VIRGO qui tente de détecter ces ondes et dont le fonctionnement est basé sur l'interférométrie, un outil adapté à la mesure de très petites variations de longueurs. Le plan était donc le suivant :

- 1 La gravitation
 - 1-1 Newton
 - 1-2 Einstein
- 2 Les ondes gravitationnelles
 - 2-1 Leur naissance
 - 2-2 L'effet produit le long de leur propagation
 - 2-3 Un rendement de production faible
 - 2-4 Les sources astrophysique observables
 - 2-5 Les coalescences de binaires compactes
- 3 VIRGO
 - 3-1 Un interféromètre de Michelson géant
 - 3-2 Principe de fonctionnement
 - 3-3 Construire le signal d'onde gravitationnelle $h(t)$
 - 3-4 La performance de l'interféromètre
 - 3-5 Un réseau de détecteurs interférométriques
 - 3-6 Le futur de VIRGO : Advanced VIRGO

La détection des neutrinos et la mesure de leur masse

La conférence ayant comme sujet les neutrinos, nous avons tout d'abord expliqué la notion fondamentale de particule élémentaire à partir de l'exemple de l'atome : nous avons regardé les différents constituants de l'atome jusqu'aux particules élémentaires que sont les quarks et les leptons (ces derniers incluant les neutrinos). A partir de ce point, nous avons souligné l'importance d'avoir un modèle décrivant la physique des particules : le modèle standard. Les élèves avaient alors une vision globale de la physique des particules et de la place du neutrino dans cette physique. Après cette description théorique, nous avons parlé de différentes expériences de détection de neutrinos et en particulier de la difficulté que cela représente (le neutrino interagit faiblement avec la matière). Le sujet de la conférence étant la mesure de la masse du neutrino, nous avons ensuite abordé les observables en physique des particules : l'énergie, la masse et l'impulsion ainsi que les principes de physique associés : conservation de l'énergie et de l'impulsion et relation d'équivalence masse-énergie. La présentation décrit ensuite une expérience de mesure de masse du neutrino et introduit la notion de détection indirecte. Enfin, nous avons parlé des implications d'une telle mesure sur la cosmologie : la matière noire et le neutrino comme sonde de l'univers.

Le plan adopté fut le suivant :

- 1 La physique des particules élémentaires
 - 1-1 Qu'est-ce qu'une particule ?
 - 1-2 Vers un modèle de la matière
 - 1-3 Le neutrino
- 2 La balance à neutrinos
 - 2-1 Comment accéder à la masse ?
 - 2-2 KATRIN
 - 2-3 Résultats de l'expérience KATRIN
- 3 Le neutrino : une sonde de l'univers
 - 3-1 L'infiniment grand et l'infiniment petit
 - 3-2 La matière noire : un secret de l'Univers
 - 3-3 Le neutrino dans l'Univers

2.4 Présentation de nos cursus et de la thèse de doctorat

Nous avons emprunté chacun une des deux voies possibles - université et classes préparatoires - pouvant amener aux études doctorales en physique des particules. Nous avons voulu exposer nos parcours pour leur donner un aperçu des possibilités de cursus et susciter chez eux un début de questionnement sur leur orientation après l'obtention de leur baccalauréat.

Nous avons aussi souhaité évoquer la thèse de doctorat : sa définition, son quotidien et les compétences que l'on y acquiert. Notre motivation était avant tout de combattre les idées préconçues et l'image du scientifique en blouse blanche faisant d'interminables calculs sans se préoccuper de ses liens avec la société.

2.5 Matériels pédagogiques

Nous avons préparé deux diaporamas d'une vingtaine de diapositives pour chacun des sujets et prêté attention à ne pas surcharger l'auditoire d'informations. Nous avons privilégié un petit nombre de diapositives par rapport au temps de parole afin de pouvoir passer plus de temps à expliquer les concepts nouveaux abordés dans chaque diapositive. Nous avons incorporé des fichiers audio et vidéo pour illustrer nos propos. Etant donné que le temps de l'intervention en classe préparatoire était plus important, nous avons décidé d'apporter un interféromètre de Michelson, un laser et un écran afin de montrer le principe de l'interférométrie et la mesure des très courtes variations de longueur.

