



Normale  
Physics Review

**INPR**

École normale  
supérieure

— *Fights Bohr-dom* —

**Édito N<sub>19</sub> : Ambiance estivale à l'aube de la Mécanikalo**

*La fin de l'année pointe tranquillement le bout de son nez, et avec elle la kalo organisée par les  $\varphi 21$ . Pendant ce temps, le soleil et la chaleur s'installent, l'occasion rêvée pour aller se promener : parfois dehors, mais aussi dans les couloirs du 24, rue Lhomond ! Retrouvez à cette occasion notre nouveau format, le micro-Lhomond, pour des mini-interviews avec de nombreux chercheurs et doctorants. Ce numéro laisse aussi place à la suite tant attendue de la superbe interview de Bernard Plaçais, qui va partager un peu plus avec nous ses recherches en physique mésoscopique. Enfin, le mois de mai est celui des premières nouvelles du JWST, et des derniers rebondissements concernant les importations d'hélium. On espère que malgré la chaleur votre curiosité est intacte, car la photo mystère et les questions sont toujours au rendez-vous !*

– Juliette Savoye pour l'équipe de rédaction

**SOMMAIRE**

<b>Class life</b>	<b>2</b>
Photo de classe . . . . .	2
Mécanikalo . . . . .	2
PNLNP . . . . .	2
<b>Physicist's life</b>	<b>3</b>
Micro Lhomond . . . . .	3
Bernard Plaçais : seconde partie de l'interview . . . . .	5
Crise en Ukraine et problème d'approvisionnement en Hélium . . . . .	7
Normale Concours Review . . . . .	8
A brief history of the James Webb Space Telescope . . . . .	9
<b>Sir, I have a question</b>	<b>10</b>
New problems . . . . .	10
<b>Mystery photo</b>	<b>10</b>
Photo of N <sub>19</sub> . . . . .	10
<b>Acknowledgements</b>	<b>10</b>



normalephysicsreview.  
netlify.app



facebook.com/  
NormalePhysicsReview

## CLASS LIFE



Figure 1 – Qu’iels sont bell-eaux les L3!

### Photo de classe

La semaine dernière, les L3 physicien-ne-s ont profité du beau temps pour improviser une photo de classe (figure 1) malgré un nombre minime d’absents, immortalisant leur magnifique promo!

### Mécanikalo

La mécanique se rapproche à grands pas (pour rappel, c’est vendredi 20 mai à 22h en courò puis en **K-Fit**!) À cette occasion, le chocolat des physiciens a connu pour un jour une amélioration en vente de crêpes pour financer cette magnifique soirée, régalant au passage étudiant-e-s, doctorant-e-s et chercheur-euse-s. Contrairement au bilan énergétique des préparateurs de crêpes, le bilan financier, lui, a été largement positif et présage une belle soirée!

### PNLNP

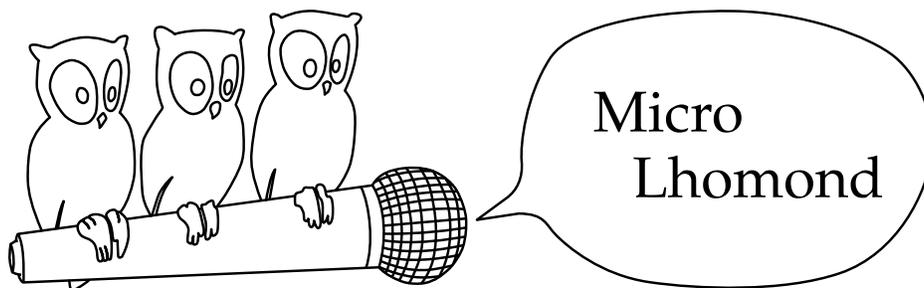
La PNLNP, c’est la Plateforme Numérique de Liaison entre Normaliens Physiciens – ou du moins, ce le sera quand elle sera créée! Devant l’envie générale de plus de transmission entre les promos du département, le projet est de construire un site pour rassembler en un seul endroit des exemples de parcours d’anciens, des retours sur des stages,

recommandations de certains cours hors du département intéressants pour les physiciens, et pourquoi pas plus : vos idées sont attendues, ainsi que votre participation! Si vous êtes motivés pour compiler ce type de contenu ou participer à la construction du projet (on cherche notamment quelqu’un s’y connaissant en développement backend pour le site), contactez un membre de la NPR ou bien un des délégués impliqués dans le projet : [julian.renaud@ens.psl.eu](mailto:julian.renaud@ens.psl.eu), [lise.isnel@ens.psl.eu](mailto:lise.isnel@ens.psl.eu), [rodrigue.orageux@ens.psl.eu](mailto:rodrigue.orageux@ens.psl.eu).



Figure 2 – L’atelier crêpes

## PHYSICIST'S LIFE



L'équipe de la NPR a le plaisir de vous proposer ce nouveau format d'interview : un micro-trottoir réalisé en arpentant couloirs et laboratoires du 24, rue Lhomond. Ce mois-ci, nous avons posé les deux mêmes questions à divers membres du LPENS.

– propos recueillis par Juliette Savoye et Oriane Devigne

Jean-François Allemand, enseignant-chercheur au LPENS (équipe Biophysique des Biomolécules)

**NPR :** *Brièvement, sur quoi travaillez-vous en ce moment ?*

**J.F.A. :** J'essaie de comprendre le fonctionnement de moteurs moléculaires qui se promènent sur des acides nucléiques. J'essaie de voir ce qui peut les bloquer ou non, est-ce que ça s'arrête ou non et les conséquences que ça peut avoir. Et ensuite il y a une extrapolation puisqu'on travaille in vitro plutôt que in vivo.

