



Normale
Physics Review

INPR

École normale
supérieure

— Fights Bohr-dom —

Résumé

Chères Physiciennes, Cher Physiciens,

Au beau milieu de vos partiels ou plutôt en pleine chasse aux aurores boréales française, nous vous invitons à prendre une bouffée d'oxygène à la lecture de ce numéro 29 de la NPR. Octobre et novembre ont été l'occasion pour la communauté scientifique mondiale et française de récompenser les chercheurs par de nombreux prix, s'informer sur les lauréats est une bonne occasion de parcourir les sujets de recherche en vogue aujourd'hui, peut-être trouverez-vous une pépite qui inspirera vos futurs projets !

Le Département de physique a reçu pour son colloquium Yiwen Chu. La NPR a eu la chance de l'interviewer sur son parcours de recherche depuis son entrée au MIT jusqu'à ses derniers travaux en électrodynamique quantique en cavité. Jeux vidéos et physique ne sont jamais très éloignés, mais qu'en est-il des gamers et des physiciens ? Nous vous proposons une analyse inédite de l'un des streams de rentrée du Joueur du Grenier, en collaboration avec des chercheurs du CNES sur le jeu Kerbal Space Program ! Enfin, pour votre prochaine lecture de biophysique, vous redécouvrirez le biomimétisme à travers l'excellent carnet de voyage scientifique du physicien Serge Berthier, professeur émérite de l'université de Paris, chercheur à l'Institut des nanosciences de Paris, spécialiste des nanostructures pour la manipulations de la lumière. La rédaction vous présentera son livre *Eveil du Morpho*, sur les traces du mythique papillon d'Amazonie. Nous vous souhaitons une très bonne lecture !

Guillaume de Rochefort pour l'équipe de rédaction

SOMMAIRE

Physicist's life	2
Yiwen Chu : cavity QED and big quantum objects	2
CNES JDG KSP : quelques acronymes au service de la communication scientifique	4
Alors on DENS	4
Normale Book Review	5
Calendrier	5
Sir, I have a question	6
Mystery photo	7
Solution of N ₂₈	7
Photo of N ₂₉	7
Acknowledgements	



normalephysicsreview.
netlify.app



facebook.com/
NormalePhysicsReview

PHYSICIST'S LIFE

Yiwen Chu : cavity QED and big quantum objects

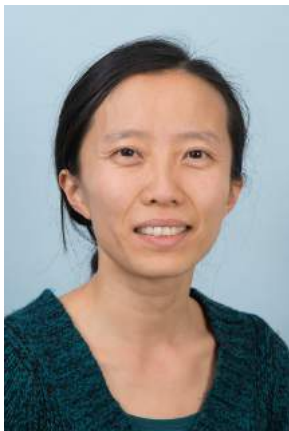


Figure 1 – Yiwen Chu

NPR : *What was your path through research? What studies did you do, and how you did you get to the position you have now?*

Yiwen Chu : I did my undergrad studies at MIT. When I started I knew I wanted to do experimental physics. But I didn't know in what field. So it took me a while to find my interests. I actually did a research project in astrophysics, then condensed matter physics, and then high energy particle physics. Finally for my senior thesis, I arrived at quantum science. And I liked it! I was in an atomic physics lab where everything we did, our experiments, was like in a room! I could go and touch everything, unlike a particle accelerator or something that feels a little bit remote. Also it is very interesting physics and I felt like it was fine for me, in terms of day to day work, I felt the right fit.

