

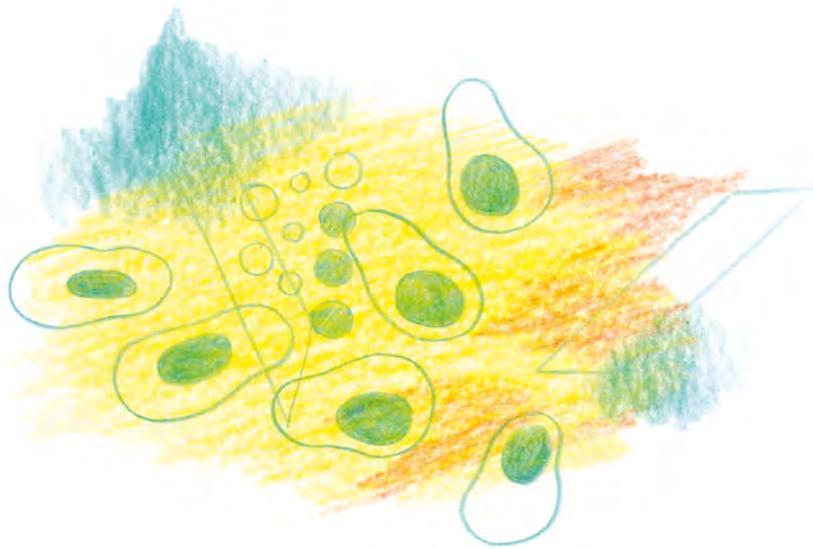
Hélène Bléhaut

ÉBULLITIONS

12
trajectoires
en physique



CNRS **E**DITIONS



ÉBULLITIONS

12 trajectoires en physique

Hélène Bléhaut

Sous la direction de
Thierry Damxois et Linda Salvaneschi

ÉBULLITIONS

12 trajectoires en physique

CNRS ÉDITIONS

15 rue Malebranche - 75005 Paris

Composé en *Mansalva* · par *Carolina Short* et *Adelphe* · par Eugénie Bidaut

ISBN : 978-2-271-14970-1
© CNRS Éditions, Paris, 2024

Sommaire

- 7. Avant-propos
- 9. À la base
- 11. Cellules vagabondes
- 19. Neurones fluos en circuit court
- 27. Sa majesté des frigos
- 35. Du courant pour courir
- 43. Pièges, pinces et atomes froids
- 51. Faisceaux furieux
- 59. Lumière, matière, sandwichs
- 67. Chroniques de flux agités
- 75. Au festival des films de savon
- 83. Python en approche
- 91. Salto dans dix dimensions
- 99. Rando dans l'hyperspectre
- 108. Remerciements

Chères lectrices, chers lecteurs,

La bande dessinée que vous avez en main vous permettra de plonger dans les récits inspirants de douze physiciennes et physiciens. Elle illustre l'éventail des métiers possibles qu'offre cette discipline, en mettant en lumière des femmes et des hommes aux carrières diverses, tout en explorant les multiples facettes de la physique contemporaine.

Hélène Bléhaut, talentueuse dessinatrice et autrice de cette bande dessinée, à travers son monde graphique coloré, teinté d'humour, dépeint avec fidélité la réalité du monde de la recherche. Pour ce faire, elle est partie à la rencontre des douze personnes que nous avons choisies. Accueillie dans leurs laboratoires dans toute la France, elle a partagé leur quotidien, retranscrit leurs conversations et ses propres impressions. Vous pourrez la suivre à travers son personnage, page après page, la voir s'émerveiller, se passionner, et parfois laisser son esprit vagabonder.

Vous découvrirez ainsi que la physique ne se limite bien sûr pas à des génies isolés, comme l'image du plus fameux des physiciens, Albert Einstein, pourrait nous le laisser croire, mais qu'elle résulte d'un travail très largement collectif. Elle n'est pas non plus faite que de théories abstraites. Au contraire, elle est présente partout, de nos appareils électroniques aux profondeurs de l'Univers en passant par les mousses de notre quotidien. Les récits des protagonistes soulignent aussi la polyvalence de la physique et son rôle essentiel dans la résolution des enjeux contemporains, qu'il s'agisse du changement climatique, de la santé ou du numérique.

Initié par CNRS Physique, dans le cadre de l'Année de la physique 2023/2024, ce projet de bande dessinée est né avec la volonté de briser les barrières invisibles qui peuvent empêcher certaines jeunes filles et jeunes garçons de poursuivre leurs études, puis leur carrière, dans le domaine de la physique. Or, à l'heure de la diffusion massive de *fake news* et d'une perte de confiance dans les faits scientifiques, il est primordial que davantage de jeunes s'engagent dans la recherche.

Cet ouvrage s'adresse particulièrement aux jeunes filles, encore trop nombreuses à être freinées par des normes et attentes sociales qui dictent ce qu'elles devraient ou ne devraient pas faire. Le résultat ? En 2023, les femmes restent sous-représentées dans la majorité des domaines scientifiques, et cela est particulièrement vrai en physique. En présentant des parcours de physiciennes, nous espérons ainsi donner des exemples positifs pour susciter des vocations chez les jeunes filles et femmes. La science, et notre société en général, ne peut pas se passer d'elles pour relever les défis de demain !

Nous vous invitons à vous laisser porter par les histoires de celles et ceux qui ont choisi de tracer leur propre chemin dans le monde de la physique. Que ces histoires vous incitent à dire avec confiance : « Moi aussi, je peux être physicienne ou physicien ! »

Thierry Dauxois,
directeur de CNRS Physique

Linda Salvaneschi,
chargée de communication
à CNRS Physique.

A' LA BASE,

j'ai toujours détesté les maths.



En revanche, j'adore m'incruster dans des lieux d'ordinaire fermés au public.



coulisses de théâtre



ateliers d'artisans



cryptes et autres parties de bâtiments inaccessibles



moulins, aquariums, usines...

Ça me permet d'apprendre des trucs, et de pouvoir briller en société.



c'est toujours ça de pris

Un peu par hasard, mes ami.e.s ces dernières années étaient comme ça :



Alors quand le CNRS m'a proposé de faire un reportage en immersion dans des labos de physique, j'ai dit

Ouiii, avec plaisir!

Yesss, payée pour visiter des trucs!

téléphone de boomer pour le style

Linda de la com

On voudrait que tu ailles toi-même dans les labos à la rencontre des scientifiques et que tu livres tes impressions en BD!



Thierry le directeur

D'accord. Mais je vous préviens, je ne prends pas l'avion, et c'est écriture inclusive ou rien!

Mous, on choisit les personnes que tu vas rencontrer, et tu t'occupes du reste!

J'espère qu'il y aura Grenoble dans la liste, pour aller voir GG!



Quelques acrobaties logistiques plus tard, pendant l'énorme grève contre la réforme des retraites :



RER vers Massy-Palaiseau, l'aventure.

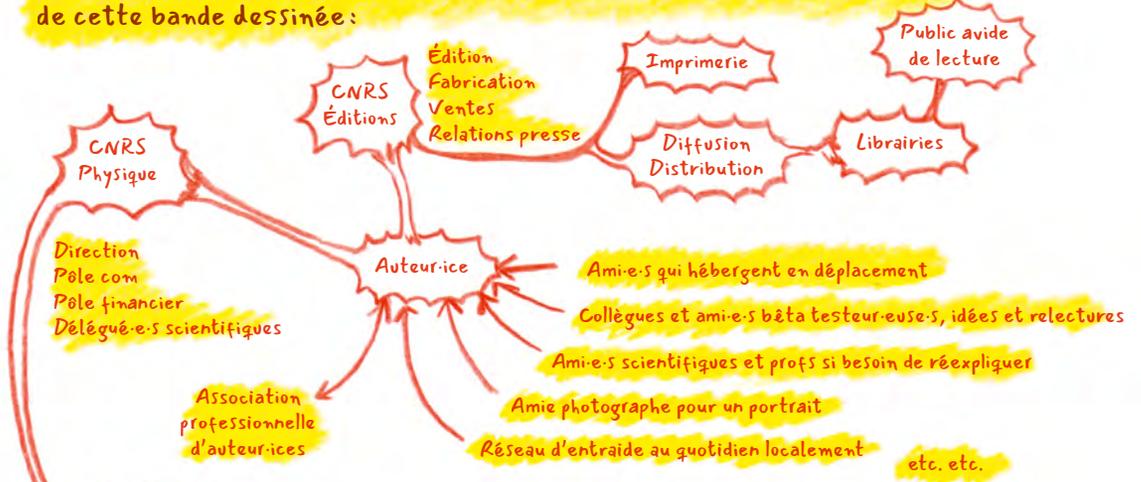
16h de bus Strasbourg-Toulouse, un bonheur.

« Je ne prendrai pas l'avion. »



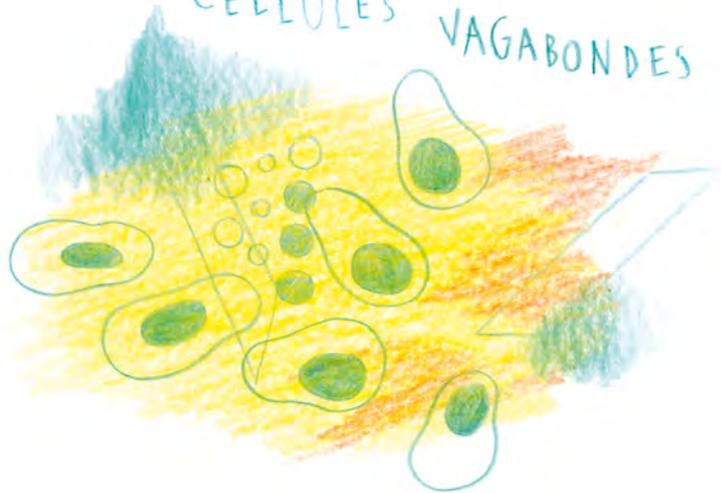
paysage lugubre parsemé de mégabassines en construction

On se dit souvent qu'un·e artiste travaille seul·e, mais en réalité, comme en sciences, beaucoup de personnes ont participé à l'élaboration de cette bande dessinée :



Bon, j'en dis pas plus, c'est parti !

CELLULES VAGABONDES





grève des poubelles à Paris



s'intéresse subitement à la plaque «histoire de Paris» pour profiter ensuite du portail ouvert



Bonjour!

Moi c'est Sirine Amiri, je suis en thèse à l'ENS Paris.

On commence par le Journal Club!

Que pouvons-nous apprendre des dimato sceptique?
Jeudi 16 mars salle E310
18h-20h



Le groupe Matière Cellulaire Active présente

LE JOURNAL CLUB

Johan, en thèse

Inge, en post-doc

Julie, directrice de recherche



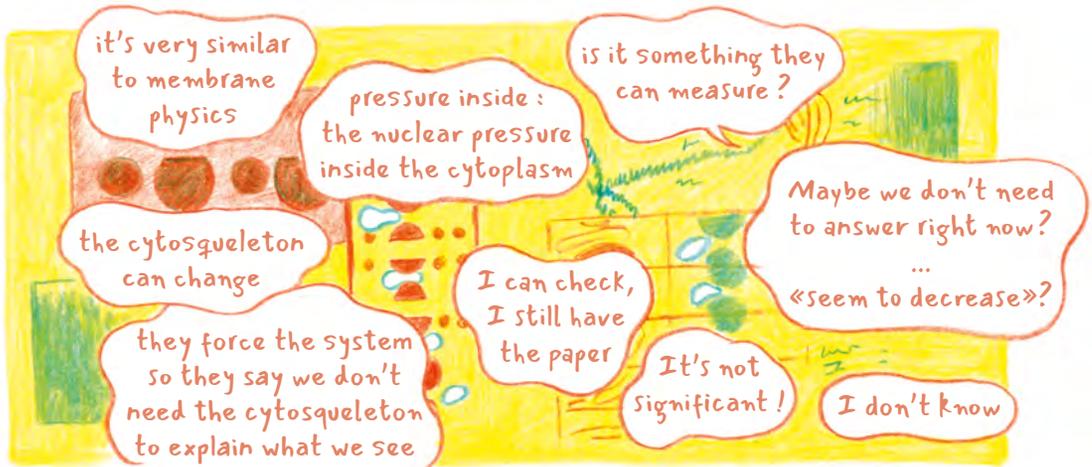
Cécile, directrice de recherche



Bonjour tout le monde!

On rassemble toute l'équipe chaque semaine: celui ou celle qui parle choisit le sujet. Parfois je parle de ma recherche, mais souvent, on discute de l'actu scientifique.

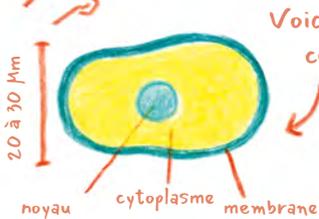




Là on tente de répondre en équipe à un confrère qui nous demande notre avis sur un article qu'il est sur le point de publier.

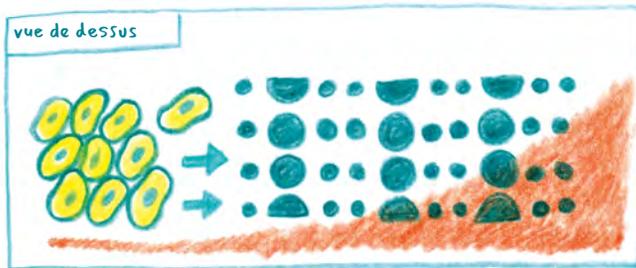


Ici on fait de la Biophysique. On essaie de mieux comprendre la mécanique des cellules, la façon dont elles se comportent dans différents contextes.



Voici une cellule

Au labo, on se concentre sur l'étude de la déformation du noyau lorsque la cellule se déplace dans un environnement contraint (ici, des petits piliers).



cellule pilier nourriture

Le principe, c'est de faire en sorte que les cellules se déplacent. On intervient surtout chimiquement, en les attirant avec de la nourriture: elles doivent traverser les piliers quand la source de bouffe est tarie du côté gauche.



On analyse les propriétés physiques du noyau durant tout ce processus: aire, périmètre, volume, vitesse, fluorescence... Pour ça, on colore des parties du noyau dont on peut détecter la fluorescence.



Même si ma recherche reste très fondamentale, on espère que nos résultats vont aider quelqu'un-e à trouver une idée un jour.



Pour préparer ces manip, j'ai besoin d'une salle stérile.

gants

masque

blouse

charlotte

Comment j'ai fait pour dessineer?!

surchaussures

Y'en a pas à l'ENS donc je viens ici, en face, à l'Institut.

Point réflexes & matos



La hotte à flux laminaire: un environnement de travail le + maîtrisé possible



recharges de pipettes à usage unique

flasques empilables à bouchon filtrant toujours bien noter ce que c'est



nettoyer à l'éthanol

Ici je prépare les cellules pour l'observation.



c'est un peu comme cuisiner

on agite



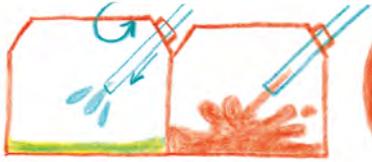
D'abord je les sors de l'incubateur.