**NPR :** *Quelle est votre pire et/ou meilleure anecdote de recherche ?*

**J.F.A. :** Pour les pires anecdotes de labo : une fois, en faisant une pesée, j'ai renversé un produit avec une tête de mort dessus sur une paillasse. Une autre fois, je me suis coupé avec un produit toxique aussi, parce que la solution contenait du verre cassé. Aussi, s'apercevoir qu'on a fait des erreurs, parfois ça peut être traumatisant. Quand les choses ne sont pas très connues, ça va, mais une fois ça m'est arrivé avec un article qui était déjà publié. C'était un assez mauvais moment.

Mélanie Armante, doctorante au LPENS (équipe Astrophysique)

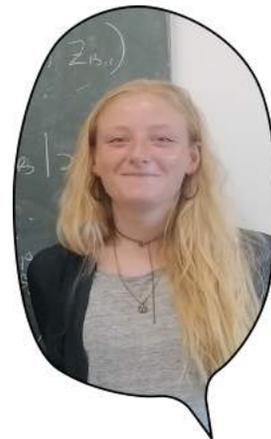
**NPR :** *Brièvement, sur quoi travaillez-vous en ce moment ?*

**M.A. :** J'étudie la formation des étoiles massives dans notre galaxie, et plus particulièrement dans un nuage moléculaire de notre galaxie. Concrètement, je regarde la répartition en masse des progéniteurs d'étoiles (le stade d'évolution avant que ce soient de vraies étoiles formées). J'essaie de quantifier

un peu comment elles se répartissent, quelles masses elles ont, pourquoi, dans quel environnement, etc. Et ensuite j'essaie de trouver s'il y a un lien avec les ondes de choc : en bref, le passage d'une onde de choc va comprimer le nuage et déclencher la formation des étoiles. Typiquement, ça peut être un reste de supernova qui va interagir avec un nuage. J'essaie de lier ces deux choses.

**NPR :** *Quelle est votre pire et/ou meilleure anecdote de recherche ?*

**M.A. :** Comme j'ai commencé ma thèse pendant la période Covid et que je suis revenue au labo seulement cette année, je suis pas sûre d'avoir des trucs de fou à raconter. J'ai surtout fait ma thèse dans mon canapé avec un plaid. Après, le meilleur truc, qui était aussi le plus stressant, c'était l'entretien pour avoir ma bourse de thèse. C'est quand même un grand truc avec beaucoup de préparation et de stress. J'étais en stage en même temps donc c'était compliqué, parce que j'avais que ce financement-là. Donc ça a été beaucoup de stress et de coordination entre mon directeur de thèse actuel et les encadrants de stage avec qui j'étais à Bordeaux. D'ailleurs, je crois que mon encadrant était encore plus stressé que moi. Et puis finalement l'entretien s'est très bien passé, et j'ai eu ma bourse de thèse très rapidement. Une fois que j'ai eu le financement de l'école doctorale et que je l'ai accepté, mon encadrant m'a appelé pour me dire qu'il avait eu un financement privé, et qu'il aurait pu payer ma thèse sans que je passe les entretiens.



Pierre Dell'Ova, post-doctorant au LPENS (équipe Astrophysique)



**NPR :** *Brièvement, sur quoi travaillez-vous en ce moment ?*

**P.D'O. :** J'étudie surtout des observations, en infrarouge et en radio. Le but, c'est d'observer des objets qu'on appelle les restes de supernovæes. A la fin de la vie de ces étoiles, elles explosent - et on peut observer cette explosion pendant plusieurs dizaines de milliers d'années, avec des observations infrarouges et radios.

On veut donc étudier de quelles manières les particules de hautes énergies sont accélérées à l'intérieur de ces restes de supernovæes. C'est ce qu'on appelle les rayons cosmiques, on en observe partout dans l'univers. Ici, on peut en mesurer à chaque seconde. Or on sait que ces rayons cosmiques sont sûrement accélérés à l'intérieur des restes de supernovæes. C'est le genre de trucs que j'ai fait pendant ma thèse.

**NPR :** *Quelle est votre pire et/ou meilleure anecdote de recherche ?*

**P.D'O. :** Un truc que j'ai beaucoup aimé pendant ma thèse, j'ai fait plusieurs types d'observations, mais j'en ai fait certaines avec la NASA (mission Sofia). Je suis allé dans un avion - un Boeing 747 - dans lequel ils ont creusé une cavité pour mettre un télescope à la place des sièges qu'on occupe habituellement pour un vol commercial. Donc pendant dix heures, j'ai volé à l'intérieur de l'avion en faisant des observations infrarouges. C'était vraiment cool.

Pour la pire anecdote, je ne sais pas trop, à part peut-être comme Mélanie; c'est assez stressant d'obtenir une bourse de thèse. Mais moi j'ai bien aimé ma thèse, il n'y a pas eu de mauvais moments.

Adèle Douin, doctorante au LPENS (équipe Mécanique, Matière molle, Morphogénèse)

**NPR :** *Brièvement, sur quoi travaillez-vous en ce moment ?*

**A.D. :** Je suis en troisième année de doctorat au labo, et je travaille, avec Frédéric Lechenault, sur de la modélisation d'événements sismiques dans du tricot. On a une manip où on prend des carrés de tricot en nylon, on tire dessus, et on extrait des événements sismiques à l'intérieur. Ensuite, on utilise du machine learning pour faire de la prédiction d'événements futurs grâce à des informations passées.



