



Normale  
Physics Review

INIPR

École normale  
supérieure

— Fights Bohr-dom —

**Édito N<sub>18</sub> : du chocolat chaud à la physique mésoscopique**

À mesure que l'année avance, c'est le temps des événements pour la promo des  $\phi 21$ , qui commencent à passer plus de temps aux « événements de convivialité » qu'aux cours : le chocolat des physicien-ne-s est de retour, et une kalô en préparation ! Mais quelques activités plus sérieuses ponctuent ces loisirs, comme les premières actions de l'association PhysicienNES pour promouvoir la physique auprès des jeunes filles.

Le temps passe aussi, à une autre échelle, au LPENS : cela fait déjà vingt ans que le groupe de physique mésoscopique est en activité, et avec une grande réussite. À cette occasion, son fondateur Bernard Plaçais a reçu en 2020 le Prix des Trois Physiciens : la NPR a discuté avec le chercheur et vous invite à découvrir son parcours unique marqué par un grand changement thématique après vingt ans de carrière.

Nous vous proposons également de découvrir un parcours étudiant pouvant être source d'inspiration : celui de Collin Brivaël, entre physique et géosciences d'une part, entre l'ENS Lyon et les Mines d'autre part, mais surtout à l'Institut de Physique, l'occasion de découvrir un peu plus en détail le CNRS.

Une autre institution sur laquelle vous pourrez voir un peu plus clair à la fin de ce numéro est l'ONERA, l'Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales, grâce au travail de Romain Duverger, actuel doctorant qui nous fait part de l'expérience de son stage dans cet établissement.

Et bien entendu, retrouvez comme tous les mois les questions de la revue et la photo mystère ! Arriverez-vous à en percer le secret ? Quoiqu'il en soit, nous vous souhaitons bonne lecture !

– Victor Lequin pour l'équipe de rédaction

SOMMAIRE

<b>Class life</b>	<b>2</b>
Le retour du chocolat des physicien-ne-s . . . . .	2
Premières interventions pour l'association Physiciennes ! . . . . .	2
Les $\phi 21$ font osciller l'École à la Mécanikâlo . . . . .	2
<b>Physicist's life</b>	<b>3</b>
Bernard Plaçais : interview du premier physicien mésoscopique de l'ENS . . . . .	3
Un stage à l'Institut de Physique : dans les coulisses du CNRS . . . . .	6
Plongée dans l'ONERA . . . . .	7
<b>Sir, I have a question</b>	<b>9</b>
New problems . . . . .	9
<b>Mystery photo</b>	<b>9</b>
Solution of N <sub>17</sub> . . . . .	9
Photo of N <sub>18</sub> . . . . .	9
<b>Acknowledgements</b>	<b>9</b>

## CLASS LIFE

**Le retour du chocolat des physicien·ne·s**

Après de longs mois d'absence, le chocolat des physicien·ne·s a fait son grand retour le 1<sup>er</sup> avril.

Chaque vendredi, de 14h à 15h, tous·te·s les physicien·ne·s sont invité·e·s dans le hall du département de physique – ou dans le jardin de Lhomond selon la météo – pour déguster chocolat chaud et autres boissons accompagnées de biscuits.

Étudiant·e·s, stagiaires, doctorant·e·s, post-doctorant·e·s et chercheurs·se·s, tout le département est bienvenu pour venir discuter et rencontrer d'autres physicien·ne·s. Amenez vos écocup pour limiter l'usage de gobelets jetables !

– Juliette Savoye



Figure 1 – La bonne ambiance du chocolat, agrémentée des harmoniques du piano du hall et du flux thermique solaire

**Premières interventions pour l'association Physiciennes !**

L'association Physiciennes, créée par des étudiant·e·s de L3, a réalisé ses deux premières interventions dans des lycées de banlieue parisienne. Ces premières actions ont été proposées à des élèves de terminale maths expertes et à des élèves de seconde. L'objectif est de sensibiliser aux stéréotypes encore très présents sur les femmes en sciences, qui sont à l'origine à la fois d'un manque de reconnaissance des travaux de femmes scientifiques, mais aussi d'autocensure chez les jeunes filles.

Les interventions sont décomposées en trois étapes. La première partie, interactive, vise à poser des questions aux élèves, notamment sur des statistiques actuelles, pour mettre en évidence la faible proportion de femmes en sciences. La deuxième partie est un bref exposé sur Lise Meitner – si vous ne la connaissez pas encore, allez jeter un coup d'œil à cette physicienne géniale ! L'intervention se termine par des

interactions en plus petits groupes pour laisser la parole aux élèves sur le sujet.

Les retours des élèves étaient plutôt positifs, et les intervenant·e·s ont eu des interactions très intéressantes avec eux.

D'autres interventions sont en cours de préparation, notamment avec un format un peu différent et la création d'un jeu de cartes – pour découvrir de nouvelles physiciennes et leurs travaux. N'hésitez pas à rejoindre l'association pour venir nous aider ! Pour cela, il vous suffit d'envoyer un mail à [contact@physiciennes.fr](mailto:contact@physiciennes.fr). Nous serions également intéressés pour diversifier nos interventions, avec par exemple la prise de parole de chercheuses : contactez-nous !