J'aspire le liquide qui les contient que je mets de côté.



Je rince la flasque avec un fluide à la bonne salinité afin de neutraliser le milieu cellulaire.



J'ajoute une enzyme qui bouffe les liaisons entre les cellules: ça décroche des parois.

Pour neutraliser l'action de l'enzyme, j'ajoute du milieu cellulaire.



Puis je les remets dans l'incubateur pour 3 à 6h.

On met un colorant dans le mélange qui change de couleur selon le ptt. Ça renseigne au premier coup d'oeil sur l'état des cellules (si c'est jaune, c'est pas bon signe).



Je note TOUT sur un cahier de manip.

En attendant, je retourne faire des trucs de bureau.

- commandes
- discussions
- boire un thé
- analyse de données
- lecture d'articles
- mails - paperasse

* conditions de reproduction des cellules



Après avoir récupéré mes cellules, je les mets dans un dispositif sous le microscope pour la nuit. Une caméra enregistre 1 image toutes les 10 mn.



Le lendemain matin, j'analyse les données récoltées.

Parfois c'est facile à analyser: les cellules sont mortes :(
 (Note: 'mortes' is crossed out with a red line)

En général y'a toujours un truc qui marche pas; c'est ça qui diffère de la science qu'on aborde au lycée, toute faite et superficielle. Après le bac tu comprends vraiment les trucs car tu prends le temps de creuser, contextualiser.



Perso, je viens du 93. Je passe un bac S car j'aime les maths et comprendre comment les choses et la nature fonctionnent.

Je vais ensuite dans une petite prépa maths en banlieue: on était peu par classe = de bonnes conditions d'études.

Je suis prise sur dossier à l'ESPCI, une école d'ingé axée physique expérimentale.

On y étudie un peu de tout. Ce qui me plaît: l'aspect appliqué et concret.

3 mois de stage de recherche à Yale dans une équipe de biophysique qui observe les cellules cancéreuses. Là, j'adore!

Les labos étaient d'un luxe!

6 mois de stage à l'Oréal

Master au Centre de Recherche interdisciplinaire sur le sujet de l'embryogénèse; cours basés sur la pédagogie de projet = on passait notre temps en stage.



Thèse à l'ENS dans la même équipe

Stage de M2 ici à l'ENS Paris

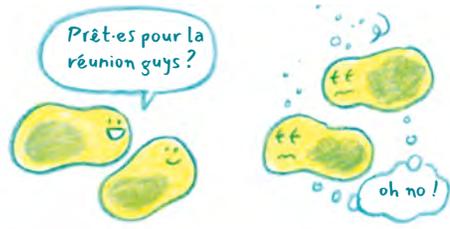
covid time :(
 (Note: 'covid time' is crossed out with a red line)

bibliothèque où il faut enlever ses chaussures



En thèse, c'est pas mal, on est très autonome. On s'organise comme on veut, du moment que le travail est fait.

Mais ça peut avoir un côté pervers si on n'arrive pas à se discipliner.



La recherche, c'est un milieu qui regorge d'incertitudes en tout genre.



Pour dédramatiser, avec mon co-bureau on a mis en place un système de badges à débloquer !



En 1^{re} année de thèse, j'étais bénévole pour une asso, Nightline, qui propose une ligne d'écoute et qui sensibilise sur les questions de santé mentale étudiante. La thérapie, c'est aussi un bon moyen de prendre du recul en cas de coup dur.

En 3^e année de thèse, c'est plus concret, on a une deadline, un rendu, ça booste !



Pour la suite, j'ai bien envie de garder pas mal de technique: pourquoi pas dans la recherche & développement dans l'industrie, dans une start-up ?

Jusqu'ici j'ai toujours fonctionné en mode « qu'est-ce que je vais regretter ? »

J'ai fait mes choix d'orientation en me disant que j'aurais probablement pas d'autre occasion d'aller en prépa ou de faire une thèse.



Mais ça fait peur, non, de se dire qu'on va se lancer dans une thèse ?



En fait, dans plein de cas on se restreint trop ! C'est pas parce que tu comprends pas en cours que t'es pas intelligent-e ; dans un autre contexte, plus concret, on peut être amené-e à se révéler !

Être ingé son, par exemple, c'est de la physique ! Il n'y a pas que la recherche.

Et puis le mythe social de la personne inaccessible, dans sa bulle, ça ne tient pas. Si on examine le parcours d'une scientifique au hasard: c'est rarement linéaire, et les bifurcations sont dues à des facteurs très humains.



Bon. Là je dois passer au service informatique pour un souci de données. Je te laisse aller voir les vidéos de Julien Bobroff sur Youtube ! J'adore sa façon de vulgariser la physique.

Salut !

NEURONES FLUOS

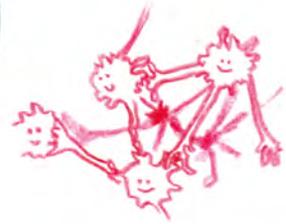


EN CIRCUIT COURT

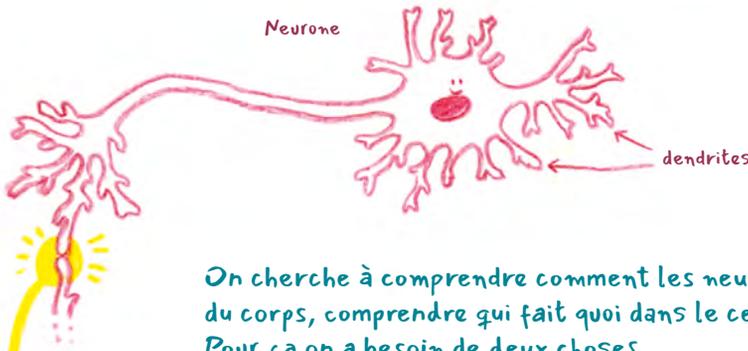


Bonjour ! Je suis Valentina Emiliani, directrice de recherche et responsable de l'équipe Microscopie à modulation du front d'onde.

Ici on développe des méthodes optiques pour l'étude et la manipulation des circuits neuronaux.

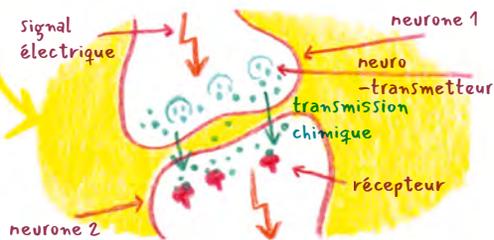


Réseau neuronal



On cherche à comprendre comment les neurones contrôlent les fonctions du corps, comprendre qui fait quoi dans le cerveau. Pour ça on a besoin de deux choses.

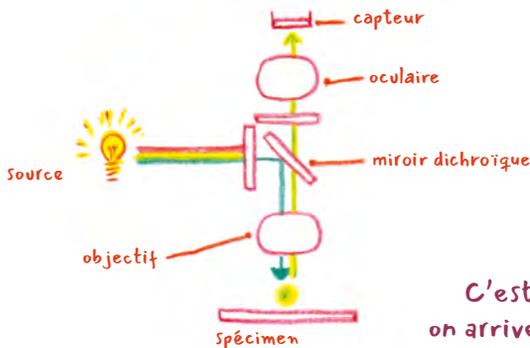
Tout d'abord, on a besoin d'observer les neurones en action.



Les neurones communiquent par des signaux électriques nommés potentiels d'action, qui génèrent l'ouverture de canaux membranaires, perméables au calcium.

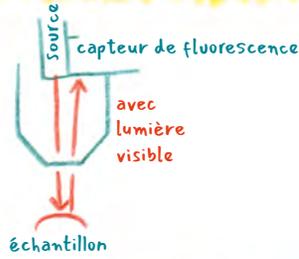
· On utilise des protéines fluorescentes injectées au préalable dans les neurones. Ces protéines s'activent face à un changement de concentration en calcium.

· Grâce à un microscope optique de fluorescence, qui éclaire l'échantillon et capte les photons réémis par celui-ci, on peut voir la fluorescence des cellules.



C'est l'imagerie calcique : on arrive à traduire un signal électrique en signal optique.

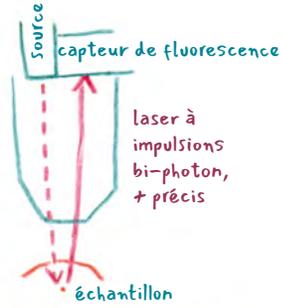
L'évolution des techniques de microscopie



microscopie classique



énergie dispersée, ça éclaire tout



microscopie biphotonique



énergie concentrée en un point

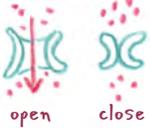
Imagerie calcique + microscopie biphotonique } + de précision

effet biphotonique théorisé par Maria Göppert-Mayer (son histoire de prix Nobel sans salaire parce que c'était une femme va vous étonner)

Deuxièmement, on veut:

Activer les neurones pour voir le résultat sur l'activité produite: provoquer des potentiels d'action avec la lumière

Les opsines forment une famille de protéines capables de réagir à l'énergie lumineuse. On en trouve dans certaines algues.



des opsines photosensibles injectées dans les neurones

elles changent de structure et libèrent le passage d'ions selon la lumière reçue

potentiels d'action

Une source de lumière dont la longueur d'onde est réglable permet d'activer/d'inhiber les opsines selon la couleur émise.

C'est l'optogénétique, découverte entre 2000 et 2005.

Une approche qui a révolutionné le champ des neurosciences! On peut maintenant savoir qui fait quoi.

Mais du coup, notre question, c'est comment les neurones communiquent, lesquels sont aux postes de commande.

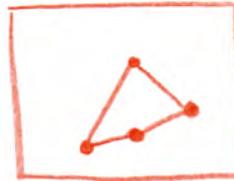
Il nous faut trouver un moyen d'être encore + précis que l'éclairage à champ large avec la lumière visible, pour pouvoir stimuler certaines parties uniquement.

C'est là que l'holographie entre en jeu! Optogénétique des circuits = microscopie biphotonique + holographie.

Le principe holographique que notre équipe a proposé :



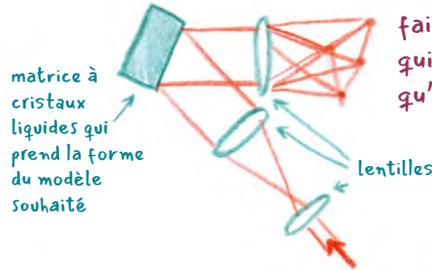
1/ Observation grâce à l'imagerie calcique de quelle partie du circuit est activée



2/ Création d'une distribution holographique de lumière qui prend la forme de la partie de circuit choisie (comme un pochoir)



Vincent,
ingénieur de recherche



matrice à cristaux liquides qui prend la forme du modèle souhaité

faisceau diffracté selon le modèle, qui s'ajuste exactement à la zone qu'on souhaite stimuler !

+ on y couple une technique de focalisation temporelle, qui permet de concentrer la lumière au plan focal uniquement, et ainsi éviter que la lumière n'agisse sur d'autres neurones voisins.

Avec ces approches, on peut par exemple :



Regarder comment les neurones sont connectés à l'intérieur d'un circuit.



Identifier lesquels sont des « hubs » qui contrôlent les autres.



Étudier le seuil de perception pour déterminer combien de neurones il faut activer pour modifier la fonction qu'ils contrôlent.



L'holographie est aussi compatible avec une fibre optique, pour pouvoir étudier par exemple des zones de cerveau liées au comportement social et à la peur, inaccessibles sur une souris immobile.

Pour faire tout ça, on est une équipe interdisciplinaire :



Aysha, ingénieure biologiste



Christiane, post-doc en biophysique



Ruth, post-doc en photonique



Lien, ingénieure de recherche en microscopie



Christophe, technicien polyvalent mécanique, électronique, construction, maintenance et diagnostic



Vincent, ingénieur de recherche, informatique et instrumentation



François, post-doc en biologie moléculaire et neuroanatomie

Plus de vingt personnes en tout!

Pardon, y'a pas tout le monde!

J'ai mis que les personnes à qui j'ai parlé, mais vous voyez l'idée?

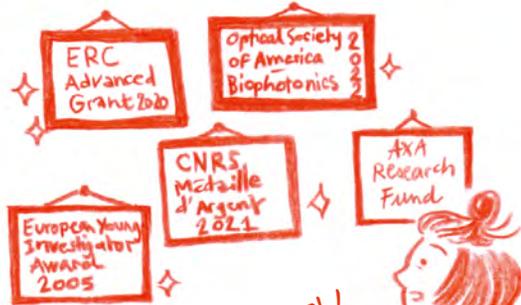
Avec aussi des spécialistes de la génétique, des lasers, des neurosciences... et de plein de nationalités différentes !



J'ai monté cette équipe en 2005, certain-e-s sont là depuis le début !

C'est assez rare d'avoir autant de compétences variées et complémentaires au sein d'une même team !

C'est d'autant plus gratifiant quand nos recherches sont reconnues à la fois par la communauté scientifique et par la société civile.



woah!



Et dire qu'à la base, j'hésitais entre faire des sciences ou de l'architecture !



Ma mère biologiste, mon père physicien, j'ai toujours baigné dedans.

Fac de Physique, spécialité optique / matière condensée

je repars de zéro, mais projets interdisciplinaires entre biologie et optique.

post-doc en biologie à Paris

poste fixe à Florence

Berlin Est
post-doc en physique quantique

Thèse entre Rome et Florence

compliqué car mon mari est prof à Paris

2004: poste fixe de chercheuse au CNRS

2018 : on déménage à l'Institut de la Vision

2020: bourse ERC!

2005: constitution de mon groupe de recherche, Microscopie à modulation du front d'onde, à l'Institut des Saints Pères

Monter des équipes interdisciplinaires, ça prend du temps. En ce moment, j'ai enfin réussi à obtenir au sein de l'équipe le bon équilibre entre les différentes disciplines et profils, ça constitue la véritable force du groupe.



Faire partie d'un projet large allant de la photonique aux applications en biologie, parfois avec des perspectives médicales à long terme, ça représente un projet très attrayant pour les jeunes physicien-ne-s.



On a beaucoup de matériel de pointe ici. On en profite pour organiser des workshops thématiques chaque année autour de la microscopie appliquée à la biophysique.

On travaille aussi sur le développement de la microscopie triphotonique !

Laboratory
Katherine
Johnson

PHOTONICS
DEPARTMENT

"I counted everything (...)
Everything that could be counted,
I did."



1918-2020

Mathematician whose calculations of orbital mechanics as a NASA employee were critical to the success of the first and subsequent U.S. manned spaceflights.



La physique, pour moi, c'est aussi une formation qui permet de se forger un esprit critique, pour se prémunir des manipulations politiques, et se défendre contre la domination des mauvaises sciences.