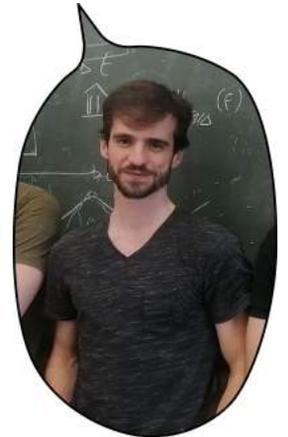
**NPR :** *Quelle est votre pire et/ou meilleure anecdote de recherche ?*

**A.D. :** J'ai perdu trois mois de données expérimentales parce qu'il y avait une mouche qui se posait sur mon tricot la nuit. D'où la moustiquaire dans le labo. À une époque, on a aussi eu la suspicion d'un fantôme qui éteignait nos ordinateurs.

Thibaud Richard, post-doctorant au LPENS (équipe Astrophysique)

**NPR :** *Brièvement, sur quoi travaillez-vous en ce moment ?*

**T.R. :** Mon sujet de thèse c'était le milieu interstellaire, c'est-à-dire l'ensemble du gaz et de la poussière qui se situe entre les étoiles, dans les galaxies principalement. Je fais des simulations numériques du milieu interstellaire et de sa dynamique. Le milieu interstellaire étant un milieu à la fois ionisé et avec un champ magnétique, quand une étoile est en fin de vie - par exemple pour une supernovæe - ça injecte plein d'énergie dans ce milieu. Donc c'est un milieu qui est vraiment très turbulent. Cette turbulence va se dissiper à très petite échelle : il y a un processus qui s'appelle la cascade d'énergie turbulente, ou cascade de Kolmogorov. Il y a de l'énergie cinétique située à grande échelle qui va traverser toutes les échelles pour être dissipée sous forme de chaleur à petite échelle. Moi, j'étudie la façon dont l'énergie se dissipe à petite échelle : dans quel type de structures, quelles sont leurs propriétés et est-ce que la géométrie de l'écoulement a un impact sur ces structures.



**NPR :** *Quelle est votre pire et/ou meilleure anecdote de recherche ?*

**T.R. :** Avec le Covid, j'ai pas énormément de trucs à raconter, mais on va dire que parfois les meilleurs souvenirs ce sont les mêmes que les pires. Par exemple, les conférences, c'est extrêmement stressant, mais la joie que ça procure c'est incroyable.

## Bernard Plaçais : seconde partie de l'interview

Voici la seconde partie de l'interview avec Bernard Plaçais, fondateur du groupe de physique mésoscopique de l'ENS, dont vous pouvez retrouver la première partie dans le précédent numéro de la NPR, disponible sur notre site [normalephysicsreview.netlify.app](http://normalephysicsreview.netlify.app). Merci encore à lui pour son temps et sa gentillesse!

**NPR :** Pouvons-nous faire un petit zoom sur ce que vous avez fait dans ce labo de physique mésoscopique ?

**Bernard Plaçais :** La physique mésoscopique est un concept qui semble assez abstrait et qui peut se conjuguer dans pleins d'implémentations physiques différentes. On cherche des systèmes modèles pour découvrir les lois de la physique. Quand on a commencé, il y avait deux systèmes modèles. Le premier était les hétérostructures de gaz bidimensionnel : ce sont des semi-conducteurs dans lesquels on a aux interfaces entre deux semi-conducteurs de gap différents, un gaz d'électrons parfaitement bidimensionnel et qui a une excellente conductivité et une excellente mobilité dans lequel on a pu voir des tas d'effets de physique fondamentaux comme l'effet Hall quantique, entier, fractionnaire etc. C'est un système modèle.

Et le deuxième système modèle en 2000 était les nanotubes de carbone. Jusqu'à présent ce qui avait été fait, c'était du transport basse fréquence (courant, tension etc). Notre idée nouvelle a été de regarder ce qui se passe à haute fréquence dans les GHz et de regarder les propriétés dynamiques du transport quantique. Sur ce point on était pionniers, c'est que ce j'appelle la physique mésoscopique 3G. Là, on a découvert pas mal de sujets et ce domaine s'est développé. On a eu des doctorants qui sont devenus des collaborateurs à qui on a repassé les clés de ce sujet-là. Par exemple Gwendal Fève continue de porter ces sujets-là dans des sommets himalayens. Maintenant on regarde des propriétés très exotiques des électrons en matière condensée qu'on appelle les anyons : ils ne sont ni des fermions, ni des bosons mais qui sont des particules qui du fait des interactions obéissent à une statistique intermédiaire. C'est le dernier sujet qui est sorti en 2020. Toute cette activité-là est passée entre les mains des plus jeunes vers 2008-2010.

L'activité nanotubes c'est un peu pareil, on avait aussi des jeunes qui ont repris cette activité, là c'était Takis Kontos qui l'a emmenée vers d'autres horizons.

Et puis est arrivé le graphène sur lequel j'ai commencé à développer des choses, et à nouveau j'essaye de passer l'affaire à un plus jeune. C'est un petit peu cette idée d'école. La physique se transmet de génération en génération. Parlons du graphène par exemple : une fois que j'avais transmis les précédentes activités à des plus jeunes, j'ai entrepris de me lancer là-dedans. C'est un sujet qui a explosé dans la littérature, et

la plupart des gens se sont intéressés aux propriétés microscopiques comme les relations de dispersion des électrons en fonction de l'énergie et des moments.

