

Fights Bohr-dom

9th of February 2021

Édito N₅: La newsletter physicienne pour Normaliens confinés

Chères physiciennes, chers physiciens et Chaire Thales (le dernier est de trop je crois, à vous de juger dans quelle mesure), j'ai l'ineffable honneur de vous présenter la cinquième édition d'un projet grandiose, un projet qui porte depuis quelques temps nos regards si loin, qu'on se croirait jucher sur les épaules de Newton lui même. Mais nom d'un Bosen ! Vous connaissez déjà son nom, non moins de douze semaines qu'il raisonne en vous, c'est le moment tant attendu, de la Normal Physics Review ! Et Axion !

Une toute petite chose avant de vous laisser filer, vous, lecteurs assoiffés, dont l'intérêt ne peut faillir, pulsion cherchant à s'assouvir, une pressante soif d'actualité, de calembours alambiqués, les yeux glissant, voguant, plongeant, en ce papier numérisé; Qu'importe ce que nous réserve demain, sachez que le meilleur est à venir, on peut débattre tant qu'on veut du monde tel qu'il nous est montré, et tel qu'il est hors-Seine (car oui Paris est bien petite face à l'univers observable). Mais n'oubliez jamais ça, la vie, c'est comme la physique : pas d'action, pas de dynamique, pas de mouvement. Et Action ! (Bons baisers d'Utrecht à toutes et à tous) (F.Giavassisi)

New State of Matter

THE first term is now fully done since some M1 exam took place two Thursdays ago. Students are starting a new chapter in their university program : new semester and new courses for FIP Students, the long-awaited internship for M1 ones and the last page before graduation and/or the thesis for M2 students! Your newsletter experiences also a revolution. Last time, we presented you how the redaction team evolved to become a 5 heads identity. Today, we are glad to show you how much the new members are involved in the review! Kudos to them! (L.Brivady)

[ANNOUNCEMENTS]

- M1 internships are beginning. We hope you will soon get our first M1 postcard. **You are from M1? Here is the first topic of our postcard : where is your Lab? What's its name?**
- Did you notice that Thursday 11th of February is the *Women and Girls in Science Day*?
- If you are interested by the **aggregation cursus**, check your emails and save the date : a meeting is scheduled next week on Tuesday 16th of February.

[CLASS' LIFE]

ON IMPROVING OUR YOUNG PHYSICISTS EXPERIENCE

In addition to the feedbacks our teachers have already requested, let us share once more the link for the survey on

the M1's outlook on physics, research and its role in society. (sociology/history/philosophy of science, scientific publication, popularisation, climate change, etc...) Your opinion is especially required as **it is not a question of complaining**, but rather of gathering as much opinions as possible from the students in order to **have a better vision of what could be improved in this syllabus**, so that a constructive and informed discussion can be initiated with the teachers if both possible and necessary (it may be an opportunity to shed lights on lectures or colloquium in other departments). It also might raise new questions and new topics to discuss together.

- for M1 students : <https://forms.gle/LZedot2vWQ6wcVpZ9>
- for M2 students : <https://forms.gle/YTpgpMD2sVCxdR7y9>

Two different links were shared in order to separate the variables (studies in corona-time or not, especially), but of course each answer will be taken into account. (J.Renaud)

[PHYSICISTS' LIFE]

UN LABO ET UNE THÈSE : LIONEL DJADAOJEE ϕ 15

Il a l'habitude de commencer son TD de mécanique analytique par l'apologie du *Landau and Lifshitz*. Lionel Djadaojee, qu'on ne présente plus, a accepté de nous montrer son laboratoire... C'est en L171 au LKB qu'il étudie les propriétés de l'hélium superfluide à pression négative. Mais au fait c'est quoi l'hélium superfluide? L'hélium est un élément chimique très léger et petit, qui ne possède

pas de point triple, mais une phase superfluide (un fluide quantique!) en dessous de 2 K à pression de vapeur saturante.