3 Retours sur l'exercice de diffusion scientifique

3.1 Conférences

Nous avons eu l'impression que les élèves au fur et à mesure de nos conférences posaient de plus en plus de questions. Nous pensons que la capacité à communiquer avec les élèves passe par la clarté et la cohérence du discours ainsi que l'aisance à l'oral. Une autre observation nous a mené à

penser qu'une préparation en amont est un paramètre décisif pour attiser la curiosité des élèves. En effet, nous avons constaté qu'avec 2 classes en particulier, qui avaient été sensibilisés auparavant à la physique des particules, les discussions furent plus riches et plus longues.

Nous avons eu deux types de retours de la part des élèves : un retour immédiat associé aux questions portant sur les conférences elles-mêmes, un autre à froid transmis par les enseignants qui ont interrogés leurs élèves plusieurs jours après la conférence.

Voici les remarques les plus importantes (avec leurs occurrences) provenant des commentaires de 51 élèves du lycée de Saint Julien en Genevois :

– Ils ont apprécié :

l'emploi des supports audio et vidéo (22)

notre aisance à l'oral et l'emploi de l'humour (13)

les rappels des notions de base de physique et les explications des notions nouvelles (9)

que les présentations soient structurées (7)

l'emploi d'analogies 5

– Ils auraient aimé que nous leur adressions des questions pendant la conférence (3)

– Ils ont trouvé que les sujets étaient complexes (12)

Ces remarques se sont retrouvées dans les retours de deux autres classes (clarté, présentations structurées, rappels des concepts de base en physique).

Nous avons constaté que la forme est très importante notamment en ce qui concerne la clarté de la conférence. Repartir d'un cadre qui est connu de l'auditoire s'est révélé décisif pour leur faire comprendre une notion nouvelle. Malgré des sujets compliqués, en faisant un effort sur la clarté du propos et du diaporama, nous avons semble-t-il réussi à expliquer des concepts de physique fondamentale et des expériences complexes à des lycéens. Il en ressort également que la préparation en amont des élèves est un paramètre très important pour réaliser une bonne intervention.

3.2 Parcours, Thèses et Recherche Fondamentale

L'exposé de nos parcours n'a suscité que peu de questions, lesquelles portaient principalement sur la difficulté des études en classes préparatoires. Les lycéens ont notamment posé des questions sur la charge de travail. De leur côté, les élèves des classes préparatoires nous ont interrogés sur les écoles d'ingénieurs.

Une des principales réactions des étudiants sur la thèse fut de comprendre que celle-ci est loin d'être exclusivement théorique mais nécessite de nombreuses compétences techniques transversales (informatique, ingénierie, communication scientifique internationale). Ils ont découvert qu'un doctorant s'apparente plus à un salarié en apprentissage dans un environnement de recherche qu'à un étudiant.

Ce fut aussi l'occasion de défendre une recherche fondamentale dont les motivations scientifiques sont avant tout l'amélioration de nos connaissances et le besoin culturel de l'humanité de se poser des questions sur le monde.

4 Conclusion

A travers ce projet nous avons pu réaliser une activité de diffusion scientifique auprès de lycéens peu familiers avec nos domaines de recherche. Nous avons eu aussi l'opportunité d'interagir avec le corps enseignant du secondaire. Finalement nous avons essayé de connaître les ingrédients essentiels à une bonne intervention grâce aux retours des élèves.