En 2010 il y a eu un grand retour à la physique du solide car des théoriciens ont eu des idées et il y a eu des grands progrès. On s'est rendu compte qu'il y avait des tas de systèmes avec des nouvelles propriétés, il y a la matière topologique, les matériaux de Van der Waals comme le graphène qui sont arrivés en 2005. On a eu dans ces dix premières années d'activités des nouveaux matériaux amenant leurs nouveaux questionnements pour la physique mésoscopique. Avant on avait les métaux, les isolants, les semi-conducteurs et maintenant on a toute une variété de systèmes qui ont des propriétés très exotiques, liées aux détails intimes des fonctions d'onde. Ce n'est pas simplement la théorie des bandes, c'est aussi la théorie des symétries des fonctions d'onde. Il y a pleins de sujets qui ont éclos et le groupe a essayé de sauter sur tous ces sujets-là. Quand on s'est lancé en 2000 on avait une direction mais c'est un chemin ; et les voies latérales sont souvent très intéressantes. On ne peut pas prévoir ça. Il faut surtout (surtout!), quand vous vous lancez, être très (très!) ouvert à tout ce qui va se présenter. C'est souvent pas ce qui était prévu au départ.

Nous nous sommes intéressés à des aspects d'abord motivés par l'application, car on voulait faire des transistors avec. Un transistor c'est une boîte sur laquelle il faut mettre de la tension pour obtenir du courant donc il faut envoyer de la pêche. Au début on s'est lancés là-dessus avec des motivations de révolutionner la compréhension du fonctionnement d'un transistor. Pour moi il n'y a pas de limite entre la physique fondamentale et les applications. Je vénère beaucoup de physiciens et parmi cela il y a ceux qui ont inventé le transistor, et c'est vrai qu'ils ont inventé le transistor mais ils ont aussi inventé une super physique avec.

Mon axe ici était d'aller faire de la physique dans les dispositifs. Il se trouve que le graphène est une structure tellement différente qu'il faut tout revoir à zéro. Il ne fonctionne pas comme un semi-conducteur, pas comme un métal, ça a ses règles propres. On a ainsi découvert des tas de phénomènes intéressants. Quand on amène ces fermions de Dirac à des énergies relativement élevées, ils parlent à leur environnement, ils parlent aux modes de vibrations du réseau, ils parlent aux modes des matériaux que l'on met autour. Et petit à petit on a compris de mieux en mieux ce qui se passait et on est revenus à de la physique fondamentale.

On s'est rendu compte qu'on pouvait tester dans le graphène l'effet Schwinger, un mécanisme d'électrodynamique quantique. L'effet Schwinger c'est l'idée que si on a un vide et qu'on arrive à mettre un champ électrique assez fort dans ce vide, il existe un champ critique au-delà duquel de rien va naître une paire électron-positron. Il faut appliquer pour cela des champs électriques énormes, de  $10^{18}$  V m<sup>-1</sup>. Les gens essayent depuis 1931 mais sans succès.

Il se trouve que dans le graphène on a un analogue relativiste où c'est la vitesse des électrons qui est relativiste. Et un petit peu par accident et un petit peu en le cherchant, on est en train de montrer que l'on peut mettre en évidence ce mécanisme de Schwinger dans le graphène, dans des transistors justement, dans un régime très particulier qui a nécessité que l'on maîtrise tout ce qu'on a découvert depuis 2010. Maintenant on arrive à se mettre dans une situation expérimentale où on arrive à créer un accélérateur de fermions de Dirac, un peu comme au CERN mais dans un transistor. Et cet accélérateur permet de les accélérer à une vitesse tellement proche de celle de la lumière grâce à des champs électriques qu'à un moment l'accélération casse le vide et on a une pluie de paires électrons-trous. Ce ne sont pas des paires électrons-positrons mais c'est l'analogie en matière condensée que sont les paires électrons-trous. Alors on ne fabrique pas de la matière de rien, on ne fait pas apparaître des électrons et des positrons de rien, on fabrique des paires électrons-trous. Ce sont des résultats dont on est fiers et qui arrivent après 10 ans de travail de fond. On arrive maintenant à se dire que c'est un système modèle sur lequel on peut tester divers types de physique.

C'est très bien décrit par Serge Haroche qui dit que dans sa jeunesse, il était maniaque de la classification, de la précision. Il dit que la précision est importante car à un moment on atteint un niveau de contrôle de la précision des choses qu'une nouvelle physique sort. C'est un petit peu ce qui nous est arrivé : après 10 ans de travail, pas forcément ingrat bien sûr mais 10 ans de travail sur le fond, 10 ans d'apprentissage sur la manière de fabriquer des systèmes modèles, on se rend compte que l'on a maintenant sous la main un système qui simule, qui émule de l'électrodynamique quantique et un effet qui a résisté à 80 ans de recherche. Cela nous permet de tester des théories hautement non triviales et non perturbatives qui étaient cachées derrière ces prédictions et qui étaient restées un peu orphelines derrière l'absence d'expériences. Donc on ne démontre pas l'effet Schwinger QED mais on démontre que l'approche théorique qui permet de faire ces prédictions a une totale pertinence expérimentale. Voilà un exemple atypique d'aujourd'hui.

