



1st of December 2020

## Édito N<sub>2</sub> : La newsletter physicienne pour Normaliens confinés

*Chers physiciens, chères physiciennes, nous avons le plaisir de vous présenter la deuxième édition de ce superbe projet qu'est la Normale Physics Review. Et pour cette deuxième édition, j'aimerais vous inviter à chercher avec moi un mot, des mots, pour décrire cette initiative, et réfléchir à ce que cela signifie d'être une communauté, que d'être physicien.ne, justement !*

*Des mots, j'en cherche depuis quelques jours pour pouvoir écrire un éditorial digne de ce nom, j'en cherche autant que je cherche de l'inspiration, pour pouvoir introduire à sa juste valeur le travail de toutes ces personnes qui ont participé à ce deuxième volume. Mais ce soir, j'ai voulu réfléchir à un mot, clair, concis et unique, pour qualifier ce travail, et chaque mot que je trouve résonne avec moi, mes idées et mon projet personnel. Ainsi, je vous invite à participer avec moi à cet exercice, et à m'aider à trouver les mots.*

*Ingéniosité, inventivité, audace, curiosité... Ce sont des mots qui tous ont leur sens, leur logique et leurs faiblesses. Mais, ce soir, c'est le mot de partage sur lequel je veux attirer votre attention. Car, c'est bien de partage, d'empathie, et d'altruisme dont nous avons besoin en ces temps difficiles, où l'associatif se meurt, et où la solitude et l'isolement grandit. C'est d'altruisme dont on fait preuve les auteures, les rédactrices, les éditeuses, les volontaires, quand ils ont donné de leur temps pour nous écrire.*

*Alors, un grand merci à toutes ces physiciens, physiciennes, qui éclaireront notre journée de réflexions justes et pertinentes, et un grand merci à vous, lectrices, pour votre soutien. Je vous souhaite une bonne lecture : profitez bien de ces mots ! (R.Piednoir)*

### CHRONIC

### [CLASS' LIFE]

#### Schrödinger's revue

Thanks to researchers, students and all who give us their support. Thanks to everyone who send us their reactions, comments and advises. Thanks you. The first edition was a great experience and all your feedback bring us motivation and will to continue and offer you this second edition! We want today to precise a point that many notice. In the first edition we indeed chose to write the newsletter in French, mainly for the sake of simplicity. We are a finite number of massive particles who faced an high potential barrier to write all the revue in English : some articles from researchers and students need us too much time to be translated without losing the shallow meaning of some points. Nonetheless it's effectively unfortunate that no-French speakers feel exclude by the content presented... Our primal aim is to have a inclusive expression space for students of the Physics Department! So we accept the challenge to offer you a newsletter in an intermediate format : English and French. Feel free to send us articles in the language you want -English or French-! And we try to get the maximum topics in English, especially the "Questions" topic. (L.Brivady)

#### Un mot sur la préparation à l'agrégation

N'oubliez pas l'existence de l'année de préparation à l'agrégation de physique, que l'on peut suivre entre le M1 et le M2 recherche, ou après le Master<sup>1</sup>. Outre les avantages pragmatiques liés à la réussite du concours de l'agrégation (ligne en plus sur le CV, début de carrière en tant qu'EC avec un échelon plus élevé, accessions aux postes d'AGPR pour thèses et doctorats...), la préparation à l'agrégation offre l'occasion de consacrer une année entière à l'approfondissement des bases de la physique. Avec les nombreux TP enseignés pendant cette année, on en ressort avec une culture et un recul sur la physique qui ne fait de mal ni à un futur enseignant, ni à un futur chercheur. C'est une année humainement et intellectuellement très enrichissante (comme le serait une année de CPGE, mais avec l'emphase sur la matière qu'a priori vous préférez : la physique (et un petit peu de chimie aussi)). (M.Caelen)<sup>2</sup>

1. L'année de prépa à l'agrégation valide également un M2, mais ce n'est pas un M2 recherche, il sert juste à l'obtention de l'agreg en cas de réussite du concours.