Il peut alors s'écouler sans viscosité... alerte! L'hélium superfluide doit être dans un récipient totalement étanche, la moindre micro fente entrainera des fuites à coup sûr! Le ménisque de l'hélium superfluide dans un récipient remontera sur ses bords jusqu'à en sortir par le haut, voici un lien vers cette vidéo étonnante : <https://urlz.fr/eS14> L'hélium superfluide possède d'autres propriétés étonnantes, les équilibres thermiques s'y font à très grande vitesse, sans convection ni conduction, mais sous forme d'ondes de chaleur!

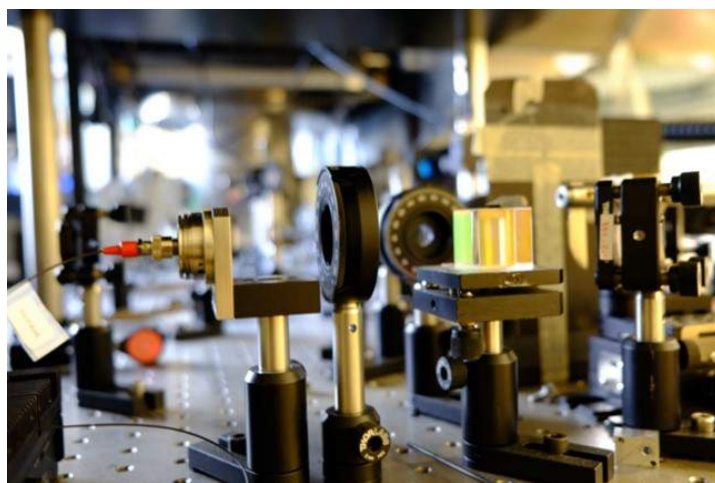


Figure 1 – Insight of Lionel's setup, picture credits : L.Chambard

i. Pression négative...

À pression négative? Quèsaco? Voici un concept peut-être étranger à certains qui mérite précision. Un système à pression négative ne repousse pas les parois qui le délimitent mais les attire. Prenons en effet l'exemple de l'équation d'état d'un fluide de Van der Waals :

$$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{an^2}{V^2}$$

Le premier terme du membre de droite, positif, est associé aux chocs entre les particules; le deuxième, négatif, est associé aux interactions attractives de Van der Waals. Si l'on diminue suffisamment la densité du liquide, les forces attractives de Van der Waals l'emportent sur les collisions entre particules, et la pression devient négative. Normalement, un liquide n'est pas stable en-dessous sa pression de vapeur saturante, et devient gaz. Il est donc encore moins stable à pression négative. Mais il peut être métastable : c'est le cas de l'hélium liquide à pression négative. C'est-à-dire qu'on peut éviter la transition liquide-gaz s'il est assez pur et qu'on ne le perturbe pas trop. Pour l'amener à pression négative, Lionel utilise un émetteur piézo-électrique y génère des ondes sonores dont les zones de basses pressions sont à pression négative.

Ces pressions négatives ne sont pas juste une curiosité de laboratoire : on les retrouve dans les arbres géants où la sève vainc la gravité et monte jusqu'en haut à des hauteurs supérieures à 10 m. L'eau y est métastable mais un stress hydrique associé à une forte évaporation et un manque d'approvisionnement en eau peut provoquer des phénomènes de cavitations (l'état métastable se déstabilise : des bulles de gaz apparaissent) qui gênent la circulation de la sève.

ii. Objectif de la thèse

L'objet de la thèse est de mesurer l'équation d'état (la courbe $P(\rho)$) de l'hélium dans son domaine métastable, et d'explorer la limite du domaine de métastabilité. Cette mesure permettrait de remettre en accord l'expérience avec la théorie. En effet, la théorie prédit une pression de cavitation de l'hélium à -7 bar tandis qu'une expérience conduite il y a quelques années semble indiquer une pression de cavitation plus haute, de -5 bar. L'origine de ce désaccord se trouve-t-elle dans la présence de vortex microscopiques au sein de l'hélium superfluide? Cela reste à découvrir. . .