**NPR :** Vous avez reçu le Prix des trois physiciens 2020. Est-ce quelque chose d'important pour vous, qui vous a poussé à continuer ? Qu'en est-il des félicitations et encouragements venant d'autres chercheurs ?

**B.P. :** Recevoir un tel prix, cela fait énormément plaisir. Les 10 ou 15 premières années de ma carrière j'ai ramé de ce côté là. Il n'y avait pas de reconnaissance. J'étais sur un autre sujet qui a explosé avec l'apparition des matériaux supraconducteurs. Et on a vu arriver des tas de gens qui arrivaient de nulle part et qui parlaient de tout, qui avaient fabriqué un espèce de cloud qui s'auto-entretenait et qui passait à côté

de la physique et on était un peu bannis de cette affaire-là. On aurait sûrement pu être en meilleure synergie avec tout ce qui se passait mais l'équipe s'y est mal prise. J'ai souffert de ça mais je n'en suis pas mort.

Cela m'a appris une chose : autant on est maître de la qualité de ce que l'on fait, autant c'est vain de vouloir contrôler la manière dont l'extérieur le reçoit. Si c'est bien on prend, mais si c'est pas bien on laisse. La reconnaissance c'est bien, mais on ne l'a pas toujours et il faut arriver un peu à s'en détacher. Il faut arriver à avoir confiance, et se dire qu'on est dans la bonne direction, que c'est celle qui nous intéresse. Tant mieux si c'est un succès, tant pis si un autre jour ça ne va pas. Je pense que les premières années plus ingrates de ce point de vue là m'ont forgé.

J'ai eu la surprise de recevoir le prix des trois physiciens et j'en suis absolument honoré. Quand on voit qui sont les autres noms qui ont reçu ce prix, on se dit que la maison reconnaît ce qu'on a fait. Moi je crois dans cette maison qui m'a accueilli et qui m'a permis de m'exprimer. J'ai une grande gratitude pour elle et qu'à la fin elle reconnaisse que ces efforts n'étaient pas inutiles, cela me fait plaisir.

Est-ce que ça va me booster vers de nouvelles recherches ? La question s'est posée car j'ai quand même 65 ans, est-ce que je continue avec de nouveaux projets ? Il y a l'énergie qui baisse un peu avec l'âge aussi. Je vais sans doute utiliser ça, non comme un tremplin pour ma carrière mais plus comme un aboutissement.

Pour revenir à la question de la reconnaissance : évidemment on est humains et cela fait toujours plaisir. C'est déprimant de ne pas l'avoir et c'est aussi de notre propre faute, on ne fait peut-être pas ce qu'il faut. Dans la première partie de ma carrière, moi et mes collègues nous y sommes mal pris. En physique il y a l'absolu, le sujet sur lequel on travaille, et après il y a la sociologie de la physique : on n'est pas seuls. Et donc il y a des chantiers de dix ans. Une carrière de physique c'est quatre fois 10 ans. Quand on se lance dedans, il faut avoir des provisions de pêche de quoi tenir quatre fois 10 ans. Au bout de 10 ans, soit on n'a pas percé : c'était peut-être trop difficile, ou bien on a percé et c'est fait. Cette période correspond aussi à la capacité qu'a une communauté scientifique à se mobiliser. On ne travaille pas pour soi, on travaille pour être utile aux uns et aux autres.

Aux jeunes j'aimerais dire qu'il faut avoir confiance en soi, qu'il faut aller vers ses envies mais il faut bien être capable d'identifier et d'aller vers les chantiers. Il ne faut pas dédaigner d'aller vers un chantier, ce n'est pas parce qu'on est seul dans son coin qu'on est supérieur aux autres.

Je pense que c'est bien d'aller sur les chantiers quand on est jeune. Parce qu'on rencontre d'autres jeunes. On dit que c'est la mode mais la mode ce n'est pas mal parce qu'on profite de la synergie avec les autres et on travaille aussi un peu pour les autres. Il n'y a rien de plus triste que de faire un beau travail que personne ne lit jamais.

Donc la reconnaissance ça fait plaisir mais il ne faut pas être trop dépendant de ça parce qu'on n'en est pas maître. Je dirais qu'aujourd'hui j'ai trop de reconnaissance. Personne ne dit jamais ça mais ayant eu une période où il n'y en avait pas assez, je peux dire que là il y en a trop. C'est rarement la bonne valeur, c'est toujours d'un côté ou de l'autre.

**NPR :** Est-ce qu'on n'a jamais fini avec des travaux de physique ? Est-ce qu'il y a parfois un mail ou un article sur un de vos travaux passés qui vous remet dedans ?

**B.P. :** Peut-être que des gens font ça, moi je tourne volontiers une page parce que je n'ai pas la capacité intellectuelle de maintenir en vie pleins de sujets. J'ai une tendance à être monomaniacque sur les sujets.

Par exemple, depuis 10 ans, je fais partie des gens qui choisissent et sélectionnent les projets pour les demandes de financement. Une de mes qualités pour faire cela, c'est que j'ai quatre sujets et je suis une espèce de couteau suisse de ces agences d'évaluation. Mais je n'aurais pas envie de me replonger totalement dedans. Je pense qu'il faut regarder au vent. Encore une fois si on l'a fait c'est bien et ce n'est jamais fini. Mais il faut se demander quel intérêt ça a d'aller un cran plus loin ou d'aller chercher autre chose ? Et je pense que la lassitude sur un sujet, qui est valable pour le public qui s'intéresse au sujet, est aussi valable pour le chercheur. Et on a de la chance car il y a toujours de nouveaux sujets qui arrivent !