NPR : *Now you work in optical quantum mechanics, as you say, the cavity QED. What are precisely your research topics and what are their applications?*

Y.C. : We really focus on using mechanical quantum systems and looking at their properties. Because this is still sort of a new field. People have been looking at atoms or photons, but working with these, solid state objects is pretty new in quantum mechanics. There's interesting applications, people talk about using them as components in a quantum computer, both for storing, processing information, and transferring information between different types of quantum systems. This is, I think one of the most interesting applications because probably just like in a classical computer, you're gonna need

different types of objects to do different things in, for instance, a quantum network, a communication or a computing system. Just like you have electrical circuits for processing and optical photons for communications. So you need some way of making them all talk to each other. But you can think of it even more generally as just detectors of the validity of quantum mechanics in a completely different regime, in the case where you have a large mass, systems made up of many atoms. Just being able to create quantum states and see that they are coherent and live for some extended period of time, that's sort of unknown. At what point does that break down? At some point, in the classical world, that stops working. But why? There's some really fundamental questions that we can answer.

NPR : *So, more in a theoretical point of view it can also help theoreticians to better understand decoherence.*

Y.C. : Yes, exactly. And there are theoretical ideas that extend quantum mechanics. They say that once an object is delocalized by a certain lane scale there's just some mechanism that collapses its wave function. Which would then explain why there are no cats in quantum superpositions. But there's no experimental evidence for that. And if you want to check if that's the case, then you have to make more and more massive objects in larger and larger superpositions and see what happens.

NPR : *During your career, what's the achievement or breakthrough you're the most proud of?*

Y.C. : The experiment that got me into this field. I was doing a postdoc, at Yale in a super connecting circuits group, the group of Robert Schoelkopf, where they work with circuit QED and superconducting circuits. So I went there and originally I was like, "okay, I'm gonna learn about superconducting circuits cause that's not what I did during my PhD." But then while I was there, I talked to another group who works on optomechanics. We just started talking, and we were like, "okay, what if we combine these things together? What if we couple the superconducting circuits for these mechanical resonators? What can we do with that?" I felt like taking a little leap away from the familiar and saying : "Okay, let's try this new thing." It was a very nice collaboration! So I would say that's something that I was very happy to have been a part of.

NPR : *Very nice! What's probably your best memory of research, even if it's maybe this one too?*

Y.C. : Yes, I guess it's related to this. I remember, I was in the lab and it was just like seeing the signal for the first time. We sort of made this device and it should work and then we measured it for the first time. I was measuring my qbit and I saw that it had this anti crossing, which means that it was coupled strongly to the mechanical mode. I was like : "Okay, it works." That was really exciting.

NPR : *Typically what is the mean time it takes to build such a project and for it to produce results ?*

Y.C. : There's a lot of stuff in the background that needs to work out. I sort of just went through this experience. Really starting with an empty lab. Building up all of that, even before coming to the part where you make the actual devices. You have to install the equipment. You have to prepare everything in the lab for that. And then you have to figure out all of the fabrication of the device, so really a lot of groundwork that had to be laid before you get to the point where you're talking about actually doing any physics. Our first device, like full device incorporating all the different parts, I would say it took probably two years or so. It was how long it took to build everything.

NPR : *What's your favorite equation in physics ?*

Y.C. : I think the obvious answer Schrodinger equation, but actually we don't really... You know, I work in quantum mechanics, so that's the obvious answer. So yes, I think maybe that's the obvious one.

NPR : *How would the ideal laboratory work, in your opinion, whether it would be, financial aspects, or administration, or just what research it should do ?*

Y.C. : There are so many parts to think of. If I figure out the things that I actively try to make sure when I was setting up my lab.

I think one aspect that is not often considered are the practical things and working environment. Like making sure that there's a nice space for people to work. That the administrative parts run smoothly which is mostly stuff that I take care

of. But then the part that involves people that's in some sense, usually also the most complex part of it. Making sure that people would work well together. And so I think, establishing that atmosphere in the lab where people are helping each other and collaborating and so on is important. And of course you get people of all different personalities so sometimes it can be a challenge! But I think that really important to me because also it's kind of the nature of our research. We work on these hybrid quantum systems. So, there's all these different ideas that have to come together and different techniques. So it's really important that people are comfortable talking to each other and collaborating. I think that's a challenging part, but I think also it's one of the most important parts that I try to pay attention to.