– Juliette Savoye

**Les  $\phi 21$  font osciller l'École à la Mécanikâlo**

Les étudiants du département de physique présentent...

$$F = ma$$



LA MECANIKÂLO !!!


$$S = \int \mathcal{L}$$

Après plusieurs années de pause, la soirée la plus barycentrée et applaudie par les critiques revient à l'ENS, pour le plus grand plaisir de tous.

20/20 - "Elle tombe à point : les bases sont solides et le mixage des cocktails très fluide." - Albert Unepierre

20/20 - "Malgré l'absence de cantiques, l'ambiance est très qualitative, plus qu'un raisonnement dimensionnel." - Max Cache

1/20 - "C'était bien, mais un abruti a ouvert la cage de mon chat. RIP." - Erwin S.

Rendez-vous le 20 mai prochain en  pour exciter vos modes d'oscillation toute la nuit ! L'heure et les détails seront précisés sur les affiches.

– Paul Balavoine pour les  $\phi 21$

## PHYSICIST'S LIFE

## Bernard Plaçais : interview du premier physicien mésoscopique de l'ENS

Au premier étage du bâtiment Lhomond, le groupe de physique mésoscopique du Laboratoire de Physique de l'ENS abrite une grande activité, dont les thèmes de recherche couvrent graphène, optique quantique électronique ou encore matériaux topologiques. Cette variété de travaux est le résultat de vingt ans de développement de l'équipe, depuis sa création en 2000 par un chercheur du laboratoire, Bernard Plaçais. Aujourd'hui sur la fin de sa carrière, ce dernier a reçu en 2020 le Prix des Trois Physiciens, décerné chaque année par l'École, « pour ses travaux remarquables sur les effets quantiques dans les matériaux électroniques ». La NPR vous propose de découvrir le parcours original de ce physicien, marqué par une grande liberté. Retrouvez le mois prochain la seconde partie de cet entretien, pour découvrir plus précisément les recherches du groupe de physique mésoscopique !



Figure 2 – Bernard Plaçais au balcon de son laboratoire

**NPR :** Mais qui êtes-vous donc, Bernard Plaçais ?

**Bernard Plaçais :** Je suis arrivé dans la maison en 82, donc il y a quarante ans – pour positionner un petit peu je suis plus proche de la sortie que de l'entrée! (*rires*) Je travaille en physique quantique, mais vu côté transport électrique et non optique quantique. C'est le fil conducteur de ma carrière : j'ai touché à différents sujets, mais toujours reliés à la physique des systèmes quantiques. J'ai travaillé sur les superfluides en rotation, sur la supraconductivité – ça a fait la première moitié de ma carrière. Puis, j'ai effectué un changement thématique en mi-carrière, en 2000, qui m'a amené sur la physique mésoscopique.

C'est l'élément un peu spécifique à ma carrière, ce changement thématique relativement important, et qui était une aventure très agréable. J'ai saisi cette opportunité intéressante de créer ici, à l'ENS, un groupe sur la physique mésoscopique, c'est-à-dire du transport quantique non plus dans des matériaux supraconducteurs ou superfluides, dont on sait qu'ils sont quantiques par construction, mais dans des matériaux dont on aurait plutôt suspectés qu'ils sont classiques : métaux, semi-conducteurs, ... De la physique quantique se manifeste dans le transport de nouveaux systèmes : c'est la physique mésoscopique, une physique intermédiaire. Intermédiaire entre les objets extrêmement petits, régis par la physique quantique, et les objets grands, régis par la thermodynamique. C'est le moment où les lois de la thermodynamique souffrent un peu – on est plus tout à fait microscopiques mais on n'est pas

complètement macroscopiques non plus.

Ce changement là est une idée venue d'une réflexion au laboratoire à la fin des années 90, quand l'équipe de supraconductivité est partie dans une autre institution : on s'est posé la question de savoir quelle nouvelle thématique était intéressante à apporter au laboratoire de physique de l'ENS. Il y a eu cette idée de la physique mésoscopique ; elle était née dans les années 80 donc en 2000 c'était de la physique mésoscopique de « troisième génération ». Il n'y en avait pas ici, donc c'était une opportunité assez enthousiasmante de créer une nouvelle activité, qui m'a porté depuis 2000, jusqu'à maintenant. C'était une aventure formidable.

**NPR :** Comment avez-vous fait pour intégrer ce nouveau champ, en apprendre les concepts ?

**B. P. :** On ne part jamais complètement de rien, on acquiert une forme de maturité avec l'âge. Pour moi, c'est plus parti du côté expérimental, technique que du côté conceptuel. Les concepts, je les ai acquis petit à petit, et j'ai pu exprimer peut-être les quelques qualités que j'avais dans ce nouveau sujet.

En physique, c'est comme dans une équipe de rugby : il y a besoin de tous les gabarits, de tous les talents. Chacun a quelque chose en soi à apporter à une activité. Parfois cela peut mettre un peu de temps à se révéler, mais il n'y a pas de profil monotype. On peut avoir cette idée étant étudiant : on sort de classe préparatoire, on entre à l'École Normale, on

a l'impression que tout est normalisé, qu'il y a une manière donnée de faire. Je pense que c'est un leurre : il y a une grande diversité de manières de faire de la physique, c'est un espace de liberté intellectuel dans lequel on peut exprimer ses penchants personnels (du moment qu'ils ne soient pas pervers !), ses propres talents.