En terme de débouchés, tout est possible grâce à l'entraînement qu'on a fourni à notre cerveau !

Est-ce que le sexisme joue dans ce milieu ?

Hm...
Pas plus qu'ailleurs !

Je dirais que c'est plus la dimension culpabilisatrice de la société envers les femmes qui joue que la discrimination entre collègues.



en recherche d'un havre de paix féministe

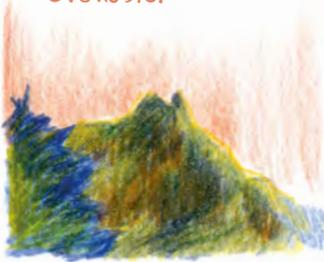
Ceci dit, peut-être qu'une responsable femme attire les femmes ?





SA MAJESTÉ
DES FRIGOS

Grenoble.



Bonjour ! Éric Eyraud,
ingénieur d'étude électrotechnicien
au sein du pôle Ingénierie Expérimentale
de l'Institut Néel.



L'Institut Néel c'est environ 400 permanent-es,
dont à peu près 150 technicien-nes et ingénieur-es !



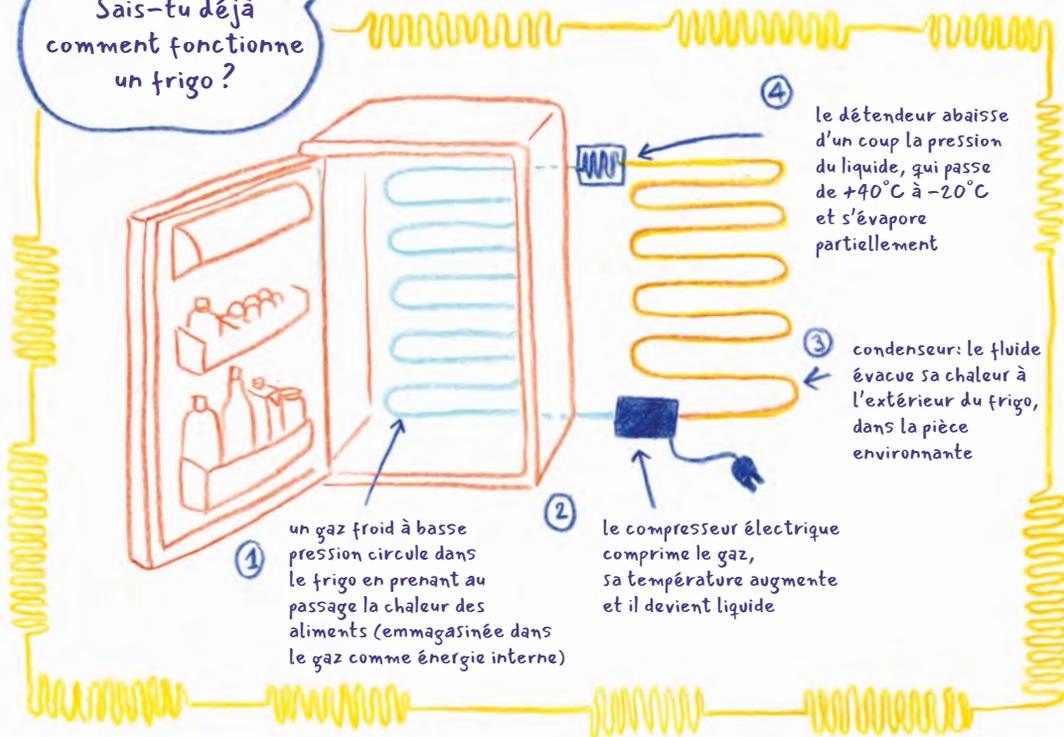
viennoiseries
express pour
ma venue



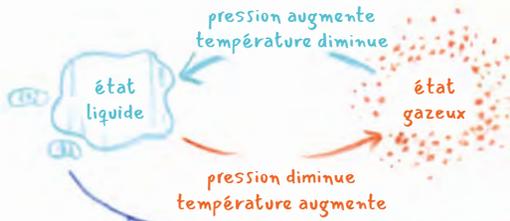
Ici on fabrique des super réfrigérateurs
pour étudier les propriétés de systèmes
à très basse température.
On les appelle aussi cryostats !

La **cryogénie**, c'est l'étude et la production de basses
températures. Plusieurs groupes de l'Institut Néel
travaillent dans cette spécialité : on leur construit
des instruments sur mesure.

Sais-tu déjà
comment fonctionne
un frigo ?



C'est le principe physique de transition de phase.



Un frigo alimentaire refroidit jusqu'à 4°C (-18°C pour un congélateur).

Nous, on descend jusqu'à 30 milliKelvins.

$0\text{ Kelvin} = -273^{\circ}\text{C} = \text{le zéro absolu}$

$1\text{ mK} = 10^{-3}\text{ Kelvin}$



Le circuit des nôtres est un poil plus complexe, mais c'est le même principe !

Je fabrique en particulier des frigos à dilution qui fonctionnent à l'hélium.



partie expérimentale la + froide

il y a trois capots pour bien isoler !

cuivre
cuivre ou alu
cuivre ou alu
ou fibre de verre avec du cuivre de chaque côté pour être + léger

= on gagne du temps de refroidissement !

Le cuivre conduit très bien la chaleur ou le froid.

L'inox ou le cupro-nickel, qu'on utilise à d'autres endroits, sont plutôt des isolants thermiques.

En cryogénie, on utilise essentiellement des matériaux métalliques !

On injecte du bas vers le haut pour refroidir en montant.

On essaie d'être au + proche des chercheur.euses, on leur fabrique des prototypes.



J'arrive à en monter 1,2, parfois 3 par an à condition qu'ils soient similaires. On les customise en fonction des besoins de chaque expérience, ce qui allonge le temps de fabrication.

Des cryostats basiques, tu peux en trouver dans le commerce, mais c'est pas la même chose !

VISITE DES ATELIERS



tour
pour
les pièces
cylindriques

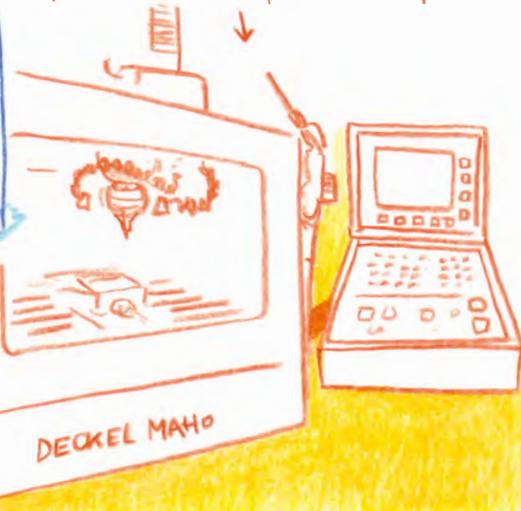


On travaille
surtout à l'atelier.
Il y a des grosses machines
pour usiner ou modifier des pièces:
tour, fraiseuse, rectifieuses,
perceuses, découpe laser...



← rappels plastifiés un peu partout

fraiseuse numérique assistée par ordinateur



On a aussi une découpe jet d'eau très utile pour la tôle de forte épaisseur !
Et une petite imprimante 3D pour concevoir des pièces pour des environnements qu'on ne maîtrise pas bien.



On s'arrange pour faire des pièces simples à fabriquer, et on commence par regarder ce qui existe dans le commerce et qu'on pourrait adapter.



Julien, mon assistant, expert en méca, brasure et soudure



Laurent, notre chef d'atelier, développe les systèmes internes aux frigos, propres à chaque manip.



Moi, je suis électrotechnicien. Je m'occupe de l'assemblage, de l'association des différents éléments.

Je monte puis je teste les systèmes. Il faut être très précis, ne pas se tromper: c'est zéro fuite ou rien !!

On n'est jamais à l'abri d'une casse.



Tu fais des choses très sales, il faut qu'elles deviennent très propres ! C'est l'environnement et le fonctionnement des manip qui le demandent.



métier-passion
+
formation
en mode
« maître à élève »

On sous-traite parfois, comme par exemple la dorure des grosses pièces.
Des postes aussi spécialisés que doreur, c'est devenu rare, il n'y en a pas en interne.

On devient de + en + forts en technicité, il y a de beaux projets, on a besoin des jeunes pour prendre la relève ! Ces compétences vont finir par se perdre alors qu'elles sont indispensables aux travaux de recherche.



verniss à ongles ! pour protéger la jointure en cuivre avant la dorure



bobiner des capillaires pour augmenter la surface sur une distance très courte



Une partie de mon travail c'est aussi d'aider les utilisateur-ices à bien manipuler les instruments.

Dans notre labo, on élabore également toujours des matériaux magnétiques à caractériser, mais moins qu'avant, on en achète une partie.



matériel random de magnétométrie à réparer au milieu du bureau



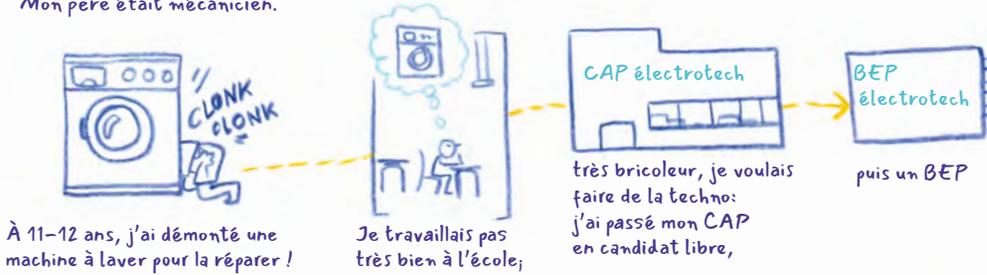
Le futur possible des recherches auxquelles je participe, c'est pas mal la course à l'ordinateur quantique !

Observer des systèmes et des matériaux à très basse température, c'est lié à la physique quantique et ses multiples applications.



On dirait mes dessins téléphoniques...

Mon père était mécanicien.



Des gens me demandent parfois pourquoi je n'ai pas voulu tenter le grade supérieur d'ingénieur de recherche. Je préfère faire ce que j'aime, et être promu éventuellement pour cela.

Et pourquoi la cryogénie ?

hey, mais il reste des croissants !

Il y avait un besoin, je me suis formé au contact des collègues à l'atelier, car ce n'était pas enseigné dans mon cursus. Il y a 20 ans, on a co-développé avec un collègue chercheur un modèle spécifique de frigo: maintenant on en fabrique plein !

Et puis je trouve très excitant qu'avec quelques tuyaux soudés, brasés, quelques pompes et un peu d'hélium, on arrive à frôler le zéro absolu !

DU COURANT



POUR COURIR

Hello ! Tu m'entends ?
C'est Vance Bergeron.

Oui !

60
ans



Dans notre équipe, au Laboratoire de
Physique de l'ENS de Lyon, on fait
des recherches sur le sport
par électrostimulation !

Mais avant d'en arriver là, il s'est
passé pas mal de péripéties.
D'abord, il faut que je précise que
j'ai toujours été passionné de vélo.

Après des études d'ingénieur
chimie en Virginie (je suis
américain)



J'ai fait une thèse à Berkeley en
Californie, de la physique et de
la chimie, très fondamentales

ça dure 6 ans
aux USA !



Après un post-doc de
2 ans entre Paris et la
Suède sur les films de
savon...

En 2013, alors que je
viens au labo en vélo...

J'ai postulé au CNRS et
j'ai eu le poste !
Au laboratoire de
Physique à l'ENS de Lyon

...J'ai été embauché
dans une entreprise qui
a fini par restructurer
—entre temps j'avais
été muté à Lyon

Je suis percuté
par une voiture.
Nuque cassée, je deviens
tétraplégique.



Expérimenter en chimie demande de la
précision. Vu que mes mains ne répondent
plus que partiellement, je monte un autre
projet de recherche sur l'électro-
stimulation fonctionnelle (ESF)

Je me connecte avec des
équipes de recherche sur
le sujet en Serbie, en
Russie et aux États-
Unis (bizarrement pas
encore en France: je fais
valoir ce manque pour
défendre mon projet de
recherche)

Pendant ma
rééducation,
j'auto-finance
un premier vélo
pour pouvoir tester
les expériences
sur moi-même.

Je suis épaulé par
toute une équipe.



Amine, mon
bras droit



Danièle,
mon épouse



Sébastien,
kiné

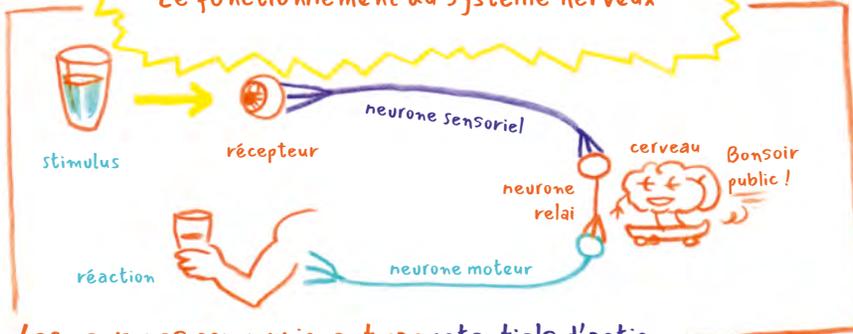
Juin 2023, ENS de Lyon



Petar, en fin de thèse

Aujourd'hui on va faire un test sur un patient tétraplégique. Pour comprendre comment ça fonctionne, voici quelques éléments de contexte.

Le fonctionnement du système nerveux



Les neurones communiquent par potentiels d'action

- > signal électrique + processus chimique
- > un peu comme les muscles activés par les nerfs

L'autoroute des nerfs du corps, c'est la moëlle épinière.



Quand elle est blessée, tout ce qui se trouve en dessous de la lésion ne peut plus recevoir d'ordre du cerveau.

Selon le niveau de blessure :



Il y a des nuances : selon les personnes et la gravité des blessures, parfois un tétra peut quand même bouger le haut du corps ou les mains partiellement.



L'ESF basique, pour un muscle, ça provoque la même fatigue qu'un sprint!
 L'objectif de ma thèse, c'est de mettre au point un process optimisé qui permette de pédaler autant, mais avec moins de fatigue.

Test basique	Test optimisé
<ul style="list-style-type: none"> • stimulation classique de type « sprint » • pause • stimulation classique • pause • stimulation classique <p>!!! risque de surchauffe</p>	<ul style="list-style-type: none"> • échauffement sans ESF, le muscle est entraîné par le moteur du vélo • stimulation à différents endroits du muscle et selon un rythme personnalisé • pause • stimulation personnalisée • pause • ...etc.

On fait faire les deux tests sur les patient.e.s, des jours où iels sont en forme, pour comparer les deux méthodes.



La difficulté : chaque personne est différente, les variables d'ajustement aussi. Pour l'instant, on a testé 4 personnes avec ce protocole complet, un record !
À partir de 6 on peut faire des stats.