L.Djadojee serait heureux d'accueillir d'autres phy20 dans son laboratoire pour en échanger un peu plus. (E.Foucher avec l'aide de L.Djadojee)

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 Star Trek et envoyez-nous une question! (**G.Rochefort**)

- I** : What is the resonance frequency of a bowl (the main one you would hear if you hit it)?;
- II** : What's the fly length of a split?;
- III** : [thermodynamics] Recipe for a nice khôlle : Come to the exam with a kettle (bouilloire), there is often a sink nearby the room. Ask the student to define its efficiency and find it with an experiment. Then enjoy a nice cup of tea!;
- IV** : What's the time span of a droplet in suspension in the air?;
- V** : [Biophysics] What is the heartbeat frequency of mammals?;
- VI** : [Mechanics] You are walking in a room, you can hear your steps on the ground. What frequencies can you hear, is there any interesting spectrum? Is it possible to determine the number of people in a room with a method based on such a result?;
- VII** : How many painting liters are needed to repaint the Eiffel tower?;
- VIII** : How many mechanical work could you reasonably deliver in one day? To supply your daily energy consumption, how many workers¹ would you need?;
- IX** : Could you score a penalty in rugby from your end zone?;
- X** : [History] What is the maximum size N of an army (number of soldiers : consider infantry) given the speed of signals' propagation c , the number of rank in the hierarchy k (one top general and then pyramidal hierarchy). One may consider other parameters for the scaling law such as the time length of the operation. One may fetch clues by plotting $N = f(c(t))$, indeed c varies with progress in telecommunication technologies².

Merci à **F.Restagno**, **E.Foucher**, **G.Rochefort**, **L.Brivady**, **R.Orageux**

1. Here *worker* is a hint to evaluate the human power without machine
 2. This question is related to the work of historians who struggle to check the size of armies in the Antiquity as the documents reports overestimated sizes

About the previous questions...

 QUESTION IV OF N_4

We would like to assess the aerodynamic damage for a cyclist wearing a beard. More precisely, we would like to estimate the drawbacks for a hour record trying. The hour record is the record for the longest distance cycled in one hour from a stationary start, in a velodrome. On June 2015, Sir Bradley Wiggins (who is the first British cyclist to have won the Tour de France), broke the hour record, completing 54.937 km in one our. However, before its try he was wearing a beard³.

Let's consider a cyclist with a $e = 1$ cm long beard. We assume that the drag power is given by $P = \frac{1}{2}\rho S C_x V^3$ where ρ , S , C_x , V are respectively the air density, the front area, the drag coefficient and the average speed.

First, we should estimate the Reynolds number, $Re = \frac{VL}{\nu} \approx \frac{15 \times 1}{10^{-6}} \approx 1 \times 10^7$. The flow is highly turbulent. Because the boundary layer scale as $\delta = L\sqrt{Re}^{-1} \approx 3.10^{-4}m \gg e$, we might expect that the presence of the beard doesn't affect the drag coefficient (namely if the correction is written as δC_x , we only get correction of the second order in $\frac{\delta C_x}{C_x}$).

The cyclist's head is a sphere of radius $r = 10$ cm. The beard consequently increases the front area with the factor $\delta S = \frac{1}{2}2\pi r e$. Hence the modified drag power is : $P' = \frac{1}{2}\rho(S + \delta S)C_x \tilde{V}^3$.

Assuming that the available energy for the displacement is the same over all trials and that the cyclist is moving at a constant speed -the average speed-, the modified speed is : $\tilde{V} = V(1 - \frac{\delta S}{3S})$ (at the first order in $\delta S/S$). Finally, taking $S = 1$ m² we get : $\tilde{V} \approx 54.764$ m.s⁻¹. The cyclist would loss around 200 m in this trial. At this speed, this represents roughly 13 extra seconds over a race of 50 km!

Here, the damage is consequent. Indeed, the gap between the differents record since 2014 is in average of 500 meters. Unfortunately, I didn't manage to found publication with measurement assessing the rider's aerodynamic shaved or unshaved. Nonetheless, some website reporting results exposed in advertising videos (see for example here) announce that the aerodynamic damage represents around 1 extra second on 40 km. A little far from our computation...

Finally, I should emphasize that in the third paragraph I made a awkward hypothesis : it's not ensured that the drag coefficient is not modified in a significant way. (**L.Brivady**)

3. Contrary to what we wrote in the last edition : he shaved for the try

QUESTION V OF N₄ :

This was a new question about scaling laws in biology. As a reminder we would like to determine which phenomenon limits the size of aquatic mammals. On another way, could we imagine aquatic mammals as small as we want?