NPR : *To finish, the last question we have is : do you have any advice for students ?*

Y.C. : I think on that level I would like to say that, especially when I was starting my undergrads, I was like, "Wow, there are so many people around me who are all really smart and good at physics." And there were a lot of people who were much better at classes than I was. They did homeworks in an hour that would take me a day and to some point I thought they should be physicists. But then over time I realized that, what you do in your undergrad when you take classes, that's a very small part of being a researcher, and it took some time also, then to adapt to the mindset of doing research. There are so many other skills that are not covered in a class. Also, getting used to this idea that you might be very good at solving problems on paper but then there's this transition to research where you're presented with problems that don't have answers. And sometimes you don't even know what the problem is! To some extent, if you're really good at solving problems in classes, maybe that's even more frustrating. So I would say if you feel like "I don't get great grades and other people are doing so much better than me", in the end, there's so many other things that matter. Keep that in mind.

NPR : *Thanks to have accepted to do this interview.*

– Lukas Péron and Jonathan Billet

CNES JDG KSP : quelques acronymes au service de la communication scientifique

Le jeudi 21 septembre, le CNES, Centre National d'Études Spatiales, s'associait au streamer Joueur du Grenier (JDG pour faire court) pour une soirée entre communication scientifique et expérience vidéoludique, sur le jeu Kerbal Space Program 2 (KSP2), simulateur (à peu près réaliste) de programme spatial. JDG est connu pour ses critiques humoristiques de jeux datés et douteux (rétro et pourris dans ses propres mots), mais il porte aussi un intérêt notable à l'espace, entre autre à travers ses vidéos "Kerbal sans tuto" où il incarnait le responsable du centre spatial (fictif) Toulouse-Matabiau, et cherchait à avancer son programme spatial sans aucun tutoriel. Cette soirée lançait le défi K'Listo, qui consistait à créer un lanceur réutilisable sur KSP ou KSP2, ce qui correspond à un objectif actuel du CNES, en collaboration avec la DLR allemande et la JAXA japonaise.

Pendant cette séance d'environ 3h, JDG était accompagné de Simon Tardivel et Benjamin Gosselin, ingénieurs du CNES. Benjamin Gosselin travaille sur la destruction de composants, afin de s'assurer qu'aucun bout de fusée n'arrive sur Terre. Simon Tardivel travaille sur un rover à envoyer sur

Phobos, en partenariat avec la DLR (agence allemande) et la JAXA (agence japonaise). Les jeux KSP et KSP2 semblent jouir d'une certaine popularité parmi les membres du CNES (et plus largement à l'ESA). Les ingénieurs ont répondu à diverses questions sur le CNES et l'ingénierie spatiale en général, notamment sur comment se servir de la conservation du moment cinétique pour faire tourner des satellites, à quoi servent les ailerons sur les fusées, les projets spatiaux les plus atypiques, mais aussi des petites blagues sur la terminologie des joueurs de KSP par rapport à celle des physiciens : "L'effet saucisse, ah oui. Chez nous ça s'appelle des modes propres. Différentes agences, différents jargons..." On aura également droit à des blagues plus risquées, se moquant notamment des théories du complot.

Cette soirée s'inscrit dans un rapprochement de plus en plus fort entre les communautés du web et les agences spatiales et scientifiques. On peut citer comme exemple précédent le lancement de Kerbal Space Program 2, au centre ESTEC de l'ESA, aux Pays-Bas, où JDG était déjà présent, aux côtés d'Hugo Lisoir, qui présente sur internet l'actualité spatiale, et de vulgarisateurs scientifiques venus des divers états membres de l'ESA.