2 critères de base pour nos tests :

- avoir une lésion à la moëlle épinière
- ne pas pouvoir contrôler ses jambes



et être assez en forme pour faire les tests



On s'est rendu compte que faire bouger les muscles de personnes tétraplégiques par ESF avait des effets bénéfiques sur leur santé !

Gain de masse musculaire donc prévention des escarres

Facilitation de la circulation sanguine

Renforcement de la densité osseuse

Éventuel regain de sensibilité nerveuse voire carrément reconstruction nerveuse

+ BONUS santé mentale

★ Se faire plaisir en faisant du sport ★



L'idée, c'est que les bénéfices liés à cette recherche puissent profiter au maximum de personnes concernées !
Entre autres parce que ça coûte super cher. *

On a donc ouvert la première salle de sport adaptée aux handicaps à Lyon, à côté du labo.



Maëlle, étudiante en STAPS et stagiaire à la salle

Ç'a été ?

On en est à 95 adhérent.e.s !

* un vélo adapté à ESF = 20000€

En 2016, on participe au Cybathlon, une compétition internationale d'athlètes augmenté.e.s par un moyen technologique.



Notre équipe organise par la suite, chaque année, des rencontres :
LYON CYBER DAYS

- Un colloque où des scientifiques du domaine se présentent mutuellement l'avancée de leur recherche.
- Une course de vélo à ESF dans le parc de Gerland, avec des équipes de plusieurs universités européennes.

Ce travail sur l'ESF à destination du public handicapé et la création de la salle de sport adapté nous valent, en 2019, la



Maintenant on a deux vélos. Donc deux athlètes qui roulent pour nous, recrutés à la salle de sport.

Ce qui est dur, c'est d'arriver à produire un système que nous aimerions rendre aussi ajustable et modulable que possible, pour qu'il soit accessible au plus grand nombre.



La recherche dans ce domaine n'a commencé que dans les années 1980, mais elle croît exponentiellement. Dans 10 ans, c'est sûr, on aura fait des découvertes majeures.

Récemment, une équipe états-unienne a réussi à refaire marcher une personne paralysée des jambes en stimulant ses nerfs grâce à des électrodes implantées directement dans sa moëlle épinière !



toutes proportions gardées, quelques pas pour le moment

Ici au labo de Lyon, on préfère se concentrer sur une solution non-invasive — où l'on n'opère pas, en appliquant des électrodes sur les cervicales et sur le nerf périphérique concerné.



Avec ce gant à ESF qui fonctionne presque sur le même principe que le vélo, on veut voir jusqu'où on peut aller pour récupérer la mobilité de la main.

non-invasif : > moins risqué
(on n'opère pas donc pas d'éventuelles infections)
> moins cher

Ce qui m'a donné les outils pour complètement changer de domaine, c'est entre autres le fait d'avoir fait une thèse en 6 ans.

Une thèse, c'est une manière d'apprendre comment apprendre !

Ensuite, tu peux faire ce que tu veux, c'est une ouverture, pas une voie de garage.



Domage que ça ne dure que 3 ans en France, on a peu droit à l'erreur.

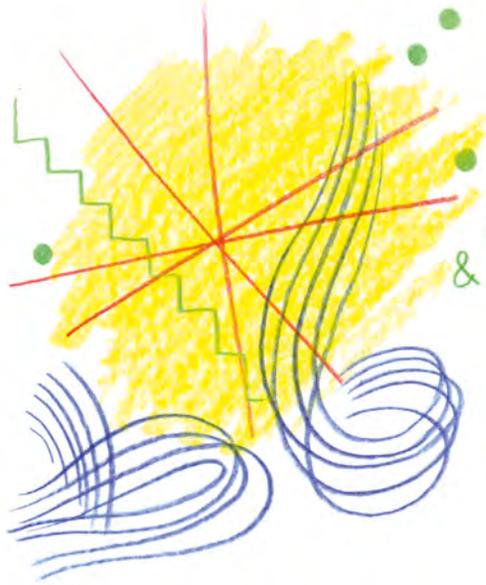
Avoir le temps d'échouer, c'est comme ça qu'on fait des découvertes !

C'est assez proche de la démarche artistique on dirait !



Beauté de l'imprévu et sérendipité !

Allez ! Je m'octroie une petite pause procrastination après ce chapitre.



PIÈGES,
PINCES
& ATOMES
FROIDS



2h30 dans les transports plus tard, Institut d'Optique.

Vous pouvez patienter dans le hall, je vais l'appeler!

Bonjour!

à l'accueil



Je suis Antoine Browaeys, et je suis chercheur au sein du groupe Optique Quantique - Atomes!

En gros, on refroidit la matière très fort pour comprendre comment les particules se «parlent».

La difficulté, c'est que l'état d'une particule dépend de celui de toutes les autres à cause des interactions qui les lient.

Les scientifiques connaissent les équations qui régissent les interactions entre particules à l'échelle atomique.

Au-delà de quelques centaines de particules, résoudre ces équations demanderait un temps de calcul informatique et une dépense d'énergie inaccessibles.

Mais 1 gramme de matière = 10^{21} particules (mille milliards de milliards !!)

Un café?



Par ici.

vibe département des mystères



Bon. Calculer les interactions entre particules dans cette tasse de café prendrait beaucoup trop de temps: elles sont trop nombreuses pour nos moyens techniques actuels— et sans doute futurs.

Du coup, on va prendre les équations qu'on connaît et recréer en laboratoire un système artificiel qui nous permette de les vérifier.



(mode prof activé)

tableau blanc judicieusement installé en salle détente

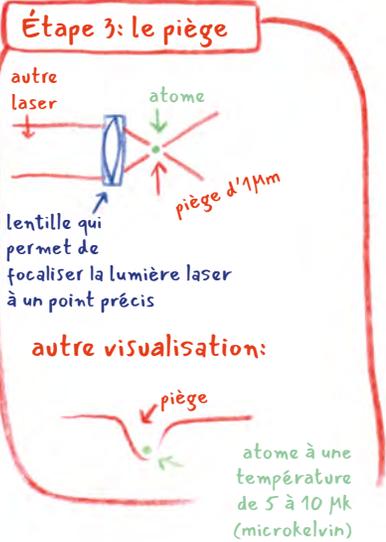
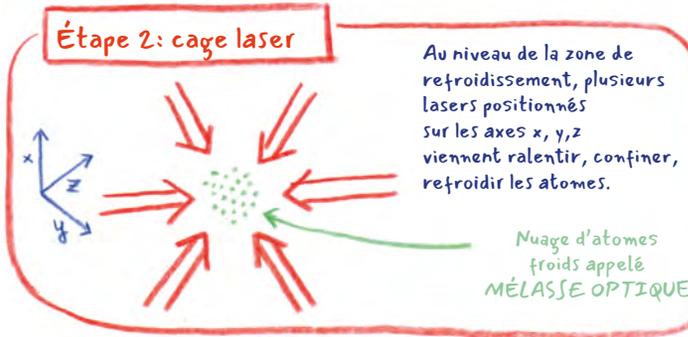
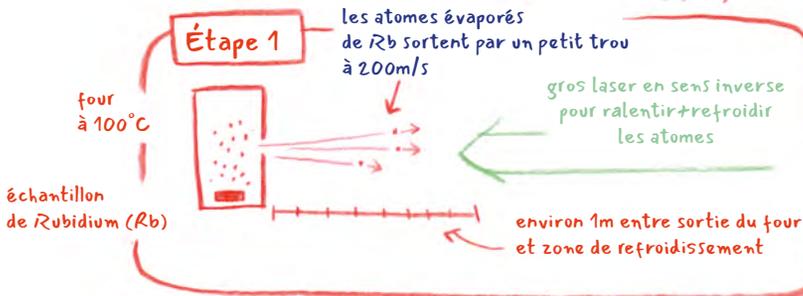
Le principe, c'est d'isoler un atome de gaz à l'aide d'un piège laser de la taille d'1µm pour pouvoir l'observer.

TUTO Réalise ton piège à atome !

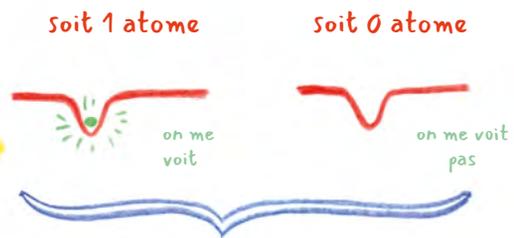
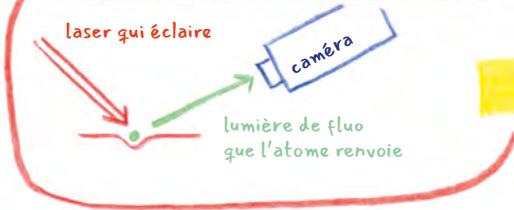
si possible une bourse ERC

Il te faut:

- un max de fric
- un max de thésard-es
- quelques ingés surdoué-es
- quelques années devant toi



Étape 4 : collecte de la lumière de fluorescence de l'atome piégé



Signal aléatoire
 ça, on sait le coder en binaire



Je te laisse un moment avec l'équipe d'une de nos manips, CHADOQ. Ils vont te montrer.
 une manip débutée y'a 10 ans !

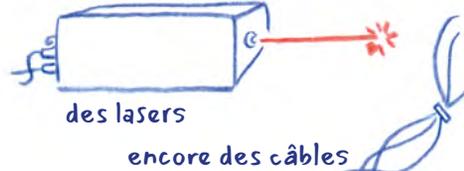


Guillaume, en 2^e année de thèse

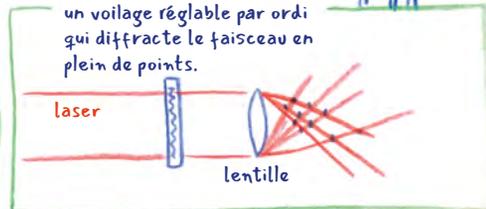
vers les ordis :

Bastien, en stage de M2

Gabriel, en 1^{re} année de thèse



On a ici la possibilité
de fabriquer plein de
pièges à mono-atomes
simultanément !



On peut disposer plusieurs pièges sur le même plan,
ou sur des plans différents en 3D

ça peut donner
des motifs
marrants



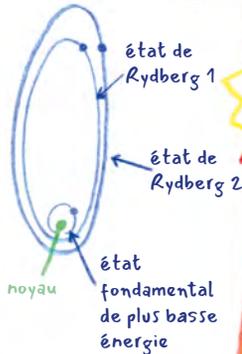
Il suffit de programmer le voilage.
Comme du pixel art à l'échelle atomique !

Revenons-en aux pièges.



On sait bouger les
atomes d'un piège à
l'autre grâce à un laser !
(aka: la pince à doudou)

Puis on va exciter
les atomes dans un
état de haute énergie
(état de Rydberg).
C'est-à-dire qu'on va
forcer l'électron à
s'éloigner beaucoup
du noyau.



Si on isole 2 états et qu'on observe,
il est possible de coder les infos en
informatique binaire!

Exemples d'applications :

- comprendre pourquoi les aimants aimantent
- pourquoi un matériau chauffe ou pas (supraconductivité...)

Mais ici on reste sur
de la physique fondamentale.

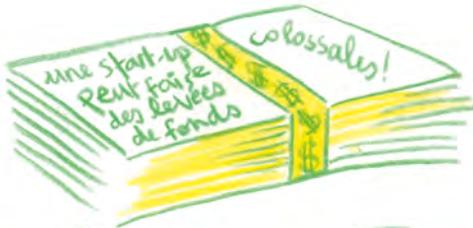


Les applications, ce sont plutôt les start-up qui vont les développer.

Là où en recherche on reste sur de l'exploratoire, l'ingénierie possible dans les start-up optimise des protocoles précis et les rend + performants.

J'ai cofondé une start-up, PASQAL, qui développe des ordinateurs quantiques.

J'y suis conseiller scientifique, mais la majeure partie de mon travail reste la recherche avec un peu d'enseignement.



À quoi sert un ordi quantique ?

- puissance de calcul démultipliée
- pourrait être utilisé dans la logistique pour optimiser des trajets de livraison, ou pour étudier la stabilité électrique du réseau EDF
- nombreux autres usages à moyen et long terme dans des domaines variés

En sciences, on ne fait rien tout seul, sans interactions.



En physique, on discute avec des spécialistes de domaines très différents, c'est ce que je préfère.



un langage universel

Notre rôle, c'est de vérifier si les intuitions basées sur la perception du monde sont correctes ou pas.

Dans le cas de la physique quantique, c'est compliqué car des théories qui se révèlent vraies, qu'on peut vérifier, sont complètement contre-intuitives !



des équipes aux profils variés: les jeunes apportent leur énergie et de nouveaux outils. Les vieux partagent leur expérience et ont une vue d'ensemble

LE CLASH
en 1935

Une particule possède des propriétés intrinsèques !



A. Einstein
physique des particules «classique»



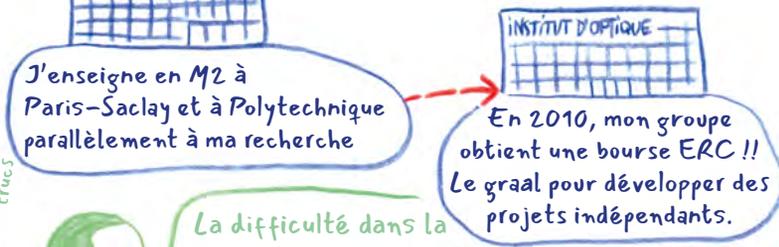
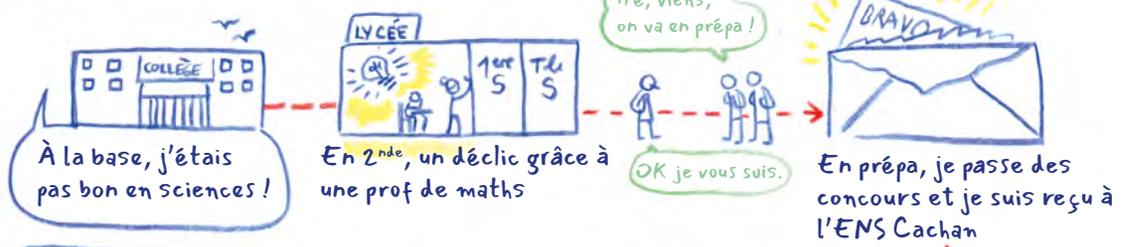
Les propriétés d'une particule ne peuvent être connues avant d'être mesurées ! Elles peuvent être donc tout à la fois avant la mesure.



M. Bohr
physique quantique

On peut faire une carrière de chercheur·euse brillante sans forcément faire de «découverte majeure».

C'est beaucoup de petits pas, de remises en question, d'opportunités qu'il faut savoir saisir, de parcours non-linéaires.



Ça me permet de continuer à apprendre des trucs

Je savais pas trop ce que c'était mais c'est une bourse européenne qui te permet d'embaucher beaucoup de gens sur plusieurs années, et d'avoir des fonds conséquents pour monter des manips.