Obviously, the answer is no, because of thermoregulation. Mammals are homeothermic animals, namely they maintain a body temperature constant. For mammals, the temperature is generally higher than their environment. The heat is produced by the metabolism (the activity of the cells), so we are expecting that it is proportional to the volume of the animal. However, it can regulate its temperature thanks to heat diffusion and the heat flux is now proportional to the animal's surface. To maintain a constant temperature, heat flux and heat production (a power) should be equal. The first scale as a characteristic length L power 3 and the second as L power 2. As the animal becomes smaller the heat diffusion predominates and the mammal should fight to keep a high temperature. On the contrary, for big mammals, the heat production is preponderant!

Let's put some transcendental equations on this. The computation is heavily inspired from [1] (see references). Assuming that the mammal is a sphere of size L (the characteristic length) at temperature T_{body} and the heat power produced is noted q_0 . The environment fluid is of heat diffusive coefficient D_T , temperature T_{fluid} and conductivity λ . In the fluid, in spherical coordinates, the heat equation for the fluid temperature $T(r)$ is :

$$\partial_t T = D_T \frac{1}{r^2} \partial_r (r^2 \partial_r T) \quad (1)$$

Because of boundary conditions ($T(r = L) = T_{\text{body}}$ and $T(r = \infty) = T_{\text{fluid}}$), we get the following expression for T :

$$T(r) = (T_{\text{body}} - T_{\text{fluid}}) \frac{L}{r} + T_{\text{fluid}} \quad (2)$$

Because the body temperature should be constant, heat power produced $q_0(L)$ and heat dissipation should be equal :

$$\begin{aligned} q_0(L) &= 4\pi\lambda r^2 (T_{\text{body}} - T_{\text{fluid}}) \frac{L}{r^2} \\ &= 4\pi\lambda (T_{\text{body}} - T_{\text{fluid}}) L \end{aligned} \quad (3)$$

In the beginning, we assumed that the heat produced scales as L^3 , consequently $q_0 = PL^3$ where P is a volumic quantity. In the previous equation, one can see for smaller animals, the volumic metabolic activity P is higher! To survive, they have for instance to eat more (in proportion) ... **(L.Brivady)**

References

[1] A. BRÈS, L.QUENTIN, *L'oral de Physique aux concours des ENS et de Polytechnique*, DUNOD

I. DISCUSSION

In this section, you are going to read personal reflections that may deliver elements for further debates about several topics. Previously we dealt with : *What's a good question?*, *About Hazards in Science*, *sur le "Syndrome de l'imposteur"*, *About Vulgarisation*. If you wish to answer any of those essays, don't hesitate. **(The Editorial Board)**

How I would teach a course

Based on several years of experience as a physics student, I present here what a "perfect" course teaching would be for me. I try to emphasise the reasons why I consider this way of teaching to be best suited for students like me. I believe this teaching guide is a perfect balance between academic teaching, working in groups, using references, solving concrete application exercises as well as more open problems, and introducing to scientific paper reading. I am aware of the fact that it might seem like a lot of work for the students but I am deeply convinced that if the students work continuously (dictated by assigned problems and lectures) during the semester, it can be a very efficient way of learning. I am also aware that it requires a lot of preparation and work from the professors but it is something to be done just once. The following is nothing more than a suggestion and you are invited to comment and criticise.

Assigned Problems My first suggestion is the implementation of assigned problems that are graded every two weeks instead of tutorial sessions. The purpose of assigned problems (or homeworks) is to force students to work continuously during the semester and not just one week before the final exam. Correcting problems as in tutorial classes is a waste of time if there is no interaction or if the students have not done the exercises beforehand (they would need to do them twice : first, to copy the correction sometimes before even having read the questions, and second, to actually try to solve and understand it). Furthermore, final exams are too stressful and disappointing for students as one rarely performs well. The final grade could be composed of assigned problems (say 60%) + final project done in 24h *or* oral exam *or* written exam (say 40%). The last point can be personalised to every student by offering the choice of examination (some students perform better in oral exams while others are more research driven, etc). Moreover, assigned problems would allow /push students to work in groups (a must for a future researcher). The assigned problems should be completed every two weeks and can be composed of

- Two short exercises of direct applications of the lecture content. It can consist of rederiving an expression, quickly applying a formula on a concrete example, etc...