La physique c'est une école où on apprend tous les jours. Il ne faut surtout pas se mettre des œillères, comme on peut avoir tendance à le faire quand on est jeune, avec des idées de voie royale ou autre : il faut se laisser aller, se laisser mûrir. Les opportunités viennent tous les matins. Ce n'est pas vrai que tout se joue à trois ans, ce n'est pas vrai que tout se joue quand on rentre à l'École Normale, ce n'est pas vrai que tout se joue ! Ce sont des gros bobards. Tout peut se jouer à l'occasion d'une rencontre, d'une opportunité qui se présente, c'était mon cas pour la physique mésoscopique. On m'a proposé, j'ai dit oui. La maturité, c'est se rendre compte de ces opportunités qui se présentent à vous, et avoir confiance en soi dans sa capacité à apporter quelque chose.

Ce n'est peut-être pas vrai partout, mais cela l'est singulièrement à l'École Normale. Après quarante ans de carrière, c'est le moment de dire merci à la maison. C'est cette notion d'école qui je pense est assez différente de ce qui se fait dans les autres pays, où tout est basé sur l'hyper-personnalisation, l'individu, le « Principal Investigator » . . . Ici, on a ce concept d'école, où l'on travaille à plusieurs, et sur plusieurs générations – c'est formidable ! C'est un peu unique à l'ENS. Je me souviens, après le prix Nobel de Serge Haroche, être allé faire un séminaire à Bâle. On m'a demandé ce qu'on avait à l'ENS pour arriver à être ce genre de « serial-Nobeliser », et j'ai pensé que c'était cette idée que tout n'est pas basé sur l'hyper-personnalisation, mais qu'on participe à une école. J'adore ça, j'aurais détesté être seul dans mon coin à développer ma physique, ce n'était même pas possible pour ce qu'on a fait ici. Cette idée d'appartenance, d'essayer ensemble. Je reprends l'image de l'équipe de rugby : il y a des petits trapus, des gens qui courent vite, des gens qui sautent haut en touche, mais c'est l'ensemble qui fait qu'on va éventuellement faire un Grand Chelem.

Certains parlent de sérendipité : je crois que c'est vrai. Jeune, on peut être stressé. La peur de ne pas aller au bon endroit, il faut arrêter avec ça, et être calme. Tout peut se jouer tous les matins, on ne sait pas. Il faut être très ouvert, dans un environnement fécond. C'est le cas ici – encore une gratitude à cette maison de faire en sorte que tout type de physicien puisse s'épanouir. Il y en a 250 ici, chacun a son parcours personnel et chacun essaye d'exploiter ses petits talents pour essayer d'avancer. Déstress, on ne peut pas anticiper les moments déterminants : cela peut être des rencontres, on croise quelqu'un et on part avec. . . On a cette liberté en France et en recherche. Je ne vais peut-être pas être mainstream, mais je trouve que ce métier est un privilège incroyable. On n'a pas de chef pendant quarante ans, il n'y a pas d'équivalent, et

on essaye dans la limite de ces moyens de se perfectionner. La liberté, dans le monde moderne, est vraiment précieuse. Venez faire de la physique !

On a tous des limites – c'est pas grave. Certains ne le savent pas encore, mais ils en ont aussi (*rires*) ! Dans ce milieu, on peut s'appuyer sur les autres pour compenser nos trous respectifs, et il y a une très bonne ambiance.

Le bouquin de Serge Haroche dit tout ça, même en mieux : il raconte sa vie, ses motivations, comment il est arrivé à la physique, etc. Je vous engage à le lire, il a bien réfléchi, et notamment autour de cette notion d'école : “paf j'ai croisé un prof. . . ” Aussi cette idée que quand on est à l'École on est tous pareils parce qu'on a passé les mêmes épreuves de concours, qu'on vit la même chose en même temps, mais en

fait chacun est différent : vous n'êtes pas des particules indiscernables ! Et à la fin, on passe dans une certaine machine académique qui nous donne l'impression qu'on est tous pareils, qu'il y a un modèle absolu : bullshit ! À la fin, chacun a des ressources personnelles, et en quarante ans elles ont le temps d'être exprimées et on a le temps de se faire plaisir.

J'ai quelques exemples de bifurcations dans mon parcours qui représentent bien cette idée : le premier, c'était pour venir à l'ENS. Je devais faire une thèse au CEA de Grenoble après mon service militaire – j'avais même le contrat, quasiment signé ! Et un de mes profs de CEA m'appelle pour prendre des nouvelles et me demande si je veux venir à l'ENS : j'ai regardé ce qui se faisait ici et j'ai donc abandonné un contrat bien confortable à Grenoble pour venir ici, dans un contrat moins confortable. Voilà un exemple de choix, un peu arbitraire, pas complètement raisonné – je n'ai pas eu à résoudre un hamiltonien pour trouver l'optimum de la situation ; il ne faut pas toujours chercher à optimiser ! De temps en temps, il faut y aller “comme ça”. Plus tard dans ma carrière, dans les années 80, le mur de Berlin est tombé et on a commencé à voir arriver des théoriciens russes. Il y en avait un qui travaillait sur le même sujet que moi ; on a eu une collaboration sympathique puis il m'a mis en relation avec un groupe qui faisait quelque chose que je n'avais jamais fait, des ultrabasses températures : la superfluidité de l'hélium 3. L'hélium 4 superfluide, on savait mais l'hélium 3 est un isotope rare, on se demandait comment on pouvait avoir de la superfluidité avec des fermions plutôt que des bosons. Autrement dit, c'est du