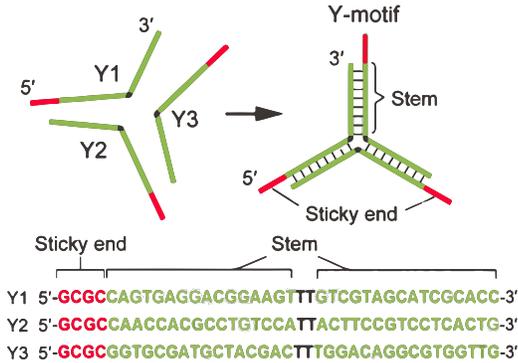
2. Contact : martin.caelen@ens.fr for more information

## [PHYSICISTS' LIFE]

## I. INTERNSHIP AT UNIVERSITY OF TOKYO

**The lab :** The Fujii lab, where physicists research hand in hand with chemists and biologists on state-of-the-art nanotechnologies, welcomed me for six months during my M1-internship. As there is also a CNRS lab inside the faculty, they are used to working with French people, so it was a great opportunity for my first internship in a foreign country. They specialize in microfluidics, DNA-technologies and microelectromechanical systems (MEMS) techniques.

**Life in Tokyo :** I hope you can experience it by yourself someday! It is a very safe place for foreigners to live, discover an amazing culture where you can bump into a temple in the middle of sky-scrappers, and enjoy the incredible nightlife. As a teaser, it is not in every lab that you can sing in a karaoke as an after-work, or relax in a hot-spring after skiing all day with your coworkers for the snow festival.



**Figure 1** – Schematics and sequences of Y-DNA nanostars that can create a three-dimensionnal network called DNA hydrogel.

**Abstract :** DNA nanostars (*cf.* Figure 1) are nanoscale, star-shaped, double-stranded patterns with programmable number and length of branches. By putting a short single-stranded DNA sequence at the tip of some or all branches, called sticky end, one can combine several nanostars to create a cluster. When clusters are thermodynamically stable, their growth ends up into the formation of a DNA hydrogel. This gelation depends on several parameters such as proportion of sticky ends and temperature, and is characterized by a sharp percolation. (G.Mariette)<sup>3</sup>

## II. IL N'EST JAMAIS TROP TARD POUR LA PHYSIQUE

Vous êtes-vous déjà dit que vous arriviez trop tard pour faire de la grande physique ?

La physique fondamentale a fait des bonds de géant au XXe siècle, entre le développement de la théorie de la relativité générale et de la théorie quantique des champs. Einstein a révolutionné la physique, et il ne nous resterait, à nous physiciens modernes, plus qu'à faire une dernière mise en forme.

La « théorie du tout » serait l'apogée de la physique. On peut néanmoins légitimement se poser la question : peut-on même construire une théorie qui expliquerait tout? La physique consiste à utiliser un cadre mathématique abstrait pour rendre compte des expériences concrètes. Les physiciens construisent leurs outils mathématiques pour s'adapter aux observations. Pourquoi une construction de l'entendement humain pourrait-elle expliquer le réel? Partir d'une théorie et la complexifier permet de coller de plus en plus à l'expérience, mais elle ferme toute autre possibilité d'interprétation physique. Pour prendre un exemple concret, la mécanique newtonienne fondée sur le concept de force a permis de grandes avancées, cependant il a fallu renverser cette idée pour développer la relativité générale. Unifier les forces fondamentales (la gravité n'étant pas une force mais passons) donnerait une théorie auto-cohérente, pas nécessairement complète ou représentative de la réalité -si c'est même là le but de la physique.