- Two more open problems with given references so that it must be perfectly doable with the references. It would force the students to read textbooks (provide the pdf and make it available for everyone).
- One exercise of application to "real-life" physics in laboratories based on papers (give the reference or the ArXiv link). This last problem can be hard in order to push for collaboration and interaction among classmates.

Solutions can be written in advance and shared with the students once they have done the assigned problems.

Optional Exercises The professor is invited to provide the students with additional exercises (rather short) that they can do or not to complement the lectures and the problem sheets. It can be deriving/proving a specific result of the lecture or taken from any standard textbook (give the reference if so). My main point is that if there was a final exam for all students, students must be able to obtain an excellent grade by understanding the lectures, solving the assigned problems and solving all additional exercises (nothing more).

Lecture Notes Most of the time, it is well appreciated by the students to receive written lecture notes from the professor. The lecture notes should be the core of the course and should contain the full course material. They can be structured as follows

- References, recommended books (with short explanations including the level, difficulties, conventions, etc) and resources (other lecture notes, online videos, outreach articles, etc)
- Table of contents with one chapter corresponding to one lecture. The idea is to be clear, organised and to impose a pace of work to students.
- A summary of the important notions or expressions to remember at the end of each chapter
Do not underestimate concrete examples and the pictorial point of view (add figures and plots)

Programme The professor is invited to provide the students with a complete programme of the course at the beginning of the semester with

- Lecturer's email address so that students may contact them for any question
- The date of each lecture so that students can organise themselves and their study schedule
- The associated chapter for the lecture in the lecture notes so that students can read the content of the lecture beforehand. The idea is to break free from a system where students are unable to prepare the lecture on their own. It should be made clear to the students that the lecturer expects them to already have prepared or even read

the relevant pages of the lecture notes before the lecture. Allowing students to get familiar (look at the equations, etc.) with the course content before the lecture can save time and energy as they would need to focus on details and the exposed notions. Listening to a lecture without even knowing what it will be about is not efficient.

- Assigned problem dates

Short Lecture Notes The complete lecture notes are too dense to be fully exposed on the black board during a lecture. This is why the professor should prepare what he is going to write on the black board by balancing between what should be explained in details and what is left as a reading for students. An important thing is to present some explicit calculations during the lecture. These short lecture notes are not shared with the students and should correspond to what is written on the black board.

Additional Ideas It would be great if the professor started his lecture by spending a few minutes commenting the scientific news and giving the students some references concerning the latest papers. I believe the advantage of such a way of teaching is to make the students' life easier in the sense that all the materials and the organisation of the course are given. The students just need to work without bothering with finding interesting papers, additional exercises, etc.

The exposed method perhaps implies that the students have no need to attend lectures because all the necessary material is given. But it is a fact that at least part of the class will attend for sure (at least to copy the black board). Also, by providing the students with some scientific news, explicit standard calculations (that can be thought of as small tutorial interludes), the professor can be sure to attract interested students. Moreover, the professor might be afraid that student generation N gives the assigned problem corrections to the $N + 1$ generation so that everyone has full grade for homeworks. If it is so (which is not that likely), who wins? The students by sheepishly copying corrections or the professor by giving to students the opportunity to solve interesting problems? Also remember that assigned problems count for 60% of the full grade so, for academic purposes, students can be ranked anyway.

Because "tutorial classes" do not exist in this suggested method, the lecturer can go further/deeper in the course content as they have more time. Some may be worried that this method goes against the opportunity for PhD students to have a first teaching experience being an assisting professor. First, note that they can be involved in the elaboration of assigned problems. Secondly, one may assign a PhD student to a group of let's say three classmates to help them solve problems. This method can give more opportunities to PhD students (and so less competition to become a "chargé de

TD") and can be fruitful to students as they can really interact with them and ask more personal questions⁴.