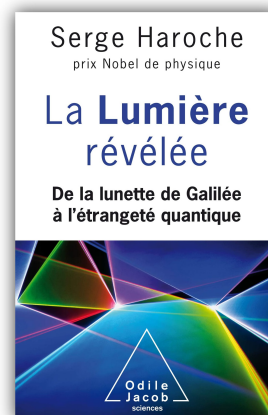


Figure 3 – *La Lumière révélée*, de Serge Haroche, paru en 2020

Bardeen-Cooper-Schrieffer au lieu d'être du Bose-Einstein. Ce groupe finlandais travaillait sur des tas de choses excitantes mais très loin de ma base. Il m'a été proposé de passer un an là-bas, j'ai arrêté des choses qui marchaient pas mal ici pour le faire. Ça a révolutionné ma carrière.

C'est un monde de liberté : on croise des gens qui ont des tas de choses à vous apporter, des choses qu'on ne connaît pas, tout le temps ! Même moi qui étais loin du sujet, j'ai pu leur apporter certaines choses.

Ça a été le premier virage. Le deuxième s'en est suivi, puisque j'avais acquis des compétences en techniques d'ultrabasses températures, et quand il s'est suivi de faire la physique mésoscopique, ça a été ma porte d'entrée, par la mesure. L'arrivée à l'ENS, l'année passée en Finlande, la reconversion en physique mésoscopique – tout cela a été le fruit du hasard. Je peux aussi citer des exemples où j'ai laissé passer des opportunités car je n'étais pas assez mûr : c'est pas grave. Quand on est en physique tout va bien, rien n'est grave. Tout va bien se passer. Il faut juste ne pas écraser du pied toutes les opportunités qui se présentent. Ça dépend toujours du point de vue : je suis heureux dans le domaine et de ce que je contribue, parfois les ambitions extrêmement hautes peuvent rendre la vie un peu différente. Du peu que j'ai fréquenté des gens qui sont allés tout en haut, la plupart ne l'avaient pas cherché. Il faut se sentir bien dans son domaine, et on a tous quelque chose à donner ! Il n'y a pas de modèle standard du normalien ; ou plutôt il existe mais ce n'est pas nécessairement le meilleur.

**NPR :** Est-ce que parfois vous refusez des opportunités pour rester sur un projet et le mener à bout ? Est-ce qu'il y a un risque ?

**B. P. :** Correct, le risque existe. Il faut savoir dire non. Au début, on n'est pas trop sollicité, donc ce n'est pas un problème. Après, il faut ajouter à la todo-list une "not todo-list", en disant "tout ça est super, mais je ne vais pas le faire". Parce que d'autres gens le font, parce qu'il n'y a que vingt-quatre heures dans une journée.

Un dernier exemple de sérendipité : on travaillait en physique mésoscopique sur différents domaines, et notamment les nanotubes de carbone. En 2005 est arrivé le graphène,

et par hasard, j'ai été amené à demander un financement pour avoir ce cryostat (*figure 4*), qui n'était pas trop cher pour l'université, et on s'est lancé doucement dans la physique du graphène. Et est arrivé en 2010 l'annonce du prix Nobel de physique sur le graphène, Andre Geim et Konstantin Novoselov. Je me souviens : j'étais à mon bureau, mes collègues m'appellent manger mais j'attendais l'annonce du prix Nobel. Cinq minutes après celle-ci, le téléphone n'a pas cessé de sonner car comme j'avais, par hasard, demandé un financement, et que les gens à qui j'avais demandé ce financement s'occupaient de la cellule communication du CNRS, et que tous les journalistes s'étaient jetés sur la cellule com du CNRS, tous sont revenus vers moi. Ce jour-là, je n'ai pas mangé et j'ai répondu à tout le monde et par hasard, je suis devenu un spécialiste français du graphène, un peu même international. Qui a déclenché cette affaire-là ? Les journalistes. Certes, il faut que le terrain soit propice pour que ça se développe, mais l'allumette, l'étincelle est souvent envoyée par le hasard ; il faut l'écouter ! J'y trouve un grand bonheur. D'autres gens auront un autre point de vue, mais ce qui est formidable en physique quand on est dans un endroit assez stimulant, c'est que les opportunités se présentent et que ce sont toujours de belles aventures.

**NPR :** Quels sont les transferts entre la bulle de la physique et l'extérieur : comment êtes-vous rentré dedans, et comment en parlez-vous aux autres ?

**B. P. :** J'ai fait l'ESPCI : quand je suis sorti de prépa, je voulais faire de la chimie. Quand j'étais jeune, j'avais certaines idées : c'est comme ça ou comme ci que telle chose doit être. C'était juste une mesure de mon ignorance ! On est tous ignorants de tout. Je m'étais donc tracé un plan pour faire de la chimie, et au fur et à mesure que les cours se sont développés je trouvais sympa la physique. J'ai ensuite fait un stage chez IBM et j'ai trouvé passionnant les transistors : c'est magique qu'on arrive à faire de petits calculs simples, qu'on comprend, et à la sortie de l'usine il y a des ordinateurs ! C'est donc venu comme ça. Après quelques réussites, quelques encouragements, la chose prend ou ne prend pas : je pense qu'il y a mille et une manières de voir la physique, de l'aimer, de la servir et de s'en servir.