Mais pas besoin de faire de la philosophie pour défendre le futur de la physique. "Rien que quelques problèmes à régler avant d'avoir tout compris" ressemble fortement à ce que pensaient les physiciens (dont Kelvin pour ne pas le nommer) au début du XXe siècle. Ces quelques problèmes ont donné naissance à la relativité d'une part et la mécanique quantique de l'autre. D'expérience donc, une théorie unifiée de la physique serait bien plus probablement un tremplin qu'une conclusion. L'image d'une conclusion de la physique par une théorie du tout n'est d'ailleurs pas d'actualité dans la recherche. Indépendamment de la relativité et de la quantique -et y compris dans ces domaines, la physique fourmille de découvertes théoriques, numériques et expérimentales dans des domaines spécialisés, par exemple à l'échelle mésoscopique (vous avez tous entendu parler du graphène...).

Il est temps de partager une expérience personnelle. Comme beaucoup d'entre vous, je m'intéresse plutôt à la physique théorique, et je n'étais pas ravie que le stage de L3 soit expérimental. Rétrospectivement, imposer un stage dans la recherche expérimentale alors que je n'aurais jamais essayé par moi-même était une idée brillante. Mon stage<sup>4</sup> consistait très grossièrement à faire chauffer de l'eau dans du sable : dans une certaine configuration, le liquide est en équilibre sur la vapeur, et la limite liquide-vapeur peut se mettre à osciller. Comparé à la physique fondamentale, le phénomène semble simple; mais après trente ans de recherche, on n'est pas encore capable de caractériser la bifurcation en

3. **Contact :** guilhem.mariette@ens.fr for more information

4. cf rubrique 'Particule libre'

jeu! La physique expérimentale peut se révéler extrêmement complexe, précisément de par son échelle intermédiaire<sup>5</sup>. On aura beau unifier les domaines de la physique fondamentale, la physique à échelle humaine nous réservera toujours de nouvelles surprises.

Donc pas d'inquiétude : tant qu'il y aura des physiciens pour se poser trop de questions, la physique nous fournira de quoi nous prendre la tête! (**L.Sarfati**)

### III. SIR, I HAVE A QUESTION

Envie de vous lancer en tant que Khôlleur à la fin du confinement? Peut-être trouverez-vous dans ces questions un problème ouvert intéressant pour vos taupins. Vous observez un phénomène étrange? Arrêtez de regarder Stranger things et envoyez-nous une question! (**G.Rochefort**)

**I** : [Scaling law][Biophysics] You are an animal of a size  $L$ . How high could you jump?;

**II** : [hydrodynamics][electromag] [https://www.dropbox.com/s/wslk6fmhrpis0rx/question\\_gdangoisse.mp4?dl=0](https://www.dropbox.com/s/wslk6fmhrpis0rx/question_gdangoisse.mp4?dl=0) What's happening in this cup of tea?;

**III** : [thermodynamics][hydro][chemistry] How would you define a flame?;

**IV** : [laser][industry] How many types of lasers do you know? Which one would you use in order to cut a thin piece of steel?;

**V** : [odg][hydrodynamique] You are at the top of a cliff. There is no wind and a huge plain stands before you. You jump with a hand-glider. How far from the cliff are you gonna touch the ground?;

**VI** : [Continuum mechanics] What is the maximal size of a *Vitruvian Man*?;

**VII** : [Mechanics] How do evolve the rolling friction of a bicycle in terms of the pressure of the tyres?;

**VIII** : [Mechanics] Describe the behavior of a gymnast on a trampoline? Is there a maximum height reachable?;

**IX** : You have just finished cooking your student dinner : a bowl of nooddles. You observe irisations at the bottom of the pan, how can you explain it?;

**X** : How could we retrieve lithium from the seas? How much Lithium is diluted in the ocean and what would be the energy cost to bring it to us?

5. Pour laquelle le formalisme mathématique ne suffit ne détermine pas simplement le résultat.



Figure 2

Merci à **G.Dangoisse, G.Rochefort, L.Brivady; B.Dhote; Ly-déric Bocquet**

About the previous questions...