La difficulté dans la recherche publique ça reste de trouver de l'argent (et de faire la paperasse qui va avec).

Même si pour nous, ça va mieux depuis l'ERC!

Allez! On mange en équipe.

La cantine est plutôt banale sauf qu'elle est remplie de geeks.

Faire de la science à un niveau pro c'est pas forcément résoudre des équations hyper dures.

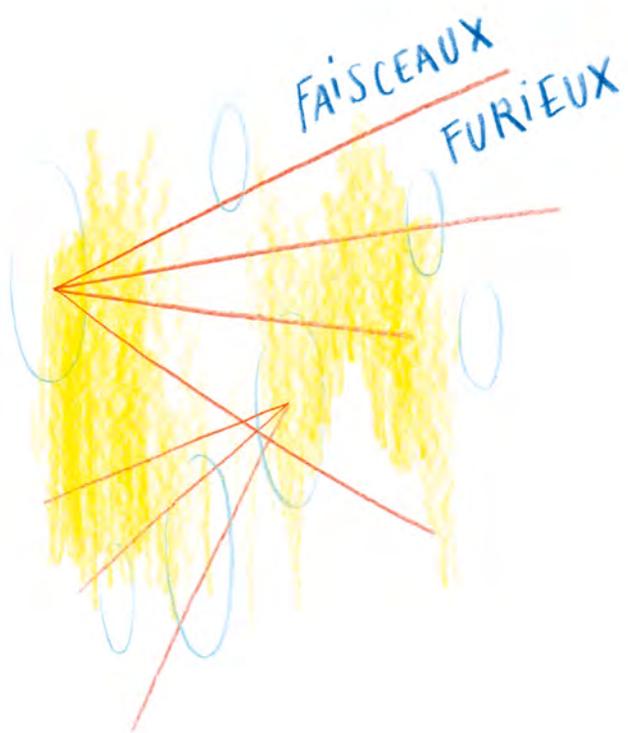
Ça force à réfléchir sur nos biais, à se forger un esprit critique.

Même si faut pas être totalement allergique aux maths

Bon appétit!

et le cours d'Aspect tu l'as kiffé?

$\sqrt{5+8}$
 $\sqrt{n+1}$



Plateau de Saclay, tôt le matin.



Bienvenue ! Je suis Yohann Ayoul, je suis laseriste et conducteur d'instrument au laser Apollon !

Ici on travaille sous Terre dans les locaux d'un ancien accélérateur de particules.

On étudie les phénomènes extrêmes par laser. Moi, je suis chargé de coordonner les opérations pour que cette énorme chaîne laser fonctionne.



Salle de contrôle



consignes accrochées au mur

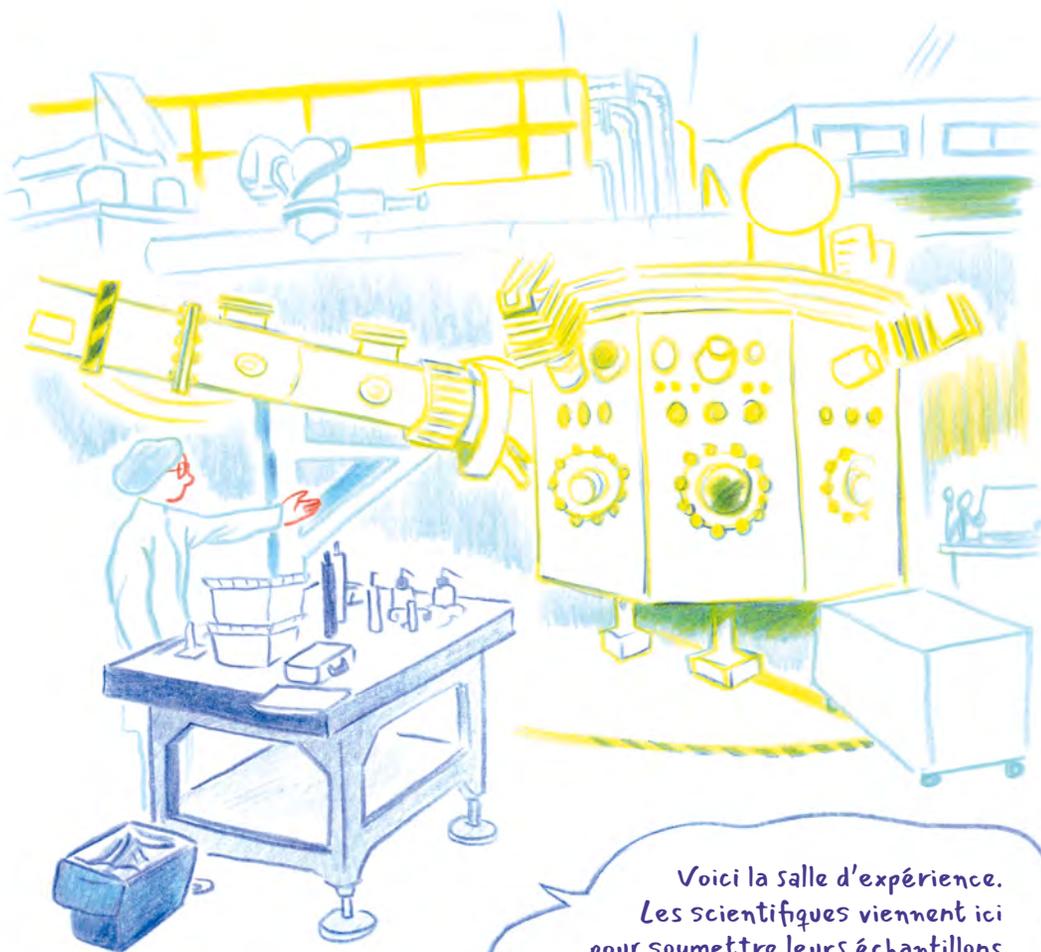
Mais d'abord, un café ?
Moi, il m'en faut trois pour démarrer !

Moi mon truc c'est le thé !



Nathalie, technicienne laseriste





Voici la salle d'expérience.
Les scientifiques viennent ici
pour soumettre leurs échantillons
à des impulsions laser très intenses.

Ça permet de sonder la matière dans des conditions de champs électromagnétiques extrêmes, des environnements qu'on ne peut pas retrouver sur Terre mais plutôt au cœur des étoiles ou aux premières fractions de seconde après le Big Bang.



Par exemple, on peut progresser sur notre compréhension de l'intérieur des planètes.



En physique quantique, on espère que cet outil permettra de vérifier expérimentalement des théories.

Et en physique des particules, la puissance exceptionnelle d'Apollon est une alternative novatrice et plus compacte aux accélérateurs classiques pour reproduire des conditions extra-terrestres.

Pour schématiser notre installation :



Le but, c'est d'obtenir un laser qui produit des impulsions géantes et très brèves, de l'ordre de la dizaine de femto-secondes (10^{-15})...
 ... et très énergétiques : plusieurs centaines de joules. L'installation est conçue pour atteindre une puissance laser de 10 pétaWatts !
 Soit l'équivalent de dix millions de centrales nucléaires, pendant quelques dizaines de femto-secondes.

1 pW : 10^{15} Watts.



Actuellement on arrive à 3 pétaWatts.

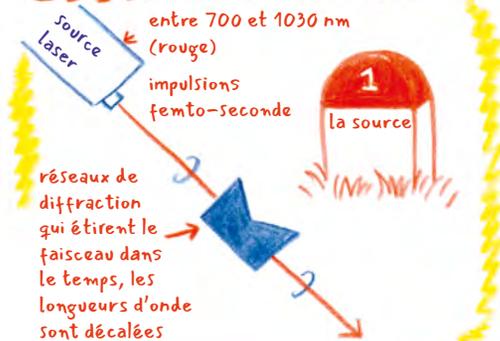


Pour obtenir toute cette énergie avec un laser, on utilise la technique d'amplification par dérive de fréquence (CPA, pour chirped pulse amplification).

CPA: Donna Strickland feat. Gérard Mourou; prix Nobel de Physique 2018

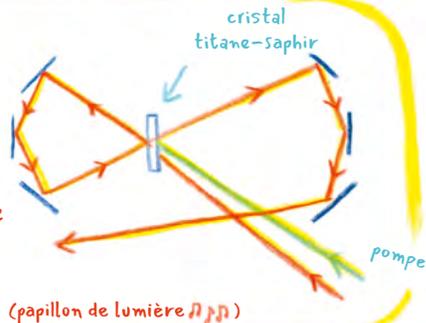


CPA: LE PRINCIPE



2 l'amplification

On récupère le faisceau et on l'amplifie progressivement grâce à un cristal titane-saphir qui a la propriété d'augmenter l'énergie du faisceau principal, à l'aide d'un 2° laser vert qui sert de pompe.



⚠ LA DIFFICULTÉ,

c'est que les miroirs ne supportent pas si l'amplification est trop forte sans étirer le faisceau (= répartir l'énergie dans le temps). L'aspect temporel joue, mais aussi la taille des optiques !

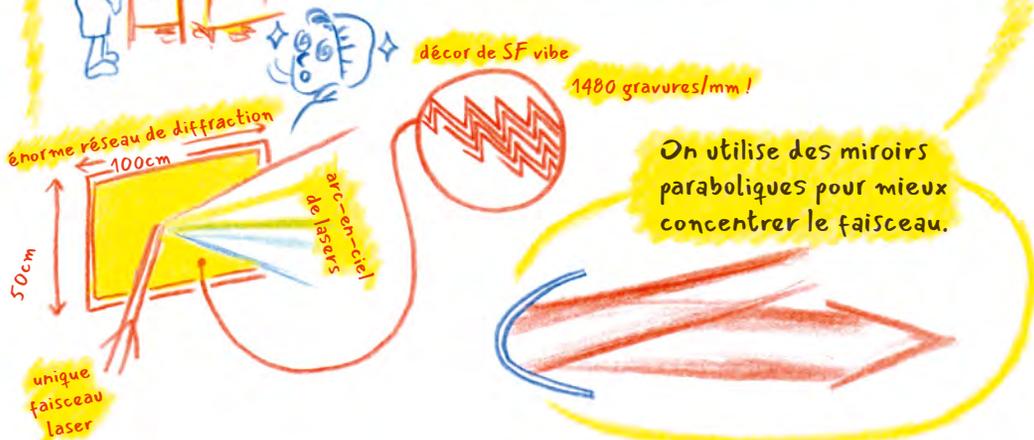
Il s'agit d'y aller progressivement, d'être méthodique. Ça demande du temps d'identifier les problèmes, de petites erreurs peuvent être fatales. Les accidents coûtent cher. Il y en a, mais on ne les refait pas !

cache de protection anti-rayures fabriqué sur mesure

Je coûte 200 000€ hihhi !

3 La compression

Là on en est au stade où les miroirs ont atteint un diamètre de 50 cm ! Ici on comprime les couleurs qui ont été étalées dans le temps = on fait parcourir + de trajet à la couleur qui est en avance et inversement.



Pour finir, on refocalise le faisceau qui vient d'être amplifié puis compressé vers les salles d'expérience. Il y en a 2: la salle courte focale pour les cibles solides (30 tirs/jour max); la salle longue focale pour les interactions avec du gaz (entre 150 et 300 tirs/jours max).



Relâche la pompe

Attention les yeux

ouais donc ça vient peut-être de la lentille

Non c'est pas ça

Faudrait que tu montes dans les 650 millijoules



Après ça peut être la face arrière... Voilà. Bon.

Effectivement le mieux c'est là.



où y'a une barre comme ça là.

Moi je te propose de ramener un peu les pompes, et on va essayer de ramener le signal là où il faut.



Je vais chercher une mousse!

Y'a un truc qui me chagrine là... alors attends. ouais... attends mets ta souris là où il faut - ouais par là!

Est-ce que tu peux faire un petit repère stp?

J'trouve qu'y'a une pompe qui a vraiment une forme bizarre par rapport à l'autre... Faut qu'on ait un beau faisceau.

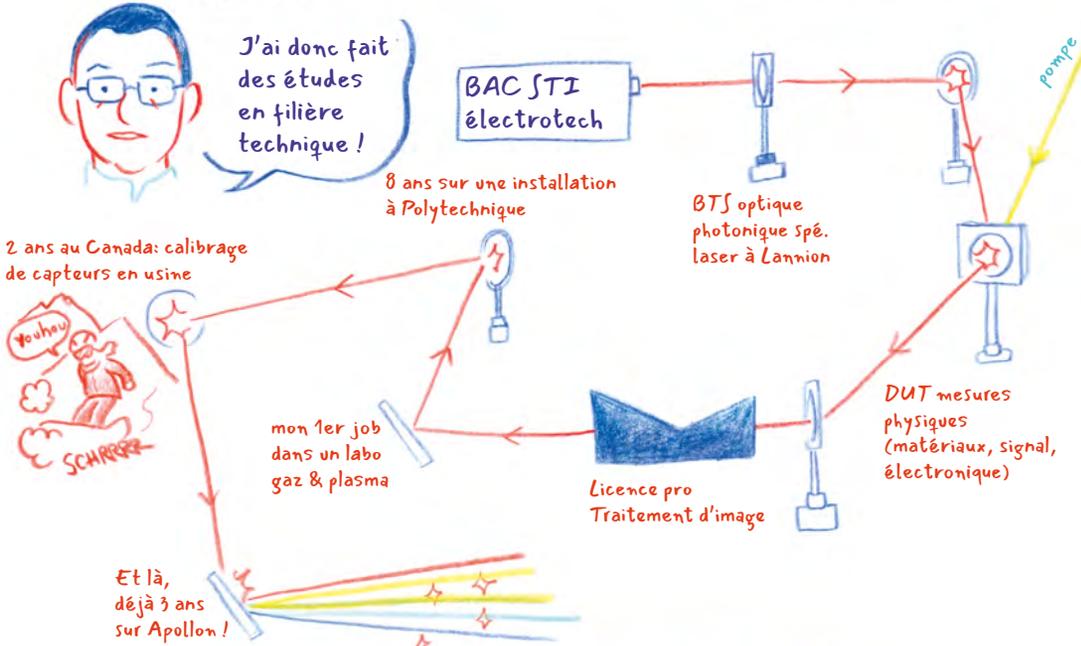
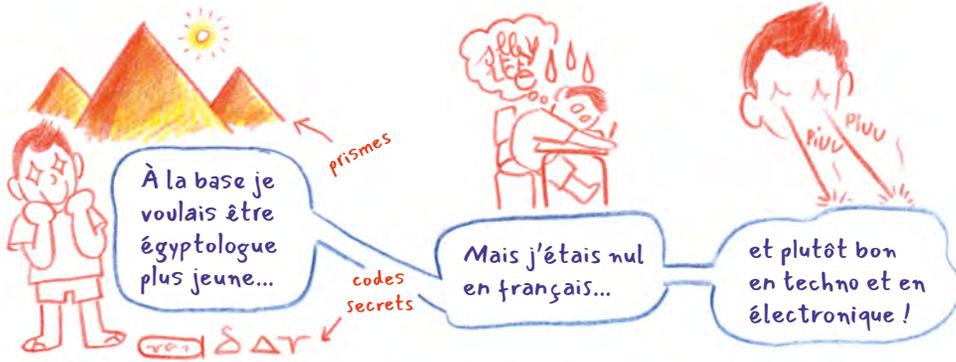
J'ai fait d'la merde mais attends. J'vais recorriger ça.