Après, comment j'explique la physique aux autres. Je ne suis pas enseignant : je n'ai pas cette attitude académique sur la question mais j'aime bien vulgariser, parler de la physique. J'utilise beaucoup d'images, plus que des équations. Ce qui est formidable, au moins du point de vue expérimental, c'est que la physique est une science de la nature, et que tout le monde s'y intéresse ! Pourquoi le ciel est bleu, ... On a un certain sentiment de puissance, quand on a l'impression, après une mesure où seuls des signaux sortent des fils, qu'on comprend ce qui s'est passé.



**Figure 4** – « Vous voyez ici toutes ces machines qui descendent au millikelvin »

Voir qu'on le maîtrise.

Voir qu'on arrive à en faire quelque chose.

Il y a une satisfaction comme celle d'un explorateur qui découvre une nouvelle espèce d'oiseau. C'est simple ; c'est un instinct assez basique de l'humain. Quand on fait ce métier on a cette chance, de n'avoir que cela à faire, sans vraiment de contrainte ou de compte à rendre. Je sais que ce n'est pas de bon ton de donner des indices de satisfaction parce qu'on est mal payé, et caetera, mais je suis OK avec ça. Je suis très très heureux, d'avoir pu vivre ça ; fonder une famille et vivre correctement. Je savais en entrant dans la recherche que je tirais un trait sur un pied de vie un peu différent : à l'époque, tout le monde ne voulait pas y aller, l'industrie avait plus la côte. Il y avait quelque part l'idée, sans aller jusqu'à entrer en religion, d'un sacrifice. Mais le sacrifice ça va, la liberté n'a pas de prix. Comment j'explique la physique ? Je dirais que c'est un petit peu de manière frustrante et compliquée dans le cercle familial, parce que la physique c'est prenant et je pense que le petit cercle familial m'en veut un peu (*rires*). Ce n'est pas l'endroit où c'est le plus facile d'expliquer la physique. Mais c'est un plaisir de le faire avec les jeunes thésards, les étudiants.

**NPR :** Que lisez-vous ? Des articles scientifiques ou des livres plus "distrayants" ?

**B. P. :** C'est un point qui fait un peu mal. On a un réservoir d'informations scientifiques et techniques qui arrivent. Et finalement on a une sorte de déformation professionnelle. Il y a 40 ans, quand j'étais étudiant, j'étais plus ouvert sur la littérature, les romans. Et maintenant j'ai plus de mal parce qu'à force de faire travailler l'esprit toujours dans le même sens. C'est-à-dire essayer d'être le plus objectif possible, on reste une subjectivité car on peut amener de la créativité mais on est censé être un représentant de l'humanité à qui on a confié de faire cette manip là. Ce n'est pas à ce point personnel, on est censé partout essayer de s'effacer derrière une espèce de vérité des lois de la nature que l'on essaye d'acquérir. Et ça ferme un peu l'esprit. Voilà c'est le point un peu négatif : on peut manquer de fantaisie.

Y'a des gens qui soignent ça très bien, ce n'est pas mon cas. Je lis très volontiers des traités scientifiques ou des choses politiques ou économiques ou de sociologie mais les romans, la science-fiction j'ai un peu plus de mal. Cette déformation professionnelle existe aussi.

On ne sort pas indemne de cette affaire mais on sort heureux.

– propos recueillis par Oriane Devigne et Victor Lequin

## Un stage à l'Institut de Physique : dans les coulisses du CNRS

**NPR :** Quel est ton parcours en quelques mots ?

**Collin Brivaël :** Assez classique je dirais ! Je suis passé par une prépa PC à Nantes avant de partir à Lyon pour l'ENS où j'ai fait trois ans en Sciences de la Matière parcours Physique (à Lyon les départements de Physique et Chimie sont un peu mélangés pour la formation de L3/M1). Pendant ces 3 ans je me suis dirigé plus précisément sur la mécanique des fluides au sens large, avec une appétence pour les applications aux systèmes naturels. Mes différents stages de recherche ont tourné autour de thématiques comme la rhéologie, les écoulements triphasiques, la déformation de surface dans des écoulements turbulents, la dynamique des avalanches... J'ai finalement voulu tester des choses plus appliquées en 4ème année, en bifurquant vers l'école des Mines pour un an et demi de « voie spécialisée » en Géosciences, qui correspond au parcours que font les X en école d'application. Le but était triple : découvrir ce qui se fait côté privé, avoir une ouverture aux postes de direction/gestion, mais aussi de glisser un peu plus vers la géophysique, les cailloux n'étant qu'un fluide particulièrement visqueux :P.