#### Question 1 du $N_1$

Pour la première question du premier numéro, il fallait bien faire quelque chose! Rappelons qu'ici il s'agissait de *Mesurer la masse d'un plomb sans balance*. Pour la légende, cette question m'est venue alors que je me demandais quelle était la masse d'une allumette. Malheureusement, les balances de cuisine ne permettent pas de mesurer des masses aussi faibles. Un ingénieur (on vous voit!) aurait simplement rétorqué : "Tu en prends 100, tu les pèses et tu divises". C'est correct et, si vous vous rappelez vos cours sur les incertitudes, on obtient une incertitude raisonnable.

On peut aussi procéder sans balance (ou plus honnêtement, sans balance de précision) en utilisant un modèle de physique incroyable : l'oscillateur harmonique. Sa pulsation est donnée par  $\omega_0 = \frac{k}{m}$ , avec  $k, m$  un paramètre de raideur et  $m$  sa masse. A cet oscillateur, ajoutons une faible masse  $\delta m$ . Au premier ordre on a  $\omega \simeq \omega_0(1 - \frac{\delta m}{2 * m})$ .

Je vous propose donc de mesurer la masse de mes allumettes en utilisant le micro du téléphone! Il me faut un oscillateur mécanique vibrant à des fréquences élevées : une lame de couteau fera l'affaire. Sa masse est  $m = 102\text{g}$ . Pour cet oscillateur mécanique,  $f \approx 100\text{ Hz}$ ,  $m = 100\text{g}$ ,  $\delta m \approx m/100$ , on obtient une différence de fréquence  $\approx 1/2\text{Hz}$ . Qui semble raisonnable de mesurer avec notre téléphone. Sur cette lame sont fixées (collées à la super-glue) des allumettes (Figure 2). Avec le téléphone, je mesure le son produit par la lame lorsqu'elle vibre. Puis je repère la fréquence du signal sur la FFT. Cette manipulation est répétée pour différents nombre d'allumettes. Enfin, il reste à tracer la fréquence réduite  $f/f_0$  en fonction de  $n$  (Figure 3). On obtient effectivement une relation linéaire et le coefficient de pente est égal à  $-\delta m/(2m) = -12 * 10^{-3}$ . D'où  $\delta m = 2.5\text{g}$ . Notons que on aurait pu gagner grandement

Nombre n	Fréquence f(Hz)
0	$f_0 = 110$
4	107
8	97
11	94
14	92

Table 1 – Résultats

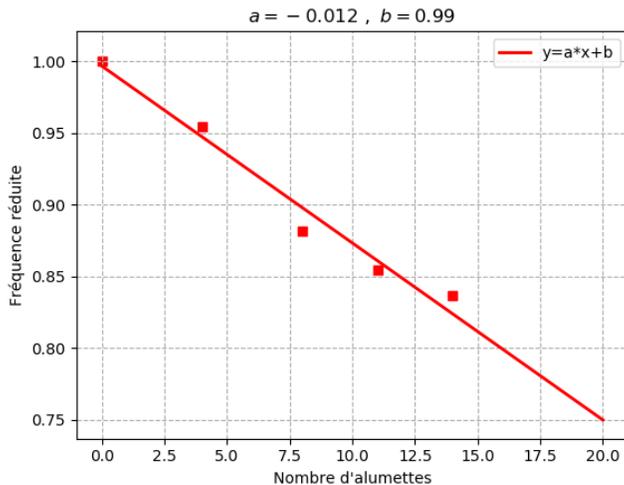


Figure 3 – Fréquence réduite en fonction du nombre d'allumette.

en précision en utilisant une lame beaucoup plus raide (par exemple, une lame de scie à métaux)!