– propos recueillis par Victor Lequin et Oriane Devigne

## Crise en Ukraine et problème d'approvisionnement en Hélium

La crise internationale à l'Est de l'Europe aura sans doute plusieurs conséquences malencontreuses sur la recherche européenne. Le sujet de ce court article s'intéresse à la ressource en hélium des laboratoires de physique de la matière condensée.

Certaines équipes des laboratoires de physique à l'ENS étudient des échantillons macroscopiques à très basses températures (propriétés de l'hélium superfluide, supraconducteurs...). Par exemple, l'étude des propriétés de la matière condensée à basse énergie (ex : structure de bande des polaritons) nécessite de se débarrasser des couplages avec les vibrations du maillage cristallin, les phonons, ce qui nécessite de descendre en dessous de 10 K.

Le refroidissement à l'hélium liquide n'est pas le seul chemin vers les basses températures. Les équipes en atomes froids, par exemple au LKB, refroidissent les atomes par laser et n'ont pas spécifiquement besoin d'hélium pour fonctionner (des températures de quelques dizaines de nanokelvins

peuvent être atteintes !). Mais lorsqu'il s'agit de refroidir des échantillons macroscopiques, ou même de protéger des gaz d'atomes ultrafroids de tout rayonnement thermique, le recours à l'hélium liquide s'avère indispensable.

À l'ENS, l'hélium liquide est fourni par le service cryogénie, constitué d'Olivier Andrieu et Florent Perrin. Le précieux liquide, qui est à la température de 4 K à pression atmosphérique, est fourni à chaque équipe selon leurs besoins par bidons de 100 L. Il est ensuite transféré dans des cryostats afin de thermaliser les échantillons à quelques kelvins (des températures inférieures à 4 K peuvent être obtenues en vaporisant l'hélium liquide à l'aide de pompes). Au fur et à mesure du temps, l'hélium contenu dans le cryostat s'évapore, et le cryostat doit de nouveau être rempli. L'avantage crucial de bénéficier d'un service de cryogénie à l'ENS est que l'hélium, une fois évaporé, est récupéré, par des réseaux de tuyaux, et acheminé jusqu'à un liquéfacteur (l'hélium du Collège de France est récupéré via un (très long) tuyau, qui passe sous le Panthéon et arrive jusqu'au liquéfacteur de l'ENS !). Le liquéfacteur, comme son nom l'indique, reliquéfie l'hélium (détente de Joule-Thomson, cf. de vieux souvenirs de thermo !) et le remet à disposition des équipes. Cela permet notamment de diminuer drastiquement les coûts associés à l'utilisation de l'hélium liquide (la liquéfaction d'une litre d'hélium coûte 2 euros, alors qu'acheté dans le commerce, un litre coûterait 10 euros !).

Mais, comme toute chose, le circuit de récupération n'est pas parfait. Il existe toujours de petites pertes irrémédiables. L'hélium étant un gaz très léger, en cas de fuite ou de perte, il s'échappe vers les hautes couches de l'atmosphère et ne peut plus être récupéré. Ainsi, les réserves de l'ENS doivent constamment être renouvelées pour alimenter les expériences. Il y a donc un besoin d'un distributeur régulier d'hélium.

Nous devons donc compter sur des réserves d'hélium. Ces réserves sont malheureusement peu renouvelables et il s'agit la plupart du temps d'un co-produit du gaz naturel. L'hélium est issu naturellement de la radioactivité alpha des roches du sous-sol et le gaz est ensuite piégé dans les roches imperméables du sous-sol. La question des réserves mondiales n'est pas encore préoccupante car la quantité d'hélium accessible en 2017 était de 52 milliards de mètres cubes ce qui devrait assurer environ 200 ans de production encore. ExxonMobil et Air Liquide sont deux des principaux opérateurs extrayant l'hélium du sous-sol. Rappelons que « réserve » est le terme technique minier désignant une quantité de ressources prête à être exploitée, le terme gisement peut évoquer des quantités de ressources plus importantes mais pas forcément accessibles dans leur totalité.

Les principaux fournisseurs d'hélium dans le monde sont : le Qatar, les États-Unis, l'Algérie, l'Australie, la Russie et la Pologne. Ce petit nombre de fournisseur rend la chaîne d'approvisionnement sensible aux perturbations, et la crise ukrainienne a un impact important sur cette chaîne. En outre

la crise actuelle risque d'accentuer la volatilité du cours de l'hélium qui a déjà augmenté de plus de 250 % entre 2011 et 2016<sup>1</sup> amenant ce gaz à représenter une part grandissante des budgets des laboratoires. Toutefois, il ne s'agit pas de la première pénurie d'hélium du xxi<sup>ème</sup> siècle, en effet le Qatar a déjà arrêté momentanément sa production à deux reprises en 2006-2007 et en 2011-2013. Une autre question se pose, quand bien même de l'hélium russe serait disponible, pourrions-nous nous permettre de nous en procurer ? La question du gaz russe est sans appel pour le prix Nobel de physique Serge Haroche, qui s'est exprimé le 9 mars dans *Le Monde* : « En coupant le gaz et le pétrole russes, nous allons avoir plus froid, mais nous pourrions nous regarder en face avec moins de honte ». Ou peut-être avoir moins froid si nous renonçons également à l'hélium, sous-produit du gaz russe.