Pourquoi ne pas essayer...? **D.Werth, M2 ICFP Theoretical Physics**

II. FREE PARTICLE

STAGE DE L3 EN TÉLÉTRAVAIL - MODÉLISATION ET ANALYSE DES OBSERVATIONS PLANCK, PRÉVISIONS POUR LA MISSION *LiteBird* - FRANÇOIS LÉVRIER

Pour trouver mon stage de L3, je m'y suis prise dès avril 2020. Le moral était assez bas du fait du confinement et du peu de perspectives sur la durée de la situation pandémique globale, mais chercher un domaine de stage et des contacts m'a redonné un peu de courage et de motivation. De plus, comme nous ne savions pas si les stages en laboratoire seraient possibles, M. Hetet nous autorisait à chercher des stages plus « théoriques », qui pouvaient se réaliser en télétravail. Comme j'ai toujours été intéressée par l'astronomie, j'ai directement contacté des chercheurs dans ce domaine, d'autant plus motivée car l'aspect expérimental initial du stage de L3 pouvait être minimisé.

J'ai eu deux propositions de stages sérieuses : d'une part une d'un chercheur de l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides, et d'autre part une du chargé de TD d'astronomie François Lévrier. Les deux stages consistaient en de l'analyse de données sous Python ou Matlab. Néanmoins, j'ai décidé d'effectuer mon stage avec M. Lévrier, qui connaissait mes connaissances en astronomie du cours de L3, et me proposait de faire surtout du Python. Le stage portait sur l'analyse des données envoyées par le satellite Planck lors de sa mission (qui s'est terminée très récemment, en 2018), et de comparer les performances du satellite Planck avec son successeur dont la mission est prévue pour 2027 : *LiteBird*. M. Lévrier faisait partie du collectif international de chercheurs ayant exploité les données de la mission Planck. Il a donc pu me guider très précisément et progressivement dans mon analyse des données brutes. Si cela vous intéresse, vous pouvez retrouver les cartes brutes comme analysées sur le site <http://pla.esac.esa.int/pla/#home>. De plus, si vous voulez vous plonger l'analyse de ces données, vous pouvez aussi vous aider du site mis en place par le collectif scientifique Planck https://wiki.cosmos.esa.int/planck-legacy-archive/index.php/Main_Page ou me contacter!

4. Note that this method is already implemented at Cambridge University for example where it is mandatory for PhD students to "supervise" a group of three undergraduate students.

Ma mission principale lors de ce stage était de faire des ajustements de signaux d'intensité lumineuse provenant de nuages de poussières froids selon le modèle du corps noir modifié, de manière à retrouver les paramètres suivant : sa température, son indice spectral, (caractérisant le type de poussières composant le nuage) et sa profondeur optique (caractérisant la quantité de poussières dans le nuage). La difficulté d'analyse et de codage reposait tout particulièrement dans le fait que les cartes Planck étaient stockées dans des fichiers lourds, à analyser avec des modules spécifiques, et ensuite à associer afin d'effectuer des ajustements à partir de plusieurs canaux de fréquences. Une partie du travail reposait donc sur la prise en main de la bibliothèque python spécifiquement créées pour l'analyse des données Planck `healpix`, et aussi à l'utilisation d'un module pratique pour le traitement de données astrophysiques : `astropy`. Un autre aspect du stage correspondait à une compréhension et une mise en place de techniques d'ajustement de courbes composées de peu de points, en premier lieu en utilisant sauvagement `scipy.optimize.curve_fit`, ensuite en passant par des stratégies de correction, ou de minimisation par calcul de χ^2 . Enfin, toutes les analyses que j'ai effectué sur le satellite Planck m'ont permis de simuler le comportement du satellite *LiteBird*, et de comparer les performances des deux satellites en modélisant une observation de deux sources type : le fond diffus cosmologique, représenté par un corps noir de température 2.725K, et un nuage de poussières silicatées de température 20 K.