**NPR :** Quel sera le sujet de ton stage ?

**C. B. :** Dans un esprit de synthèse de mon parcours, avec cette double casquette ENSL/Mines, j'ai voulu travailler au siège du CNRS, à l'Institut de Physique, qui coordonne l'action de ses 70 et quelques laboratoires de recherche fondamentale à travers la France. Histoire de comprendre les « cuisines » du CNRS et leur fonctionnement. Mon stage comporte deux volets principaux. Pour l'instant, je travaille sur les programmes de prématuration-valorisation. L'objectif de ces programmes est d'accompagner les équipes de recherche pour leur permettre de transférer leurs innovations technologiques vers le reste de la société. Par exemple, une équipe développe pour des manips des capteurs optiques et une caméra rapide ayant une dynamique (le ratio entre l'intensité lumineuse maximale et minimale que l'on peut enregistrer) plus élevée que ce qui se fait sur le marché. Et bien l'objectif du programme de prématuration-valorisation c'est d'accorder des fonds supplémentaires pour faire mûrir la technologie, de mettre en relation l'équipe avec des investisseurs/clients potentiels et d'informer sur le monde parfois obscur de la propriété intellectuelle (brevets, licences...). Les équipes décident alors de la marche qu'elles veulent suivre : certaines choisissent de vendre leur technologie à une entreprise, d'autres de se lancer elles-mêmes en start-up. On pensera notamment à Alice&Bob qui est hébergée au laboratoire de physique de l'ENS. Et donc dans tout cela, je travaille sur les thématiques qui sont mises

en avant par le programme. Quels sont les sujets qui sont valorisés? Quelles sont les thématiques qui ne sont pas suffisamment mises en avant? Est-ce pour de bonnes raisons ou juste parce que les scientifiques ne sont pas mis au courant de ce genre de démarches? Le deuxième volet de mon stage sera porté sur les principes de prélèvements des financements au sein des laboratoires. Typiquement, lorsqu'un chercheur obtient un financement (ANR<sup>1</sup>, ERC<sup>2</sup>, contrat industriel...) quelle part est reversée au « pot commun » du laboratoire? La question sous-jacente est : dans quelle mesure considère-t-on que le travail d'un chercheur est de son fait seul ou de ses interactions avec ses collègues, son environnement? Mon objectif est déjà de faire une cartographie de ce qui se fait dans les laboratoires pour qu'ensuite soit entamée une discussion éclairée sur ce sujet entre l'Institut de Physique et les différentes directions d'unité.

**NPR :** Quelle est la mission du CNRS en France?

**C. B. :** Le CNRS a pour objectif de faire progresser la connaissance et être utile à la société. Sa mission a été donnée par l'État dans un décret du 24 novembre 1982 en ces termes « Identifier, effectuer ou faire effectuer, seul ou avec ses partenaires, toutes les recherches présentant un intérêt pour la science ainsi que pour le progrès technologique, social et culturel du pays. »

Ainsi le CNRS c'est la recherche orientée vers le bien commun, avec un horizon long terme et ouvert sur l'inconnu. Cette approche long terme est au cœur de son organisation, avec des postes de chercheurs « à vie » permettant de se lancer dans des projets très fondamentaux ou ayant un horizon de résultat flou et lointain, et ce sans se soucier de devoir produire des résultats tout de suite. C'est cette temporalité particulière qui fait la spécificité du CNRS. Mais le CNRS c'est aussi partager les connaissances au plus grand nombre, par la vulgarisation, par le transfert de technologie mais aussi via la formation par la recherche. Enfin, le CNRS est un acteur majeur de la politique scientifique du pays, et de sa stratégie nationale de recherche.

**NPR :** Que comptes-tu faire à la fin de ta scolarité? Pour suivre dans la recherche?

**C. B. :** Bonne question. J'ai déjà un deuxième stage à faire dans le cadre des Mines, qui sera pour le coup en entreprise, plutôt orienté R&D avec un lien avec la géophysique. Après ça je pars en thèse soit sur les avalanches, soit sur la dynamique de fonte des icebergs, en fonction des financements que j'obtiendrai! Pour l'instant j'avoue je n'ai aucune idée si

je poursuivrai en recherche après la thèse ou non, on verra quand on y sera.

**NPR :** Un conseil pour ceux qui s'intéressent aux géosciences après des études de physique?

**C. B. :** Franchement, n'hésitez pas à sauter le pas, les physiciens sont plus que bienvenus en géosciences. À ce sujet d'ailleurs, le directeur du département de géologie de l'ENS de Lyon est un physicien de formation si je me souviens bien, c'est dire. Il y a une diversité d'approches pour transhumer de la physique vers les géosciences : par la planétologie, par la mécanique (fluides, milieux continus, matériaux...), par la climatologie ou encore par l'étude des ondes... En fait pour moi c'est surtout un moyen d'utiliser des outils de physique sur des systèmes et des problématiques qui me tiennent à cœur.

**NPR :** Une dernière chose?

**C. B. :** Je dirai juste à ceux qui ne sont pas encore complètement convaincu par l'enseignement et la recherche de ne pas hésiter à passer un ou deux ans en école d'ingénieur, ne serait-ce que par curiosité. Je sais que dans certains milieux normaliens on a parfois tendance à dénigrer ceux qui se tournent vers le privé et « vendent leur âme au grand capital ». Il existe plein de passerelles entre les ENS et d'autres grandes écoles et je trouve ça dommage de ne pas en profiter au nom d'une certaine pureté intellectuelle.