En pesant 100 allumettes, j'ai obtenu  $\delta m = 2,32\text{g}$ . La méthode présentée ci-dessus produit donc des résultats assez satisfaisants. D'autant plus qu'elle est beaucoup plus rapide à mettre en place que compter 100 allumettes, ou qu'elle s'applique à des objets dont nous aurions peu d'échantillons!  
(L.Brivady)

#### IV. DISCUSSION

De « les cons osent tout » (Audiard)

Il y a un petit livre, facile à lire, que je vous conseille : *Ignorance, how it drives science* par Stuart Firestein. L'auteur, directeur du département de biologie à Columbia University, fait le constat qu'en général les enseignements transmis à nos étudiants sont très éloignés de ce qui fait le sel de la recherche. Les enseignements donnent l'image de domaines figés avec des réponses exhaustives et des solutions souvent techniques sur à peu près tous les sujets. Le parcours de physique à l'ENS est très impressionnant de ce point de vue : entre le début de la L3 et la fin du M2 ICFP, vous escaladez presque 200 ans

de science pour arriver jusqu'aux toutes dernières avancées de la littérature. Tout étudiant formé à l'ENS est capable de lire quasiment n'importe quel article dans n'importe quel journal scientifique du plus haut niveau. Il ou elle atteint un niveau de connaissance inimaginable. Mais ce n'est pas cette connaissance qui rend le travail de recherche si exaltant, c'est l'absence de connaissance, l'ignorance pointée par Firestein. Car dans le travail quotidien de la recherche, on travaille sur des problèmes qui n'ont pas forcément de solution et ne pas savoir est justement ce qui est intéressant. Bien sûr c'est une ignorance éclairée, comme l'explique parfaitement le livre de Firestein. Et rien non plus de très nouveau, les géants de la science ont déjà fait ce constat il y a bien longtemps, comme par exemple Maxwell qui écrit «*Thoroughly conscious ignorance is the prelude of every real advance in science*».

D'ailleurs, maîtriser cette ignorance est précisément ce que font de mieux les chercheurs : s'accommoder de ne pas savoir et se lancer dans des territoires inexplorés. Un autre géant, Bourdieu, écrit dans *Homo Academicus* «*faire sans savoir complètement ce que l'on fait, c'est se donner une chance de découvrir dans ce que l'on a fait quelque chose que l'on ne savait pas*». Dans une carrière de chercheur, plus on avance, moins on en sait, c'est cela qui est enthousiasmant (même si c'est parfois un peu angoissant quand même). Toute cette connaissance que l'on a accumulée, c'est alors une arme pour progresser : faire des connections, savoir gérer l'échec et rebondir quand on est dans un cul de sac. Quand on ne sait pas, il faut évidemment laisser parler l'imagination et savoir écouter son intuition, suivre des voies qui peuvent parfois contredire le bon sens. Ce sont des qualités très différentes de celles qui sont souvent évaluées dans l'enseignement traditionnel et il faut les développer et croire en elles.

Cela fait aussi écho à une leçon que j'ai apprise comme chercheur, c'est qu'il est essentiel de prendre des risques en science : il faut entretenir notre ignorance. Si l'on se sent confortable en recherche, c'est que quelque part on a échoué (à se renouveler, à se poser des questions, etc.). Les anglosaxons parlent justement de «*sortir de sa zone de confort*», cela résume bien l'idée. On a cette chance assez unique en France de pouvoir encore le faire, et cela est presque un devoir du métier. De façon poétique, la chanteuse Anne Sylvestre répondait dans une interview «*Là, où j'ai peur j'irai*» : on ne peut mieux dire. (Lydéric Bocquet)

## V. FREE PARTICLE

### Stage de L3 $\varphi 19$ au LPENS dans le groupe de Physique Non-Linéaire

**Titre :** Etude d'un océan flottant sur sa vapeur

« On cherche à mettre en place une réalisation expérimentale d'un océan flottant sur sa vapeur. Un milieu poreux saturé en eau chauffé par le bas et refroidi par le haut permet d'observer un liquide en équilibre sur sa vapeur. Cet équilibre présente une instabilité : l'interface liquide-vapeur oscille dans le temps. En faisant varier la puissance de chauffage ou la température de refroidissement, on observe une bifurcation<sup>6</sup> entre des régimes stationnaire et oscillant pour l'interface. J'ai cherché à caractériser ces oscillations parfois irrégulières, et la nature de la bifurcation. J'ai aussi réalisé une simulation numérique d'un modèle effectif de la situation qui donne lieu à des oscillations, mais qui est trop simplifié pour être comparé à l'expérience. »