– Kenan Scavennec

ALORS ON DENS

Le cours que nous vous recommandons ce mois-ci est celui de *Theoretical Neurosciences*, organisé conjointement par le département de biologie et celui d'études cognitives (pour ne pas dire le département de physique : un des organisateurs en est un membre éminent, Vincent Hakim). Le cours est assez complet et, faisant intervenir différents théoriciens et expérimentateurs, suit une montée d'échelle progressive dans le cerveau – commençant avec des modèles simples de neurones uniques, il propose par la suite des études statistiques de réseaux de neurones à grand renfort de théories de champ moyen, accompagnées de descriptions de quelques systèmes neuronaux complexes comme celui de la vision. Que les physicien-ne-s tiennent bon pendant les quelques premiers

cours, ils sont intéressants mais ne font pas l'erreur de penser que tout le monde est à l'aise avec un circuit RC et sont donc un peu fastidieux pour le taupin matheux typique pour qui une équation du premier ordre a livré tous ses secrets il y a bien longtemps. Au niveau maths, quelques uns des cours suivants sont assez techniques et sauront combler ceux avides de défi, avec des manipulations de systèmes non linéaires ou l'introduction de quelques notions liées au bruit et aux processus stochastiques. Si la variété de ce cours rend son programme chargé et son rythme intense, c'est aussi elle qui en constitue l'intérêt. Cours franchement imbattable si vous voulez prétendre à vos amis sceptiques que les neurosciences, c'est de la physique.

– Victor Lequin

NORMALE BOOK REVIEW

Alors que l'hiver pointe le bout de son nez, accompagné de temps gris, quoi de mieux que de s'évader à l'autre bout du monde tout en restant sous la couette? Pour cela, la rédaction vous recommande *L'Éveil du Morpho*. Dans ce carnet de voyage scientifique, le physicien Serge Berthier nous emmène dans une expédition au cœur de l'Amazonie, source d'inspiration inépuisable pour le biomimétisme.

Si le Morpho fait beaucoup de parler de lui, avec ses ailes bleues chatoyantes dont la couleur ne vient pas d'un pigment mais d'une microstructure extraordinaire, de nombreuses espèces d'insectes et autres petits animaux sont aussi des bijoux de technologie.

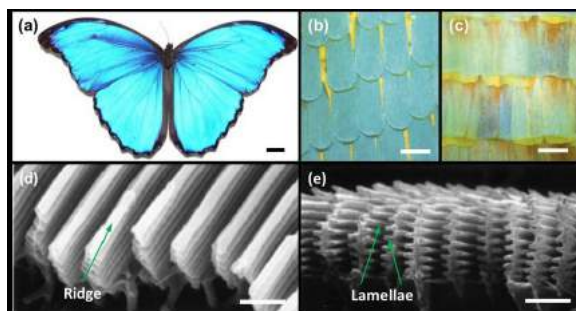


Figure 2 – Structure des ailes du papillon Morpho à différentes échelles. Source : Butt, Haider, et al. "Morpho Butterflies : Morpho Butterfly-Inspired Nanostructures (Advanced Optical Materials 4/2016)." *Advanced Optical Materials* 4.4 (2016) : 489-489.

Mais cette technologie n'est pas comme les autres ; elle est même très éloignée de nos appareils high-tech qui fourmillent de semi-conducteurs et autres matériaux rares. La nature, au prix d'un peu de désordre, est très économe : elle n'utilise que des éléments abondants, à savoir carbone, hydrogène, oxygène, azote, ainsi que phosphore et soufre dans une moindre mesure. C'est ce qu'on appelle la technologie CHONSP.

Ainsi, ce retour à la nature suscite un émerveillement nécessaire pour la biodiversité. Saviez-vous que l'on pouvait créer des miroirs sans utiliser de métaux ? C'est le principe du miroir de Bragg ; une superposition de surfaces planes

transparentes, chacune avec un indice de réfraction différent, afin de réfléchir la quasi-totalité de la lumière incidente. Les araignées-miroirs n'ont pas attendu la découverte du scientifique pour utiliser ce système de camouflage ingénieux, en utilisant seulement de la guanine (l'un des nucléotides constituant l'ADN)!