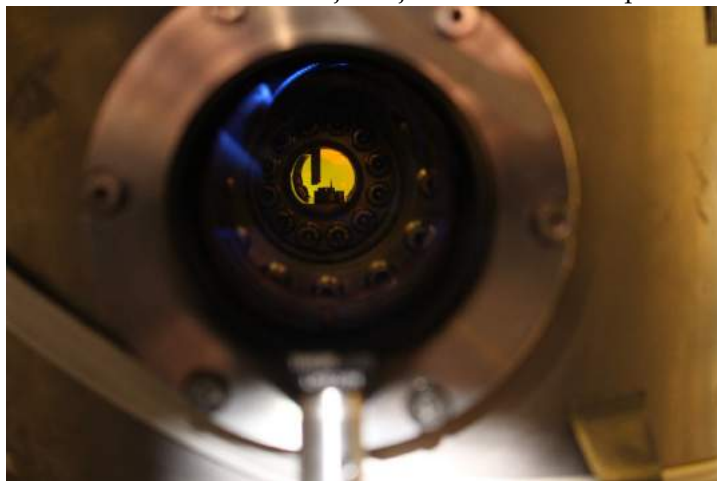
Quant à l'aspect télétravail du stage, il ne m'a pas été difficile de me mettre au travail régulièrement pendant un mois. Tout d'abord, mon tuteur me proposait une réunion Zoom tous les jours, pour me débloquent rapidement et me permettre de poursuivre mon étude en autonomie sans être déboussolée. De plus, il était très agréable de pouvoir prévoir ses weekends en adaptant son temps de travail du vendredi ou du lundi, puisque je n'avais aucun impératif à part une réunion Zoom par jour, et les objectifs que je me fixais personnellement dans une journée. J'ai donc pu réaliser à peu près tous les attendus de l'intitulé de stage. Malgré les conditions psychologiques difficiles dues à cette pandémie, le stage de L3 a été une belle conclusion à mon deuxième semestre de visio cours assez éreintant. J'y ai découvert que travailler en autonomie sur un projet bien spécifique était très gratifiant, car on y apprend à avancer à son propre rythme, à creuser à fond un sujet et à explorer des stratégies numériques diverses permettant de l'étudier!

En dernier lieu, n'hésitez pas, si vous avez du mal à trouver un stage, à vous tourner vers vos professeurs et chargés de TD qui pourront vous accueillir ou du moins vous mettre en contact avec d'autres chercheurs de leur domaine! Bon courage pour le second semestre! (**M.Faur**)

MYSTERY PHOTO

What is it? Could you guess the experiment and its purposes?

Thanks to Lionel Djadaojee for the picture!

Légende de la photo précédente - N_4

Internet regorge de séquences vidéo étonnantes mettant en évidence l'énorme force de friction existant entre deux annuaires entremêlés. Si l'on intercale les feuilles du premier annuaire entre celles du second, il est en effet possible de soulever une voiture et de résister à la traction d'athlètes ou de chars. Il est même envisageable de se jeter dans le vide en s'accrochant à un élastique simplement tenu par ces annuaires. Pour comprendre cette expérience, nous avons placé des feuilles de papier dans une machine de traction, précautionneusement entremêlées (Voir photo mystère N_4) et mesuré la force nécessaire pour les séparer. Nous avons montré que la force de séparation augmente exponentiellement avec le carré du nombre de feuilles. Plus précisément, la force que la dernière page exerce sur l'avant dernière page est amplifiée par un mécanisme similaire à celui du cabestan et augmente exponentiellement avec un nombre sans dimension qui a été appelé le *nombre d'Hercule*. Plus récemment, nous avons étudié le bruit dans cette expérience qui pose encore de nombreuses questions. (F.Restagno)

Références

ALARCÓN, H., SALEZ, T., POULARD, C., BLOCH, J.-F., RA-PHAËL, É., DALNOKI-VERESS, K., AND RESTAGNO, F. (2016). *Self-Amplification of Solid Friction in Interleaved Assemblies*. Physical Review Letters 116.

[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 :

- **Esteban Foucher** φ_{20} :
esteban.foucher@ens.fr
- **Rodrigue Orageux** φ_{20} :
rodrigue.orageux@ens.fr
- **Basile Dhote** φ_{19} :
basile.dhote@ens.fr
- **Ludovic Brivady** φ_{19} :
ludovic.brivady@ens.fr
- **Guillaume de Rochefort** φ_{19} :
guillaume.de.rochefort@ens.fr

(The Editorial Board)