– propos recueillis par Guillaume de Rochefort

## Plongée dans l'ONERA

L'ONERA (Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales) est un grand organisme de recherche français, d'envergure internationale, et spécialisé dans les domaines de l'aéronautique, du spatial, et de la défense. Les très nombreuses recherches effectuées à l'ONERA portent sur tout ce qui peut présenter soit un intérêt pour le progrès des engins aériens et spatiaux, soit des enjeux stratégiques pour l'industrie aéronautique et la défense françaises. C'est pourquoi l'ONERA comporte un très large ensemble d'axes et d'équipes de recherche, par exemple sur les radars, l'aérodynamique, la mécanique des fluides, la combustion dans les réacteurs d'avion, la furtivité, la propulsion d'engins spatiaux, etc... parmi bien d'autres encore.

L'ONERA fut créé le 3 mai 1946, par application de la loi n°46 – 895, votée par l'Assemblée Nationale Constituante du Gouvernement Provisoire de la République Française. Cette

1. Agence Nationale de la Recherche, NDLR

2. Conseil européen de la recherche (European Research Council), NDLR

création résulte d'une volonté du gouvernement français de l'époque de faire rattraper à la France le retard qu'elle avait accumulée dans le domaine de l'aviation, en raison de la guerre et de l'Occupation allemande, alors qu'elle avait été pionnière dans ce domaine au début du 20<sup>ème</sup> siècle, notamment durant la 1<sup>ère</sup> Guerre Mondiale. Il s'agissait de rassembler, au sein d'un seul laboratoire, les savoir-faire d'ingénieurs, de scientifiques et d'industriel experts de l'aviation ou de domaines connexes, afin de coordonner leurs efforts, et cela dans le but de refaire de la France une grande puissance aéronautique, capable de rivaliser avec les meilleures nations dans ce domaine (Allemagne, Japon, États-Unis, URSS, etc...). Dans le contexte de la Guerre Froide et de la course à l'espace qui en résulta, la mission de l'ONERA a été progressivement élargie à la défense, et au spatial en 1961.

Le texte de loi de 1946 définit par ailleurs le rôle que doit remplir l'ONERA, toujours en vigueur aujourd'hui. Les missions dont l'ONERA a été chargé par l'État Français sont les suivantes :

- Orienter et mener les recherches de la France dans les secteurs de l'aéronautique, du spatial, et de leurs applications à la défense, lancer et promouvoir des initiatives utiles à la recherche aérospatiale, afin que la France reste une des meilleures nations au monde dans ces domaines, et puisse disposer de technologies défensives efficaces.
- Concevoir, réaliser, et mettre en œuvre les moyens nécessaires à l'exécution de ces recherches.
- Assurer la diffusion et la valorisation de ces travaux de recherche à l'échelle nationale et internationale par l'intermédiaire de brevets ou publications, favoriser la valorisation et l'utilisation de ces recherches par l'industrie française, par exemple en mettant à disposition l'expertise et les moyens techniques de l'ONERA à toute entreprise française qui en a besoin pour développer de nouveaux produits ou services.

Pour résumer simplement ces 3 missions, la vocation de l'ONERA est donc d'assurer un soutien aux secteurs de l'aéronautique, du spatial et de la défense, au moyen de la recherche et de l'innovation, afin de garantir l'excellence de ces secteurs. Dans ce but, les recherches et études techniques peuvent être réalisées soit à l'initiative de l'ONERA, soit sur demande d'un partenaire industriel de l'ONERA, soit sur demande d'un service public ou d'une institution. Une fois qu'un projet de recherche effectué sur demande a été terminé, l'ONERA peut assurer le transfert de la technologie développée durant le projet vers l'entité à l'origine de la demande.

Sur le plan administratif et juridique, l'ONERA est un établissement public à caractère industriel et commercial (ÉPIC),

placé sous tutelle du Ministère des Armées. Un ÉPIC peut se définir comme organisme de service public destiné à gérer une activité économique de nature industrielle et commerciale, répondant à un besoin de la collectivité, et dont la gestion par une entreprise privée soumise à la concurrence, bien que possible en théorie, serait inadaptée. Un ÉPIC est généralement rattaché à l'État ou une collectivité territoriale, et contrôlé par ces derniers pour assurer la bonne exécution de la mission de l'ÉPIC.

Enfin, l'ONERA est un organisme de recherche de taille relativement importante, équipé de moyens techniques conséquents. En effet, le laboratoire emploie actuellement 2031 personnes, dont 1287 techniciens, ingénieurs et chercheurs, et 281 doctorants. Son budget en 2021 s'élève à 236 millions d'euros : la moitié de ce budget provient de subventions accordées par l'État, l'autre moitié de l'exploitation des brevets déposés et des contrats signés avec des partenaires industriels et étatiques. En outre, l'ONERA est implanté sur 8 sites en France. En particulier, le site de Modane-Avrieux, dans les Hautes-Alpes, concentre l'essentiel des souffleries de l'ONERA, et constitue le plus grand parc de souffleries d'Europe.

Les très nombreux sujets explorés à l'ONERA peuvent être regroupés en 7 grandes thématiques, chacune associée à un département spécialisé dans cette thématique. L'ONERA est ainsi organisé en 7 grands départements scientifiques. Chaque département est supervisé par un directeur de département, et structuré en unités de recherche, qui travaillent chacune sur un sous-domaine précis de la thématique du département :

- Aérodynamique, aéroélasticité, acoustique ;
- Électromagnétisme et radar ;
- Matériaux et structures ;
- Multiphysique pour l'énergie ;
- Optique et techniques associées ;
- Physique, environnement, espace ;
- Traitement de l'information et systèmes.