Ce stage a été très enrichissant car il donnait lieu à différents traitements possibles (théorique, expérimental, numérique), que j'ai tous pu explorer pendant ce court mois. Et il est toujours bon de se rappeler que malgré les cours théoriques, il y a beaucoup de physique expérimentale à l'ENS ... (L.Sarfati)

#### i. Mystery photo

What is it? We are waiting for your comments and/our mysteries pictures! (see Figure 4)

#### ACKNOWLEDGEMENTS

We thank our contributors for their fantastic articles and questions. We also thank everyone who send us their feedback and encouragements. And thank you dear reader!

#### We need you!

If you would like to contribute or support us, don't hesitate to contact us :

- **Basile Dhote**  $\varphi 19$  :  
basile.dhote@ens.fr
- **Ludovic Brivady**  $\varphi 19$  :  
ludovic.brivady@ens.fr
- **Guillaume de Rochefort**  $\varphi 19$  :  
guillaume.de.rochefort@ens.fr

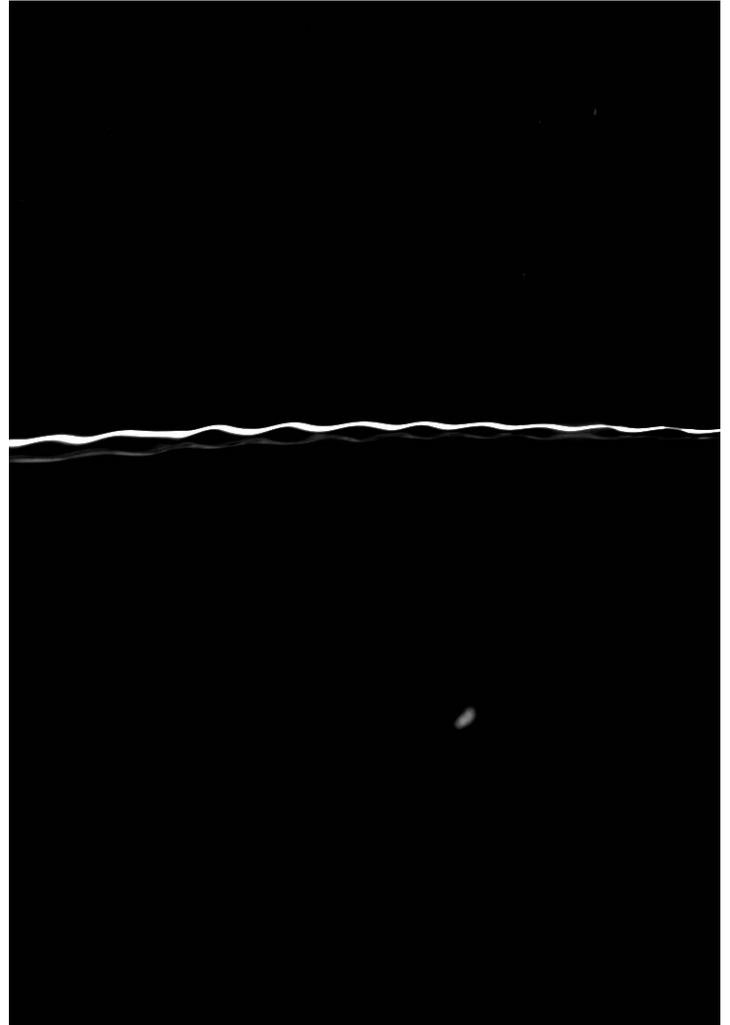


Figure 4

<sup>6</sup>. Une bifurcation est un changement de comportement d'un système lorsqu'on fait varier un paramètre.