Nous avons trouvé un public intéressé et curieux des sciences fondamentales. Ce type de projet nécessite un investissement important en amont si l'on veut avoir un discours clair, mais aussi en aval pour en tirer des enseignements utiles à la pérennité de ce projet. Nous nous sommes surtout rendus compte qu'une sensibilisation préalable du public améliore grandement l'impact de notre discours. Par exemple une des classes avait eu une introduction par leur professeur à la physique des particules et s'était montrée très réceptive. Ce fut d'ailleurs l'occasion pour eux de poser des questions nées de cette préparation en amont. Autrement, une autre classe avait visité le LAPP l'année précédente et a aussi montré une bonne réceptivité.

Le projet a été supporté par l'équipe de communication du laboratoire qui souhaiterait que le projet soit reconduit l'année prochaine. Nous avons apprécié la réalisation de ce projet et nous essayons actuellement de le transmettre à un autre groupe de doctorants. De plus, les professeurs avec lesquels nous avons travaillé pourraient être intéressés pour renouveler cette expérience.

Remerciements

Nous tenons à remercier Nicole Berger pour son aide pendant notre prospection ; un grand merci à Didier Verkindt pour son aide précieuse dans la réalisation des conférences et pour le temps qu'il a consacré à nos répétitions. Nous tenons également à remercier l'équipe de diffusion scientifique du LAPP qui nous a permis de réaliser ces conférences. Nous adressons nos remerciements à Anne Brondex, Nicolas Béchet, René Bouvier et Bruno Martens pour leur engouement dans ce projet, l'accueil qu'il nous ont fait ainsi que leur flexibilité par rapport à nos débordements sur les horaires. Enfin, nous remercions les proviseurs des lycées Madame de Staël à Saint Julien en Genevois, Guillaume Fichet à Bonneville et Louis Lachenal à Argonay qui nous ont accueillis dans leur établissement.

A Annexe : Lettre envoyée aux professeurs

Timothée ACCADIA
accadia@lapp.in2p3.fr
0450091672



Florian BRUNET
brunet@lapp.in2p3.fr
0450091667

Didier Verkindt
verkindt@lapp.in2p3.fr
0450091671

Annecy, le 11 janvier 2011

Madame, Monsieur,

Dans le cadre de notre doctorat en physique des particules, nous avons une activité d'enseignement de la physique à l'Université de Savoie. Parallèlement, nous suivons une formation pédagogique pour laquelle nous sommes amenés à mettre en place un projet de diffusion scientifique auprès des lycéens, sous la tutelle de D. Verkindt, chercheur au Laboratoire d'Annecy-le-Vieux de Physique des Particules.

Ce projet est soutenu par le Centre d'Initiation à l'Enseignement Supérieur de Grenoble et rejoint la politique de communication scientifique voulue par le CNRS et l'Université de Savoie. Il prend la forme de conférences d'environ 1 heure associée à une discussion avec les élèves. Entre le 15 mars et le 15 mai 2011, nous proposons deux conférences en lien avec notre travail de thèse et abordant une thématique plus générale: la mesure de précision et la détection de phénomènes physiques rares.

- **La recherche des ondes gravitationnelles et la mesure des déformations de l'espace.** Cette conférence aborde la mesure interférométrique des très faibles variations de distance grâce aux détecteurs actuels Virgo et LIGO. Le but de ces expériences est la détection des ondes gravitationnelles provenant de sources astrophysiques (supernovae, trous noirs, étoiles à neutrons...).
- **La détection des neutrinos et la mesure de leur masse.** Cette conférence est consacrée à la particule neutrino, aux expériences mises en œuvre actuellement pour mesurer sa faible masse et aux implications de cette mesure dans la connaissance de l'univers.

Nous vous invitons à nous contacter rapidement pour discuter de la manière d'insérer ces conférences dans le cadre du programme de physique enseigné au lycée et de convenir d'une date pour une de ces conférences.

Veuillez agréer Madame, Monsieur, l'expression de nos sincères remerciements.

Timothée ACCADIA Florian BRUNET

PS : Un projet similaire a déjà été réalisé en 2005 par 4 de nos collègues dans les lycées de Lachenal à Argonay et de l'Albanais à Rumilly.