ça. ça. là.



Élu meilleur look Fall-Winter 2023.

Ok je rebloque l'autre passage, là ça donne quoi?



On y est bien entouré.e.s par

L'ÉQUIPE DE SOUTIEN

des spécialistes de disciplines bien utiles



développement informatique



mécanique



électronique



techno moteur



électricité à haute tension



blindage des câbles



faire le vide

25 personnes travaillent sur le laser Apollon

← mais en réalité, on manque de bras!



LUMIÈRE, MATIÈRE,
SANDWICHS



Campus INSA, Toulouse

16h de
flicbus
dans les
pattes

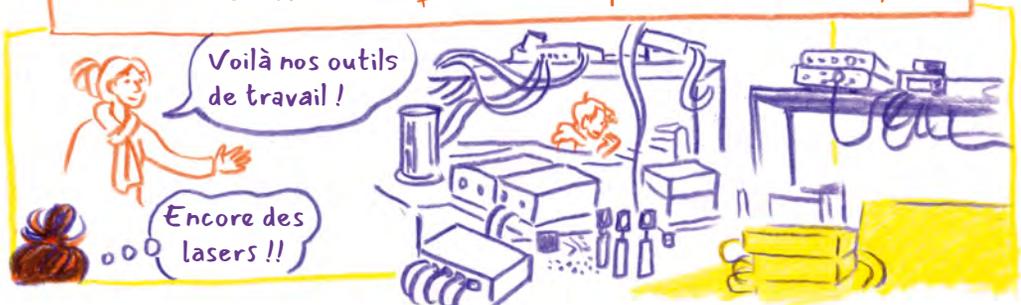


Laboratoire
de Physique
et Chimie
des Nano
Objets

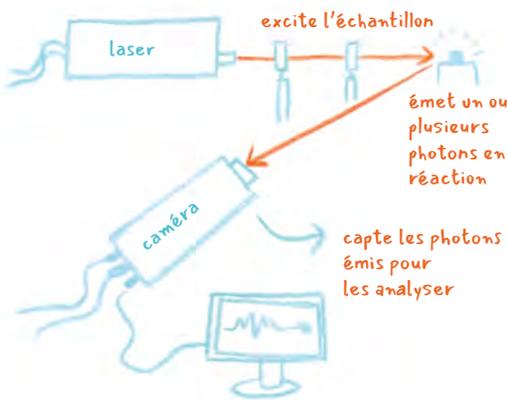
40 ans

Quelle catégorie pour quel matériau ?

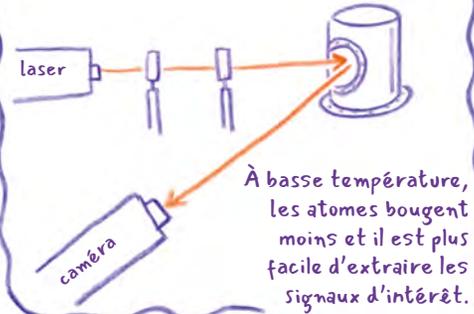
-  Isolant : le courant électrique ne traverse pas la matière
-  Conducteur : le courant électrique traverse la matière
-  Semi-conducteur : le courant électrique peut traverser la matière lorsqu'un contexte particulier est mis en place.



LE PRINCIPE



On peut aussi placer l'échantillon dans un super frigo à 4 kelvins (-270°C; zéro absolu = 0 kelvin)



On regarde combien de temps le matériau met pour rendre le photon.



On change un paramètre du contexte à la fois, pour savoir d'où vient la variation à l'observation.



Par exemple on peut jouer sur la température, l'intensité du champ magnétique appliqué, etc.

Ça s'appelle le Multi-Scale-Luminescence Imaging.



On étudie le spectre de l'émission de photons: mener l'enquête pour identifier la source des raies d'émission des objets.

POINT MATOS



lasers de 300 (bleu) à 1500 (infra-rouge) nanomètres ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$); impulsions de la piko- (10^{-12}s) à la femto-seconde (10^{-15}s)



caméra à balayage de fente (détecte ET chronomètre)



moteur piezo électrique de déplacement le plus petit pas = 1 nm



cryostat (le frigo)





C'est quoi ce bruit de Dark Vador ?

C'est notre système de recyclage de l'hélium liquide à flux fermé. On en a besoin pour le fonctionnement des cryostat.

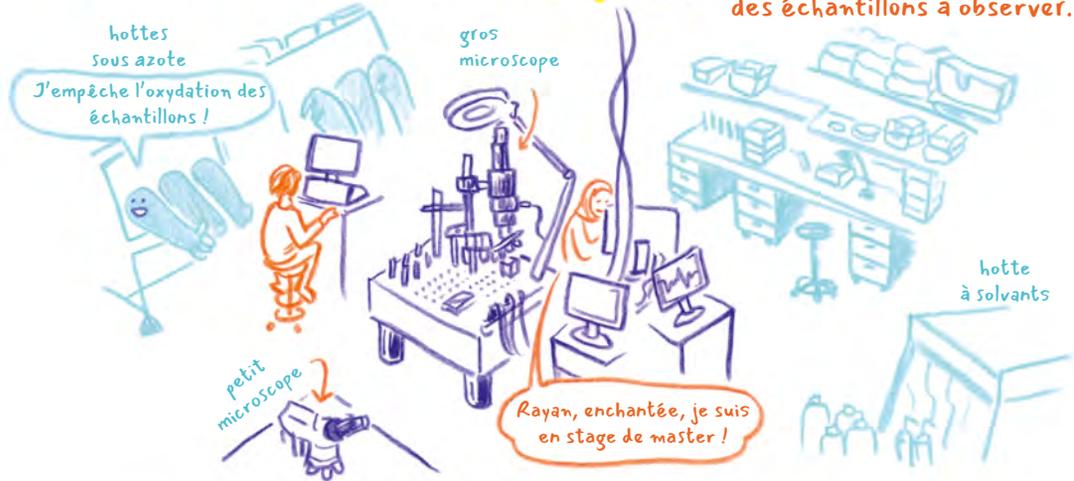


Une bouteille d'hélium liquide coûte 2000€ et nous permet seulement 2 jours de manip. En plus c'est une ressource qui se raréfie, et c'est très volatil = difficile d'en récupérer. C'est pour ça qu'on utilise ce système.



Et voici l' EXFO LAB

c'est une salle mutualisée pour la préparation et la fabrication des échantillons à observer.



On travaille surtout avec des **matériaux lamellaires**: on isole un feuillet/une couche de 1 à quelques atomes d'épaisseur ! Car les matériaux qu'on observe ne sont pas de bons émetteurs de lumière à l'état massif.



matériau lamellaire
= liaison faible entre 2 feuillets d'atomes
(exemple: graphite, ardoise...)

L'exfoliation, c'est super grâce au scotch!!



durée: 5 secondes!

puis microscope à température ambiante



Pour les matériaux sensibles, on utilise la hotte sous azote.

Une monocouche est très sensible aux impuretés: on encapsule alors l'échantillon, comme un sandwich!



On peut alors l'observer au microscope hors hotte.

Les sandwichs sont possibles avec des couches supplémentaires, par exemple de matériaux magnétiques, qu'on étudie ensuite au laser. Mais ça reste des manips assez complexes avec beaucoup d'aléatoire!

Tester les limites des matériaux, c'est vital pour toutes les branches de l'industrie, pour qu'elles puissent proposer des systèmes où qualité rime avec sécurité, parfois dans des conditions extrêmes.



Notre recherche ici est très fondamentale, mais on est souvent consulté.e.s par le CNES (agence spatiale française) ou par des entreprises qui travaillent sur les tests de matériaux pour le spatial, comme la PME TRAD (Tests et Radiations).



C'est dur d'accéder aux accélérateurs de particules; un moyen alternatif: utiliser des impulsions laser sous certaines conditions. C'est ce qu'on fait ici.

Chaque expérience est un défi, avec plein de contraintes très précises. Il faut souvent tout réagencer.

Aller voir les besoins de chacune, réfléchir à la manip d'après, faire de la maintenance ou de la mise en œuvre...



Même si je préfère toute cette partie très technique, je peux aussi réaliser mes propres expériences et rédiger des articles.

J'anime des travaux pratiques ou des travaux dirigés à l'INSA: ça me permet une proximité avec les étudiant.e.s assez enrichissante, un retour concret direct.

Là c'est le «par seconde» qui était pas bon

autrement dit, 1 point toutes les 50 pico

le free carrier density

on peut en déduire le nombre max de porteurs photogénérés

T'as pris quoi comme valeur si on a pas le dopage ?

Ça vous va comme option ?

il faut savoir ce qu'il se passe pendant le pulse

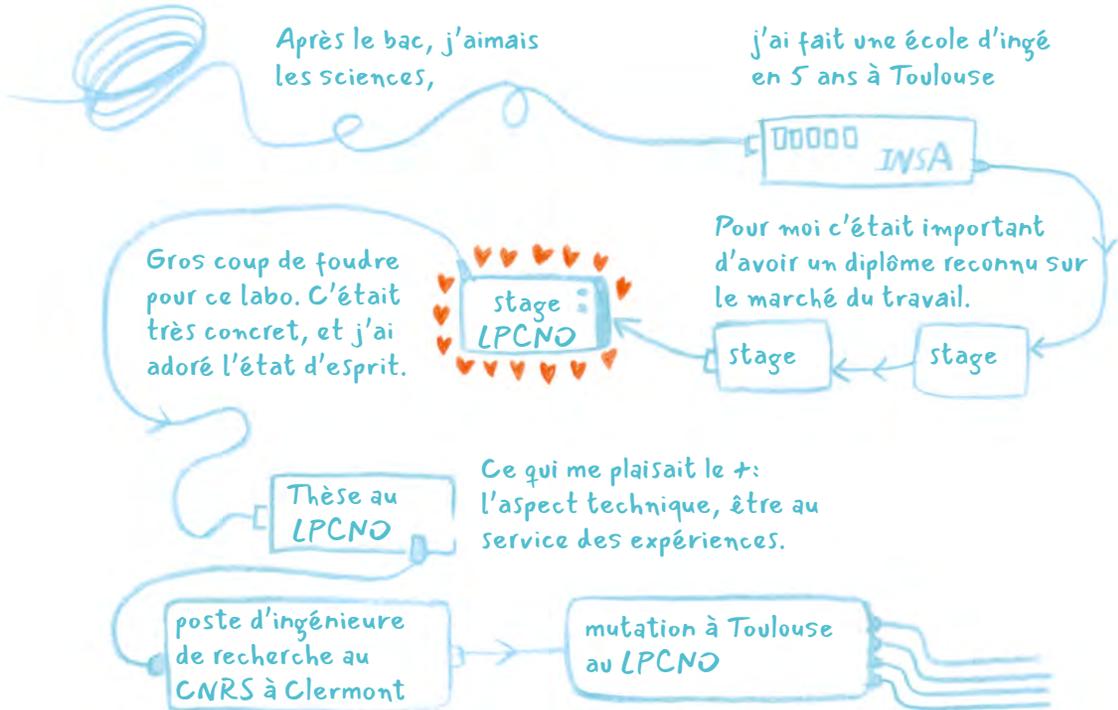
faut faire au plus simple

Là on fait du peer review

(évaluation par les pairs)

= on relit les articles de collègues pour donner notre avis / on récolte le leur sur nos papiers avant publication.

On se met d'accord sur une réponse à donner / sur les modifications à apporter en équipe.



Être au service ça me convient bien; c'est aussi à nous d'inventer notre métier. La difficulté c'est peut-être d'arriver à rester réaliste sur le temps dont on dispose pour éviter de se lancer dans mille trucs différents.

Je suis super contente de ce job car ça me permet de jongler entre vie pro et vie perso, j'y tiens.

À vrai dire, je n'avais pas vraiment de plan de carrière, j'ai navigué à vue. À mon sens, il faut rester ouvert.e aux opportunités, en exploratoire ! Et suivre son instinct.



Xavier, enseignant-chercheur

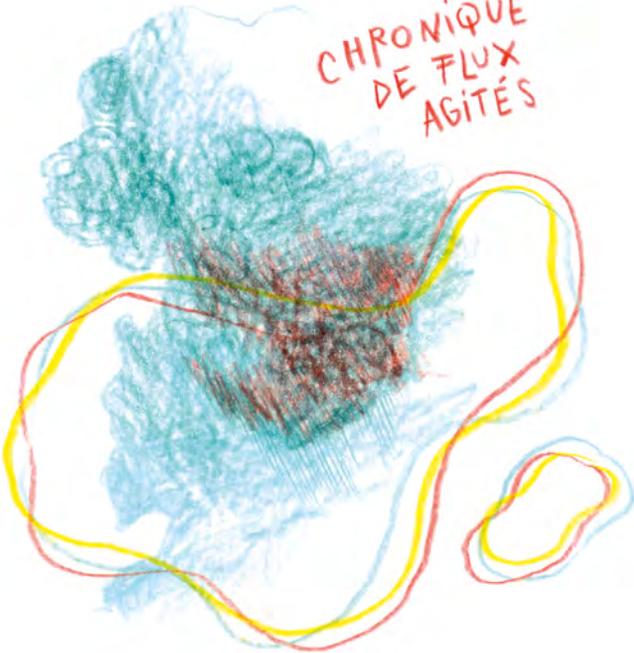
Parce que franchement, les business schools, ça va 2 minutes !!

OK t'es bien payé.e, mais où est le sens dans tout ça ?

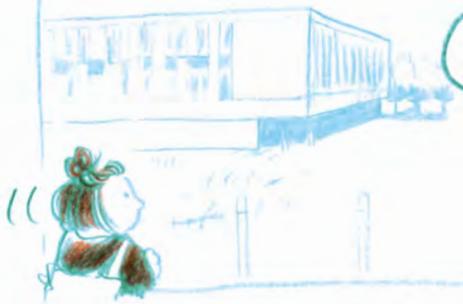


haha

CHRONIQUE
DE FLUX
AGITÉS



Plateau de Saclay



Salut !
Je suis Lucas Fery,
doctorant
au LSCE !