Pour conclure, l'hélium est une ressource présente dans de nombreux secteurs de pointes (des expériences de physique à très basse température, aux processus de décollage de fusée, et en passant par les ballons de baudruche). En cas de crise d'approvisionnement en hélium, qui suivra très probablement la crise internationale actuelle, ces précieuses réserves seraient prioritairement exploitées par les secteurs prioritaires (refroidissement des bobines des IRM dans le milieu médical, ou refroidissement des détecteurs dans certains portiques de sécurité), laissant malheureusement moins de latitude à nos futures recherches...

Autre article intéressant : [refletsdelaphysique.fr/articles/refdp/abs/2014/02/refdp201439p19/refdp201439p19.html](https://refletsdelaphysique.fr/articles/refdp/abs/2014/02/refdp201439p19/refdp201439p19.html)

– Guillaume de Rochefort et Lionel Djadaojee

## Normale Concours Review

Si vous êtes colleur ou prof (ou *a fortiori* préparatoire!), l'intérêt de jeter un œil aux sujets de concours ne vous échappe probablement pas. Mais même si vous êtes juste curieux, un bon sujet de concours peut être le lieu d'une vulgarisation intelligente et d'une introduction à certains sujets de recherche modernes et peut valoir le détour. Pour vous mettre en évidence les points intéressants, la NPR vous propose de petits résumés et avis sur les sujets de physique du concours XENS.

MP

**Physique** *Flexion et flambage de systèmes mécaniques*

Le titre suggère un problème assez scolaire calquant un cours de L3, mais en réalité il contourne assez bien le manque de connaissance de mécanique des milieux continus des taupins en introduisant le sujet par le modèle d'une chaîne d'aimants en interaction magnétique, donnant un sujet intéressant

mêlant un peu d'électromagnétisme et de la mécanique non triviale et confrontant les étudiants avec un certain nombre d'hypothèses et de raisonnements pas habituels en prépa.

**Physique-SI** *Propriétés et applications des semi-conducteurs*

Sujet pédagogique et certainement un peu déroutant en CPGE vu ses raisonnements de physique statistique (obligant par ailleurs d'admettre certaines relations), avec beaucoup de texte explicatif et pas tant de questions que ça dans la section la plus fondamentale du sujet. Dans les autres thèmes abordés : de l'électromagnétisme pas loin du cours, un peu de diffusion particulaire (rare apparition de la relation d'Einstein en MP, avec des parties pas sans rappeler le sujet 2014), des circuits pas faciles (à l'image des précédents physique-SI, prêtant aux MP des compétences complètement surréalistes en électricité) et un peu de thermodynamique sur la fin. Toujours tentaculaire donc, peut-être pas aussi sublime que les sujets 2019 ou 2020.

PC

**Physique A** *Flotter sous un liquide en lévitation*

Elle aura fait le tour de la sphère de la vulgarisation sur YouTube, des incursions dans certains médias généralistes, et n'aura pas manqué d'inspirer des sujets de TIPE : la vidéo de chercheurs de l'ESPCI faisant flotter une petite maquette de bateau à l'envers sous un liquide en lévitation. C'est le sujet de ce physique A, impliquant donc de la dynamique de bulles sympathique, sans surprise beaucoup d'hydrodynamique (dont une étude de stabilité) et arrivant à son résultat en quarante questions pas infaisables.

**Physique B** *Étude de l'hélium superfluide métastable*

Les mots de ce titre sembleront probablement familiers aux L3, dont les recherches d'un chargé de TD bien connu ont inspiré ce très beau sujet. Le titre ne ment pas quant au connu : d'abord un belle dose de thermodynamique, axée sur la description des états thermodynamiques (coexistence, métastabilité, pression négative) avec des raisonnements classiques (cavitation) mais plus poussés qu'à l'habitude, puis de l'interférométrie originale avec un peu de faisceaux gaussiens et une étude de la diffusion Brillouin mêlant ondes sonores et électromagnétiques. Parfait sujet à la bonne distance du cours, passionnant.

**Physique C** *Effets géométriques et topologiques en physique*

Une collection de problèmes plus ou moins classiques recouvrant une très grande partie de la physique de prépa (pendule de Foucault, polarisation dans une fibre à saut d'indice, évolution temporelle en mécanique quantique, étude basique des monopoles magnétiques, ondes dans l'atmosphère),

1. Rapport Américain sur la crise de l'hélium : [aps.org/policy/reports/popa-reports/upload/HeliumReport.pdf](https://aps.org/policy/reports/popa-reports/upload/HeliumReport.pdf)

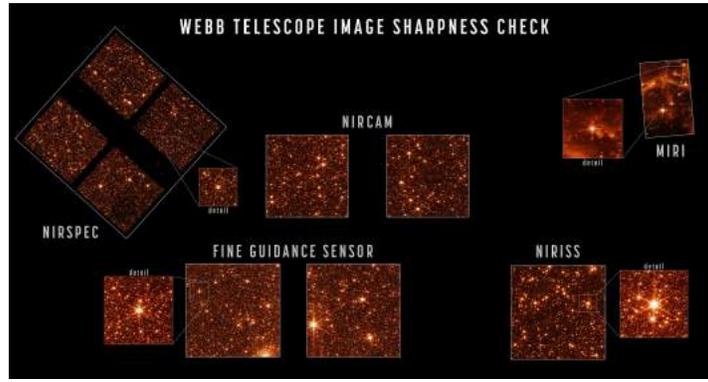


Figure 3 – Images taken with all instruments of JW telescope (Credit : NASA)

chacun accompagné de quelques questions interprétant les résultats sous un angle topologique. On pourrait regretter que le grand nombre de thèmes ne laisse pas la place à une étude plus poussée de chaque système mais en fait un certain nombre d'idées originales apparaissent tout de même (particulièrement en mécanique quantique, avec l'approximation adiabatique ou la phase de Berry, partie naturellement la plus proche du thème général du sujet, de plus le problème de mécanique des fluides n'est pas commun et très joli) et l'introduction au point de vue topologique vaut le détour. Très beau sujet, ambitieux et complet.