Figure 3 – *Thwaitesia Argentiopunctata*. Les miroirs peuvent se rétracter ou se dilater en fonction de l'activité de l'araignée ou du moment de la journée. (Source : *Futura-Sciences.com*)

Et ce n'est qu'un exemple parmi tous ceux présentés par l'auteur, le tout avec des explications claires et de splendides illustrations. Si l'envie vous prend de parcourir ce livre - remarquablement dépayçant pour un livre de physique - vous pourrez profiter de sa conclusion intéressante.

Car ce livre est avant tout un manifeste pour le biomimétisme ; un plaidoyer pour un changement de paradigme de notre approche de l'innovation et de la technologie. Comme l'écrit si bien Serge Berthier :

« Le biomimétisme, c'est agir par, avec et pour le vivant. Quelle leçon nous enseigne l'observation de la nature ? Que la recherche ultime est celle de l'économie. [...] Par ailleurs, les structures naturelles sont toujours multifonctionnelles, ce qui participe également à son économie. Et, paradoxalement, celle-ci a un prix : la complexité, et son corollaire, le désordre. C'est pratiquement l'inverse exact de nos stratégies humaines. »

– Juliette Savoye

CALENDRIER

Le calendrier est parsemé de liens URL pour vous aider à en savoir plus sur les sujets d'actualité.

- 2 novembre 2023 : Sommet de chefs d'État sur la sécurité de l'IA générative. Les 28 États/Organisations rassemblés avaient signé auparavant un texte politique à Bletchley sur les risques reconnus de l'IA. Les États-Unis ont annoncé la création d'une Agence de régulation de l'IA

qui dépendra du célèbre National Institute for Standards and Technology (NIST). L'agence française homologue, le Laboratoire National d'Essais et de métrologie (LNE) est également en train de travailler sur des standards pour IA générative.

- 5 novembre 2023 : Cette semaine vous avez peut-être été témoin d'une aurore boréale française. Ce phénomène peu fréquent sous nos latitudes a été provoqué par une violente éruption solaire le weekend dernier.

- 6 novembre 2023 : Soirée de remise de la Médaille de la médiation scientifique remise par le PDG du CNRS Antoine Petit. Lien du communiqué de presse de la liste des lauréats.
- 7 novembre : Réunion informelle des ministres en charge des questions spatiales de l'UE : accord Ariane 6. Lien des résultats de la réunion sur la page de la Présidence espagnole du Conseil de l'UE.
- 21 novembre 2023 : Seconde cérémonie de remise des prix de l'Académie des Sciences. Plus de 90 prix auront été remis, félicitations d'avance aux lauréats! Découvrez les chercheurs récompensés sur le lien vers le palmares 2023.

Recommandations de médias scientifiques : La NPR a son homonyme américain, les podcasts du programme radio ShortWaves proposent tous les deux jours l'interview d'un scientifique américain. Pourquoi en écouter quelques uns? Tout d'abord, c'est une excellente façon de travailler votre compréhension orale pour le Cambridge Advanced English (CAE), obligatoire pour la validation du parcours au Département de Physique. Ensuite, c'est un très bon moyen de s'exercer à la vulgarisation scientifique avec des sources d'inspiration variées. D'ailleurs, avez-vous lu notre entretien avec Julien Bobroff au numéro N28?

Contact pour partager des dates à ne pas manquer en physique pour 2023-2024 : guillaume.de.rochefort@ens.psl.eu

SIR, I HAVE A QUESTION

New problems

De tout temps, l'Homme s'est posé des questions. Let us continue that trend with ten more :

- I :** In an electrical circuit comprising only resistors, a current I is injected at node A and goes out at node B. Show (mathematically!) that the power dissipated in the circuit is the same as that in the equivalent resistor, $R_{eq}I^2$.
- II :** Carbon black can be synthesised with high temperature-heated methane, achievable with a hydrogen plasma. How would you optimize heat transfer using plasma physics?
- III :** How many vertices do you need in a mesh representing physical space to make an accurate numerical simulation of a flow with a given Reynold's number?
- IV :** What is the uncertainty (in meters) of measuring the Mont-Blanc with an atomic clock?
- V :** What would be the minimal magnetic field required in

order to magnetize a human being? Which main effects on health would you expect?