Le conseil d'administration est constitué du PDG de l'ONERA (Bruno Sainjon), de représentants de l'État (notamment du Ministère des Armées), de représentants des principaux partenaires industriels de l'ONERA, et de représentant des salariés. Le CA définit la politique de recherche de l'ONERA, sa stratégie et ses objectifs, en fonction des besoins de l'industrie aérospatiale, de ceux de la défense, et des enjeux stratégiques pour la France. Il évalue également l'action du PDG vis-à-vis de cette politique et des objectifs définis.

— **Romain Duverger (propos recueillis par Guillaume de Rochefort)**



## SIR, I HAVE A QUESTION

### New problems

Your thirst for physics cannot seem to be quenched? No matter your level, the NPR has got you covered! Here are ten problems that span everything from everyday questions to research worthy quandaries...

- I** : How does ironing work?
- II** : Is there a relation between the hemisphere you are in and the direction of rotation of water in a sink?
- III** : What happens to the space between coaches of a relativistic train?
- IV** : In the movie *Interstellar*, Cooper enters a black hole while his daughter stays on earth. In the end they are back together near Saturn. But physicists say nothing can escape a black hole, what happened? (lots of funny answers allowed)
- V** : Why is the sky's background dark?
- VI** : Sometimes a tablet or some other electronic device will have a system to automatically go to sleep upon closing a magnet-equipped cover. Then, there are good chances that this system will trigger rather often independently of the cover's position if the tablet is placed on a metal table. How exactly does this happen?
- VII** : One who looks at a light source through steam-covered glasses will see it iridescent. Explain this phenomenon. How does it depend on the amount of steam or the focal length of the glasses?
- VIII** : Two sheets of newspaper will stick together after having been wetted and pushed against each other during drying. Investigate this phenomenon.
- IX** : How does 3D video work?
- X** : What would happen to an astronaut's body, should their suit be breached?

## MYSTERY PHOTO

### Solution of $N_{17}$

Il s'agit d'une nouvelle expérience pédagogique, mise au point par Jean-Michel Courty : les balles de bowling sont intéressantes car le nombre qu'elles portent indique leur masse en livres. Cela permet d'illustrer la poussée d'Archimède de façon interactive : la boule de bowling est immergée dans l'eau qui remplit la cuve, et on demande à un élève de la soulever. Tant que la boule est sous l'eau, l'élève y arrive sans problème, même pour des boules assez lourdes, mais arrivé à la surface, la poussée d'Archimède est soudainement dramatiquement réduite et il devient beaucoup plus dur de porter la boule!

Merci encore à Jean-Michel Courty pour son temps.

### Photo of $N_{18}$

Shown is a photograph of a blanket hung from two opposite ends. Can you explain the pattern of bends and folds that can be seen? The experiment is very easy to reproduce, with any piece of fabric – depending on its rigidity, you may need to shake the fabric while holding it to have it be in this configuration.



Figure 5 – La photo  $N_{17}$

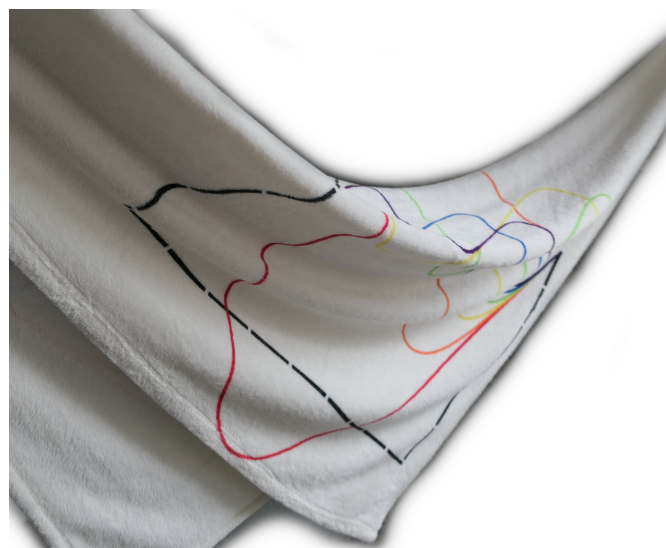


Figure 6 – Photo mystère de la  $N_{18}$

## ACKNOWLEDGEMENTS

We thank our contributors for their great articles, of course our special thanks go to Bernard Plaçais for his time. We also thank everyone who sent us their feedback and encouragements. And as always thank you, dear reader!

**We need you!** If you would like to contribute, submit questions or provide feedback, don't hesitate to contact us :

— **Juliette Savoye**  $\varphi_{21}$  :  
juliette.savoye@ens.fr

- **Victor Lequin**  $\varphi_{21}$  :  
victor.lequin@ens.fr
- **Oriane Devigne**  $\varphi_{21}$  :  
oriane.devigne@ens.fr
- **Esteban Foucher**  $\varphi_{20}$  :  
esteban.foucher@ens.fr
- **Guillaume de Rochefort**  $\varphi_{19}$  :  
guillaume.de.rochefort@ens.fr

**(The Editorial Board)**

---

<https://www.facebook.com/NormalePhysicsReview>  
<https://normalephysicsreview.netlify.app>

If you like the review, please be sure to subscribe to its  
mailing list on the website!