**Physique-Chimie – partie physique** *Étude d'un phénomène de diffusion en hydrodynamique*

Étude d'un cylindre rempli de liquide en rotation, avec une application en optique. L'étude du régime transitoire avec des considérations énergétiques et thermodynamiques rattrape un peu un sujet autrement plutôt inintéressant.

PSI

**Physique** *Étude et mesure des séismes*

Oui, on passera par toutes les étapes classiques que ce titre laisse suggérer : différents types d'ondes, réflexions, retards... Mais la majeure partie du sujet est plutôt du calcul d'équations différentielles un peu bête et méchant ; le minimum de mécanique des milieux continus nécessaire est introduit sans prérequis. Je passe sur le sismomètre mécanique et le géophone, prétextes décevants à la SI... Le modèle de formation de séisme n'est pas dénué d'intérêt mais ne rachète pas un sujet un peu bateau.

**Physique U** *Détermination de la constante de Boltzmann par spectroscopie acoustique dans un résonateur sphérique*

Après un début relevant quasiment de questions de cours pas très excitantes sur les ondes acoustiques, dont une question algorithmique sortie de nulle part, le sujet introduit

quelques problèmes thermodynamiques et électriques sur sa seconde moitié et se spécifie un peu mais reste assez scolaire. Le passage sur la détection synchrone est probablement le plus instructif et l'occasion de faire un peu de traitement du signal. Une des dernières parties présente un effet thermo-acoustique et est la seule chose un tant soit peu attirante dans le sujet.

– Victor Lequin

## A brief history of the James Webb Space Telescope

We propose here a non-exhaustive chronology of the telescope deployment procedure :

- 25 dec 2021 : successful launch with Ariane 5 rocket from Kourou (French Guinea).
- 26 dec 2021 : antenna for communication with earth deployed.
- 4 jan 2022 : sunshield fully deployed and tensioned.
- 5 jan 2022 : secondary mirror deployed.
- 8 jan 2022 : primary mirror deployed. The alignment procedure begins.
- 24 jan 2022 : JW telescope reaches Lagrange point n°2 where Earth and Sun attraction compensate.
- 13 april 2022 : end of cooling procedure of the instruments.
- 28 april 2022 : mirrors successfully aligned. NASA revealed the first sharp images of the telescope. The result are of course better than ever seen before. This is the announcement of beautiful prospects for the future of astronomy!

Checking procedure on sensors is continuing until first scientific use in August. Be amazed by the images (Figure 3)!

– Esteban Foucher

## SIR, I HAVE A QUESTION

### New problems

If you read this, there are chances you already do lots of physics in your life. But who could be tired of it? The following ten questions should last you a while, no matter your level.

- I** : How is it that one who wants to be heard far and loud would speak in a cone to achieve his goal?
- II** : A bubble lands on water. It may then bounce, burst or remain on the surface with the shape of a hemisphere. When does each possibility happen?
- III** : Could you imagine a simple model to determine the size of a cloud (depending on the weather)?
- IV** : Sometimes, during a sunset above the sea, one can observe a ray of green light. Why?
- V** : How does a stabiliser (a device on which to put a camera so that it moves smoothly) work?
- VI** : How likely is it that a photon striking one's eye on a sunny day comes directly from the sun? How many times would that happen in a lifetime?
- VII** : In the video game Superhot, time only flows when the player moves in space. Could this lead to a consistent kinematics theory? Which principles should be given up or replaced?
- VIII** : Could a (very skilled) gymnast hanging from a fixed bar with no initial velocity get on top of it if it were perfectly slippery? Would it help if the bar could bend elastically some amount?
- IX** : In a 4D world, what would be the solution to the two body problem?
- X** : Estimate the maximum velocity a fish can reach by wiggling its body properly.

## MYSTERY PHOTO

### Photo of $N_{19}$

Another physics mystery this month, regarding light sources as seen from a phone's surface. It may be instructive to try it out with different phones, and to look at the reflection of a phone in a window.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We thank all who contributed and took time to answer our questions! We also thank everyone who sent us their feedback and encouragements. And as always thank you, dear reader!



Figure 4 – Photo mystère de la  $N_{19}$

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

- **Paul Balavoine**  $\varphi_{21}$  :  
paul.balavoine@ens.pls.eu
- **Juliette Savoye**  $\varphi_{21}$  :  
juliette.savoye@ens.pls.eu
- **Victor Lequin**  $\varphi_{21}$  :  
victor.lequin@ens.pls.eu
- **Oriane Devigne**  $\varphi_{21}$  :  
oriane.devigne@ens.pls.eu
- **Esteban Foucher**  $\varphi_{20}$  :  
esteban.foucher@ens.pls.eu
- **Guillaume de Rochefort**  $\varphi_{19}$  :  
guillaume.de.rochefort@ens.pls.eu

(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!