En réalité ma thèse est co-dirigée par 2 labos :

SPEC

Service de Physique
de l'État Condensé
avec Béréngère



physique fondamentale,
théoricienne de la turbulence

LSCE

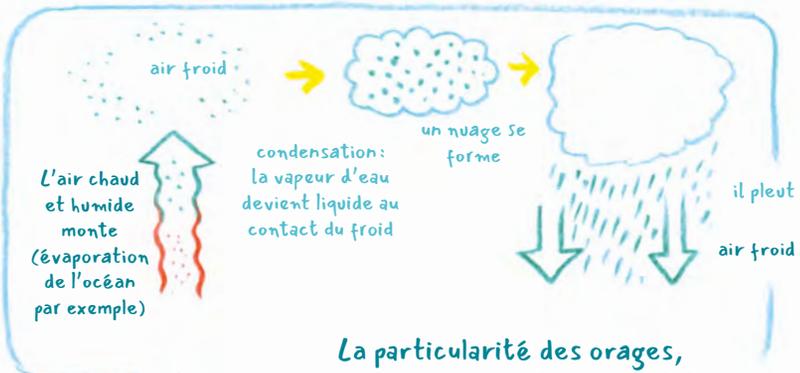
Laboratoire des Sciences du
Climat et de l'Environnement
avec Davide



spécialiste des évènements
météorologiques extrêmes

Je cherche à modéliser la dynamique des orages,
c'est-à-dire à les décrire uniquement par leur position
et quelques autres paramètres, sans tous les détails.

Un orage est dû à un phénomène physique appelé **convection atmosphérique**. Ce sont des mouvements de fluides ascendants ou descendants induits par des différences de température.

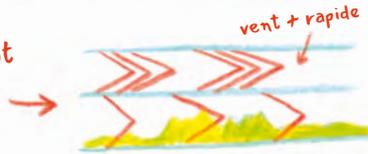


La particularité des orages,
c'est que ces mouvements verticaux sont très intenses.

Le principe de convection, c'est la base, mais il y a bien sûr d'autres déclencheurs produits par les conditions de température, de cisaillement, de pression, de géographie, d'altitude, etc.

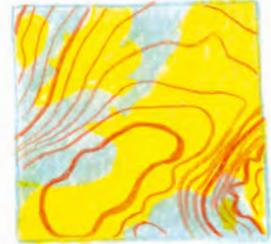
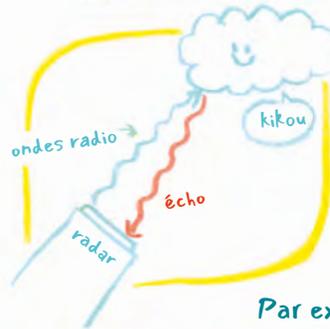


le cisaillement du vent



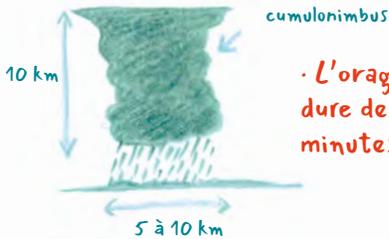
= la différence à l'interface entre 2 vitesses de vent

Pour étudier les orages, il faut les données des cartes météo mesurées par des radars.



Par exemple sur meteociel.fr

LES DIFFÉRENTS TYPES D'ORAGES



cumulonimbus

· L'orage isolé dure de 30 à 60 minutes max.



· Une tornade est un phénomène de rotation produit par un orage dit supercellulaire, et dû au cisaillement du vent.



Le stade avant la tornade on dit mésocyclone (petit cyclone)

· Quand il y a plusieurs mouvements ascendants distincts au sein d'un même orage et que ceux-ci adoptent une structure bien définie, on parle de convection organisée. Ces orages peuvent produire de très fortes rafales de vent, dans les cas les plus extrêmes, on parle de derecho (Corse 2022).



jusqu'à 1000km de long !!

Les modèles climatiques fonctionnent à différentes résolutions. Ceux utilisés pour les projections du GIEC par exemple ont une résolution de l'ordre de 100km. Cela demande déjà beaucoup de temps de calcul. En revanche, les orages sont à l'échelle du km donc mal représentés dans les modèles (+c'est précis, + c'est gourmand en terme de calcul). L'enjeu, c'est de représenter ces phénomènes avec des méthodes moins gourmandes en énergie, en couplant des modèles à différentes échelles.





Concrètement, il faut faire des simulations numériques, de l'analyse de données. Je prends des modules d'algorithmes déjà existants, je les adapte à l'usage souhaité, je joue avec les paramètres pour « nourrir le robot » et voir ce qui se passe. Je passe beaucoup de temps à écrire du code en langage Python.

Avec Bérengère, on est plus sur l'aspect théorique et fondamental.

La mécanique des fluides, j'adore, c'est hyper varié!



En partant des bases communes des équations Navier-Stokes, on peut faire beaucoup de choses.



Je suis bien sûr curieux de comprendre ces phénomènes, mais ça va plus loin: ce qui m'attire, c'est le sens derrière la recherche, j'ai envie que mon travail ait un intérêt sociétal, un caractère concret. La théorie, c'est important pour moi, mais il ne faut pas que cela reste trop éloigné du quotidien.

La météo, l'air de rien, ça impacte plein d'écosystèmes, d'activités humaines.



L'agriculture



La pêche



Les transports



La santé



Le logement, etc.



woaaaa

Papi!
Viens on
fait un
volcan!

moi à 4-5 ans



Les volcanologues
assistent à un moment
historique!

La lave en fusion
vient de sortir du
cratère!!

Papi
c'est quoi
la fusion?



et là, tu vois, la vapeur
de l'eau chaude redevient
liquide au contact du froid:
c'est la condensation.

woah!

Un terreau favorable: je viens d'une famille de profs.



Prépa
Physique Chimie
en 3 ans à Lyon

ENS de Lyon
en Physique
en 4 ans

1 année
de césure

COVID
tous les plans
annulés

Master 2 à Paris Saclay
6 mois de cours
6 mois de stage au LSCÉ



En 4^e année de l'ENS, je fais un stage
au labo de physique de l'ENS de Lyon,
puis un autre à Stockholm.

Ça concerne la circulation
atmosphérique au niveau de
l'équateur



sens des
alizés

sens de rotation
de la Terre

sur Vénus



le vent tourne + vite
et dans le même sens
(lié à la taille et vitesse
de rotation de la planète)



TIN-
TIN-
TIN-
TINDEM!
toot-toot-toot-toot-toot

Dans certaines simulations,
dans un climat + chaud,
on observe le même
phénomène que sur Vénus!!

La question: est-ce que
sur Terre on pourrait
observer un tel état?!

Ma thèse, c'est en quelque
sorte la suite de mon stage
de master au LSCÉ



Corentin,
ENS de Lyon

Rodrigo,
Stockholm

Le lundi et mercredi je suis au SPEC, les autres jours au LSCÉ.

Techniquement, je pourrais juste envoyer des calculs sur notre serveur dédié car on lance tout à distance.



— j'adore la surprise quand les résultats sortent ! —

Mais rien ne remplace les moments d'échange, de discussion entre collègues: on arrive mieux à avancer.

Partage d'astuces



Avis extérieur



Prise de recul



Nouvelles idées



Table partagée à la cantine



Au LSCÉ, il y a des spécialistes du climat, de la biologie, des océans, de l'atmosphère, de la biologie marine, de la géochimie.

Et aussi une équipe de modélisateur·ices des événements météo extrêmes qui font de la Physique statistique.

Camille, en thèse



Par exemple, moi je travaille sur les hivers très froids: est-ce que c'est encore possible ?

Meriem, doctorante



Moi je m'occupe des prévisions à moyen terme, à l'échelle d'un mois par exemple.

Faut faire attention à la simplification médiatique concernant les hausses de température: quand on dit $+1,5^{\circ}\text{C}$, c'est $1,5^{\circ}\text{C}$ en moyenne de tous les événements positifs et négatifs, extrêmes ou pas !



Les signaux sont clairs sur les moyennes (projections du GIEC par exemple), par contre sur les événements extrêmes c'est + compliqué.

Ce sont des approches techniques très différentes dès qu'on change d'échelle de temps ou de distance.

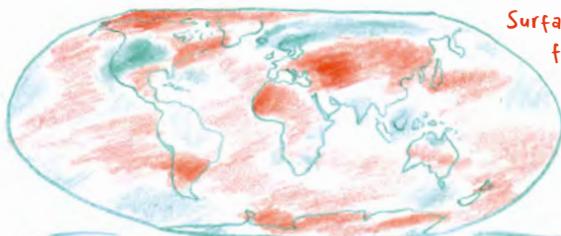
La semaine dernière, j'ai animé le bulletin du vendredi. Le prochain est dans 10 minutes, tu viens ?



LE BULLETIN MÉTÉO

C'est chaque vendredi à 13h30, ouvert à tout le personnel du labo, et retransmis en direct sur Twitch!

Les doctorant.e.s se relaient pour préparer et présenter leurs analyses :



Surface air temperature for March 2023

↙ 2^e mois de mars le + chaud jamais observé mondialement...



Ça c'est le Hindcast, le bilan du mois d'avant. En mars, il y a eu un manque, puis un excès de précipitations, mais ce dernier n'était pas suffisant pour compenser la sécheresse précédente.

Le Forecast — les prévisions — cette semaine c'est Mireia qui s'en charge.

As Meriem was saying last week (and she forecasted perfectly well)...

bla bla anticyclonic conditions bla bla ...

now let's see the uncertainty associated to...

... we will expect no precipitations for the week-end...

Le gros défi pour moi c'est surtout d'arriver à organiser mon emploi du temps.

et la paperasse: beurk.

Je vois l'idée!

Arriver à trouver le bon équilibre entre liberté et contraintes créatives...





Institut Lumière Matière, Lyon.



Bonjour !
Je suis Marie Le Merrer,
chercheuse à l'Institut
Lumière Matière à Lyon.

Je fais partie de l'équipe
Liquides & interfaces,
qui compte environ
40 personnes avec les
doctorant.e.s.

J'étudie les mousses
pour mieux comprendre
les processus physiques
à l'œuvre dans celles-ci.

D'abord, c'est quoi une mousse ?



C'est un gaz, souvent :
de l'air, contenu dans
un liquide sous forme
de bulles.

Moussage mécanique



blancs d'œufs
battus en neige



bain moussant



écume

Moussage chimique

par changement
des éléments
en présence



mousse expansée



pain

L'avantage d'une mousse, c'est que tu peux occuper un grand volume
à partir de peu de liquide, et en plus c'est léger.
Par exemple, pour recouvrir une nappe de pétrole en feu.

Mon activité du dimanche favorite.



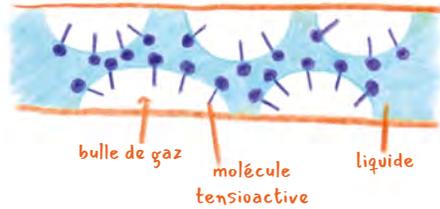
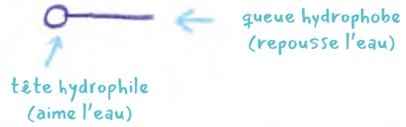
TENSIOACTIFS

Les mousses existent grâce aux
Ce sont des molécules qui se placent
à la frontière entre liquide et gaz.

On en trouve dans le savon, les œufs,
les pois chiches...

Elles réduisent la tension de surface
du liquide et stabilisent
les interfaces liquide-gaz.

voici un tensioactif de savon



On a plusieurs sujets de recherche :

On veut comprendre
les interactions entre
2 couches de tensioactifs.

On veut comprendre comment
les interactions dépendent
du gaz environnant
(changement d'atmosphère).

On étudie comment les mousses coulent,
comment elles cassent.

La **viscosité**, qui quantifie la résistance d'un
fluide à l'écoulement, peut être dans le cas
d'une mousse
100x supérieure à celle de l'eau savonneuse,
10 000x supérieure à celle du gaz.

On se rend
compte que les
écoulements
changent selon
la nature et la
concentration
des tensioactifs.

À quoi ça sert ?

On a besoin de mousses avec des durées
de vie différentes. Il y a des moments
où tu n'as pas envie que la mousse reste
(lave-vaisselle, station d'épuration...)
D'autres, au contraire, où tu vas avoir
envie qu'elle se solidifie, pour durer,
par exemple la mousse de ciment.



mousses de plâtre solidifiées



Les mousses solides font de bons isolants thermiques et phoniques, ça peut servir dans la construction.

On cherche aussi à trouver comment fabriquer de la mousse pour la réparation osseuse, à partir d'un liquide.



Même si on sait certaines choses sur la physico-chimie des tensioactifs, leur impact sur le comportement de la mousse à grande échelle reste mal compris.

Comprendre leurs propriétés, c'est aussi pouvoir choisir les tensioactifs qu'on utilise, dans le respect de l'environnement.

Nous, on se concentre sur l'aspect fondamental, pas sur les applications.

Expérimentations

+

Simulations numériques

· Étude du réarrangement des bulles



les bulles changent de voisines = la mousse s'écoule

entre $1/100^{\circ}$ et $1/10^{\circ}$ de s

la géométrie complexe de la mousse rend l'observation expérimentale du mouvement des tensioactifs impossible aux échelles de temps et d'espace en jeu; on utilise les lois de la physique pour simuler et prédire ce mouvement.



· Étude de la «mort» d'un film de savon

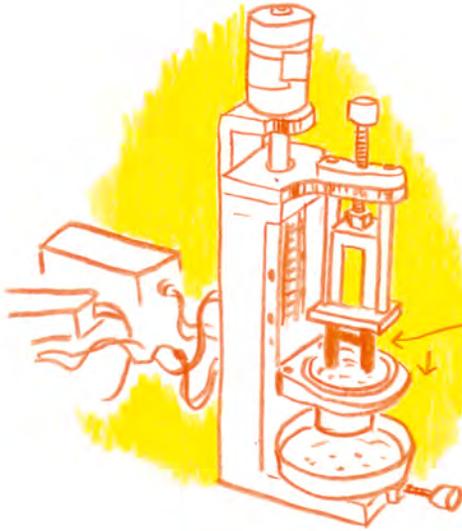


caméra rapide 10000 images/s

C'est compliqué car une mousse est opaque: elle dévie ou réfléchit la lumière de multiples fois.



On développe des instruments sur mesure avec les ingénieurs des services mécanique ou électronique.



on trempe ce cadre pour créer un film de savon.

Ici on mesure la présence de calcite dans un film de savon.

Puis on place notre dispositif à l'intérieur d'un spectromètre à infrarouge pour faire des mesures.



T'as un truc, même si t'as pas beaucoup d'amplitude, t'identifies quand même les petits bidules qui correspondent à la calcite, moi je trouve ça bien.

Je m'attends pas à ce que ça marche tout de suite, c'est compliqué de refaire exactement les mêmes mélanges.



T'avais combien de glycérol là?

20%!



C'est là que les galères vont vraiment commencer.

Maxime, stagiaire master 1

Cette manip: sonder des films de savon avec particules de calcite en suspension



Pour résumer, on explore un modèle simple avec l'espoir de pouvoir décrire avec précision un système complexe.



Un café?

Tiens! Salut Oriane!