- VI :** Write a minimal model describing the evolution of a baby's name popularity in time. Can you fit it to real data?
- VII :** You throw a fridge magnet on the fridge. From what speed of impact will it fall instead of sticking? An experimental study to confirm your model is most welcome.
- VIII :** How can a reversible interaction between two point particles lead to irreversible-like behaviour provided the right scale separation?
- IX :** To model the deformation of a planet under its rotation, physicists used to model it as a rotating fluid. What features distinguish the action of gravity of the planet on itself and the surface tension in the fluid model?
- X :** On a social network like Facebook, how does the number of moderators needed to stifle the propagation of an information scale with the various parameters of the network? Consider how dense the friend graph is, how active people are on the network, how late the moderators were to intervene...

MYSTERY PHOTO

Solution of N_{28}

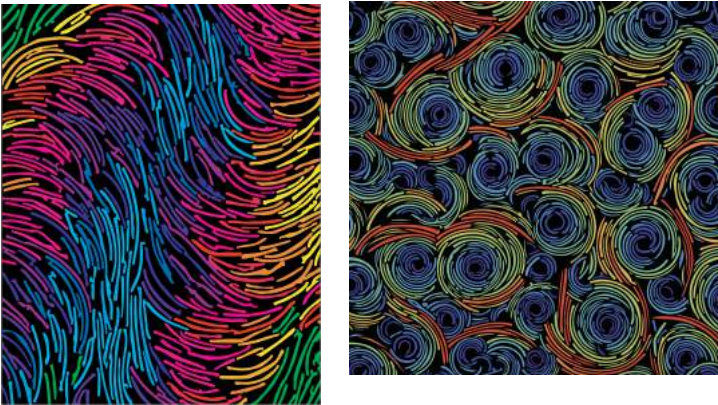


Figure 4 – Photos of N_{28}

These amazing banana pictures were taken by Carla Fernández-Rico, a postdoctoral researcher at ETH Zürich, in the Complex Materials Group & the Laboratory of Soft and Living Materials.

Picture on the left : Confocal microscopy image of a suspension of banana-shaped colloids forming a wavy nematic phase. The particles are coloured according to the orientation of the particles' long axis. See reference [here](#), or more general one [here](#).

Picture on the right : Confocal microscopy image of a suspension of polydisperse banana-shaped colloids forming fascinating concentric assemblies. The particles are coloured according to the radius of curvature of the particles. We find that the highly curved ones sit at the centre of these vortices and the least curved ones on the outside. See reference [here](#), or more general [here](#).

Photo of N_{29}

Here is an ice cube, only made of water, sticking to a magnet – how is this possible?

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Yiwen Chu for her time, Carla Fernández-Rico for her mystery photos and everyone who supported us, in particular you, our loyal reader!

We need you! If you would like to contribute, submit questions or provide feedback, please contact us :



Figure 5 – Mystery photo of N_{29}

- **Aymane Legssyer** φ_{22} :
aymane.legssyer@ens.psl.eu
- **Lukas Péron** φ_{22} :
lukas.peron@ens.psl.eu
- **Juliette Savoye** φ_{21} :
juliette.savoye@ens.psl.eu
- **Victor Lequin** φ_{21} :
victor.lequin@ens.psl.eu
- **Oriane Devigne** φ_{21} :
oriane.devigne@ens.psl.eu
- **Esteban Foucher** φ_{20} :
esteban.foucher@ens.psl.eu
- **Guillaume de Rochefort** φ_{19} :
guillaume.de.rochefort@ens.psl.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!