CLONK / CLONK (babyfoot)

café sponso par le labo

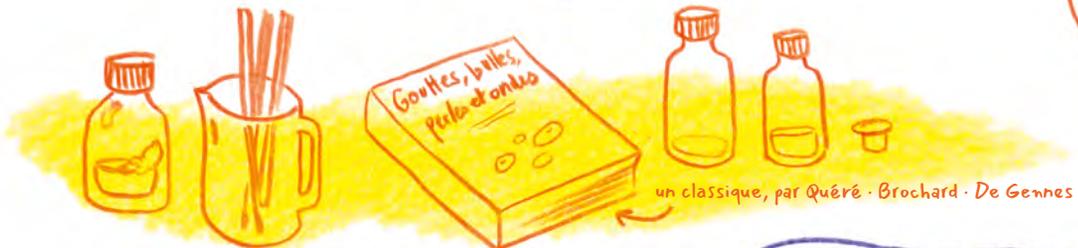
modules design pour acoustique au top

Salut Marie! Alors, ce dossier?

Mon équipe et celle d'Oriane travaillent en collaboration.

Oriane, enseignante-chercheuse

Est-ce que c'est ça, les réunions-mousse?



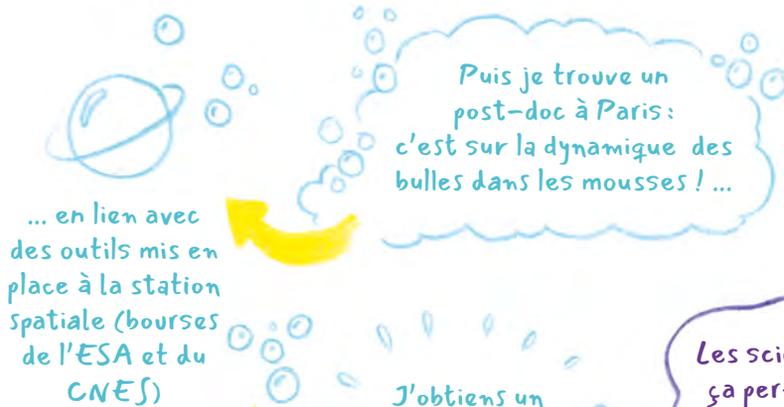
Un aspect de mon travail qui prend aussi beaucoup de temps: je suis co-responsable avec un collègue du bilan Gaz à Effet de Serre du labo!

On utilise l'outil développé par les chercheur·euses de **Labos 1point5**, qui étudient l'empreinte carbone de la recherche.

Pour changer ses comportements écologiques, il faut changer sa manière de penser la gestion des équipements, et du coup la manière dont on fait de la recherche.



j'y fais des gouttes, de la déformation de filaments visqueux, bref, de la mécanique des fluides avec des interfaces. Je soutiens ma thèse en 2010.



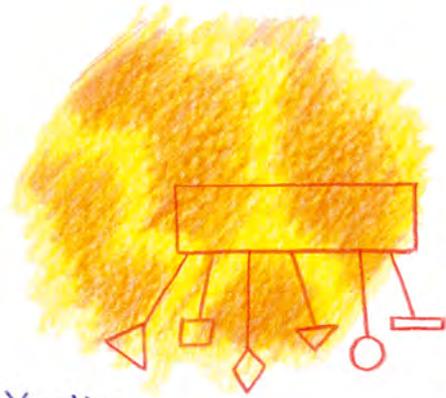
J'obtiens un poste fixe au CNRS en 2013, sur la dynamique d'interfaces

Les sciences expérimentales, ça permet de se confronter au réel, de travailler sur des objets du quotidien, c'est super important pour moi!

La démarche de modélisation devient une capacité à prédire, un outil de compréhension du monde qui t'entoure!

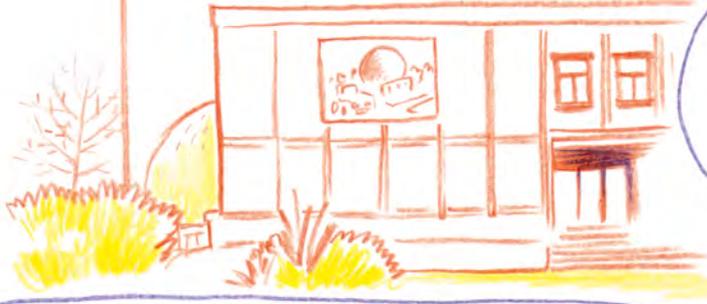
Maîtriser les ordres de grandeur, ça sert dans plein de domaines, ça permet d'éclairer et de guider nos intuitions. Tu peux difficilement tricher avec eux!





PYTHON EN APPROCHE

Toulouse, au Centre d'Élaboration de Matériaux et d'Études Structurales, au petit matin.

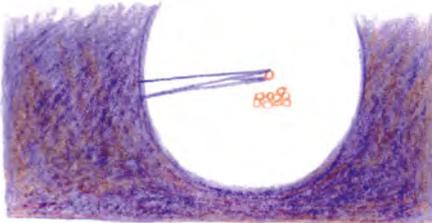


Bonjour !
Je suis Sébastien Weber,
ingénieur de recherche
et responsable du service
spectroscopie optique
au CEMES.



Ici on travaille sur la caractérisation des matériaux par différentes techniques, dont la microscopie électronique et la microscopie optique. Dans ce dernier cas, on utilise les modifications que la lumière apporte à la matière ainsi que la lumière qui en est réémise pour caractériser ce qui s'y passe, spatialement et temporellement, à l'échelle du micron et de la femtoseconde (10^{-15} s).

Une partie du labo fabrique des échantillons de matériaux...

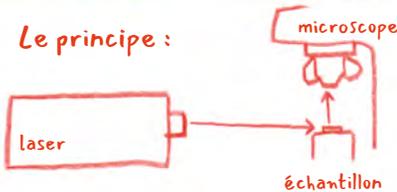


... et nous on les observe, on les teste, avec plein de lasers.



Une autre partie enfin explore les possibilités de créer des nano-machines moléculaires.

Le principe :



En microscopie optique, on ne peut pas voir aussi petit qu'avec un microscope électronique. Le problème avec ce dernier, c'est qu'on contrôle moins le type d'interaction; on aura tendance à « tout exciter ».

Du coup, selon ce que l'on veut étudier, on va utiliser tour à tour l'une ou l'autre des techniques de caractérisation à disposition.

Un peu comme ce que fait Delphine Lagarde au LPCND ?

Oui, sauf qu'elle utilise surtout des matériaux lamellaires et qu'ils observent souvent à basse température.

Observer à froid ou à température ambiante = méthodes et outils différent.

En fait c'est pas t'à fait pareil



Bon, enfin, y'a des lasers quoi.

Un microscope électronique accélère des électrons et les bombarde sur la matière afin qu'ils atteignent une longueur d'onde adéquate pour observer un échantillon mince à l'échelle de la distance interatomique.

Plus leur vitesse est grande, plus la longueur d'onde est petite.

Pour ce faire, on a besoin de générateurs très haute tension. Voici l'ancien générateur haute tension, construit dans les années 1960, à l'époque de la course à l'armement.



Le mystère de la boule de Rangueil enfin révélé!

Une fois, un groupe est venu faire un concert ici.

Maintenant on utilise des générateurs plus compacts.

C'est vrai que l'accoustique est hyper spéciale.

Je prends note pour mes amies bruitistes.

Je suis aussi responsable sécurité laser du labo!

Ici c'est une manip qui a 10 ans, où je travaille avec un chercheur opticien et un ingénieur en microscopie.



On cherche à tirer le meilleur parti de deux techniques: la microscopie électronique pour voir petit, couplée aux impulsions laser femtoseconde pour voir très vite; ça nous permet d'avoir l'équivalent de petits films là où on aurait que des photos statiques.

Je m'occupe de l'optique et de l'instrumentation.



Mon rôle c'est d'anticiper, de coordonner, d'apporter des réponses aux problématiques techniques des équipes de recherche. Ça passe par choisir ou développer des outils adaptés à ce qu'on veut faire.

Spectromètre Raman ou spectromètre infrarouge à transformée de Fourier ?

Diffractomètre à rayons X pour mesurer la longueur interatomique ?

Quel type de laser ? En fonction, on peut changer : délais, fréquence, compression, dispersion...



↳ Tout ceci pour faire face à différents matériaux qui ne réagissent pas tous pareil.

Je passe pas mal de temps avec l'administration pour les commandes.



Et aussi avec les technicien·ne·s des ateliers mécanique et électronique pour la fabrication en interne de pièces sur mesure.



Un truc auquel on pense peu vu de l'extérieur, c'est l'instrumentation des manip !



⊗ Instrumenter, c'est développer l'interface informatique qui va piloter récolte, visualisation et analyse des données produites par une expérience.

⊗ D'habitude, on a un logiciel pour ça, sous licence. Le souci, c'est qu'il faut repartir de zéro pour recréer tout le processus à chaque nouvelle manip.

perte de temps et d'argent

⊗ Ça m'a donné l'idée de développer un logiciel open-source modulaire, en langage Python, applicable à différentes manip, dans différents domaines.

Ça s'appelle PyMoDAQ, pour Python Modular Data Acquisition !



extensions spécifiques qu'on peut choisir et/ou développer soi-même

accessible !

gratuit !

open-source !

simple !

pratique !

collaboratif !

En gros, je fais de la gestion de labo et du développement de nouveaux instruments. Le reste du temps, je peux faire ce que je veux: c'est une grosse liberté, qui favorise le développement de projets comme PyMoDAQ. Une liberté d'essayer. Maintenant il faudrait qu'on passe à la vitesse supérieure pour sa diffusion!

Le CNRS finance des formations, mais on aurait besoin d'un ingé à plein temps dessus...



Bon app'!

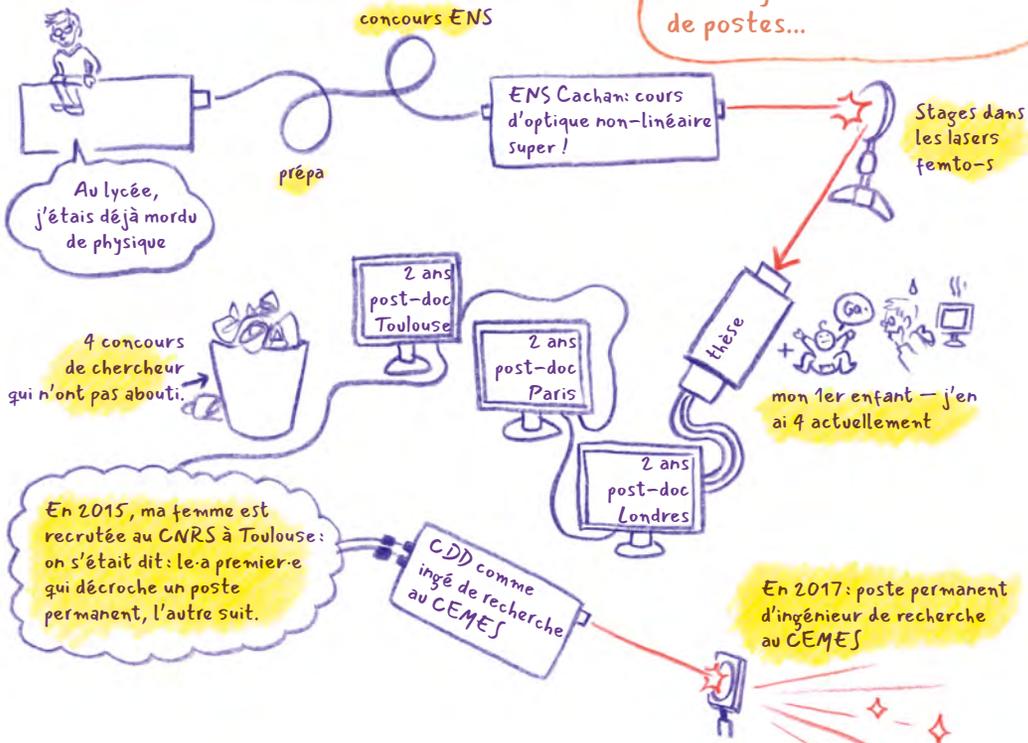




Les nano-matériaux peuvent avoir des applications hyper variées, de l'informatique au spatial, en passant par la médecine ! Les entreprises l'ont bien compris et on a pas mal de projets co-financés par elles.

C'est stimulant et motivant de bosser dans ce domaine, mais difficile de trouver des postes en recherche !

En France, l'industrie recrute dans les écoles d'ingé, les thèses sont moins valorisées — alors qu'à l'étranger oui ! Mais il y a encore moins de postes...



J'ai trouvé ce poste en discutant avec un chercheur qui avait besoin d'un technicien. La construction des manips, c'était surtout ça qui m'intéressait.



Les métiers sont très diversifiés, ce n'est qu'en essayant qu'on peut trouver. Il faut savoir être flexible et opportuniste, car parfois le rêve de départ peut être un peu biaisé par le contexte dans lequel on a été élevé, dans lequel on vit.



Opportunisme: je fais, flexibilité: à bosser.



Comme dans plein de labos, on a toustes des tâches transversales. Je suis dans le groupe de travail sur la psychodynamique au boulot !

Des relations tendues, des collègues déprimé.e.s ?
Grâce à ce groupe, on se rend compte des injonctions extérieures contraires à la réalité du travail
(déprimer ou tricher comme tactiques de survie).

Quelques pistes

- ➔ Prendre conscience du système et l'expliquer
- ➔ Communiquer sur la structure de manière transparente (structure n'est pas forcément hiérarchie)
- ➔ Expliciter et comprendre les besoins de chacun.e et mettre en place des solutions pour que tout le monde y trouve son compte

Pour éviter ce genre de chaos



un.e technicien.ne sans cesse interrompue pour des «urgences»



un.e thésard.e sommée de réfléchir dans un environnement pas adapté



un chercheur qui présente son travail sans créditer ses collaborateurices

Ça demande beaucoup de temps, beaucoup de réunions, mais la résolution de problèmes ne peut passer que par ça.

Souvent, les temps informels aident beaucoup, mais passé 17h, je m'occupe de mes gosses, donc j'ai rarement le temps d'aller jouer au ping-pong !

Bon, faut que je te laisse, je dois aller faire une échographie du mollet.

Je me suis blessé à la course d'orientation

Trop de vélo

Tiens, un sticker



Okay, à la prochaine, bon courage !



Super, des goodies !



SALTO DANS DIX DIMENSIONS



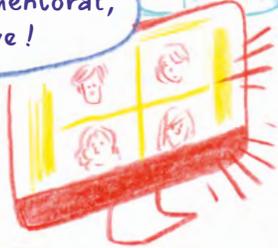
LPTHE · Laboratoire
de Physique Théorique
et Hautes Énergies

J'ai trouvé!



Bonjour!

Je termine juste
ma réunion mentorat,
j'arrive!



bla bla
séminaire
formation
égalité de
genre
ba bla



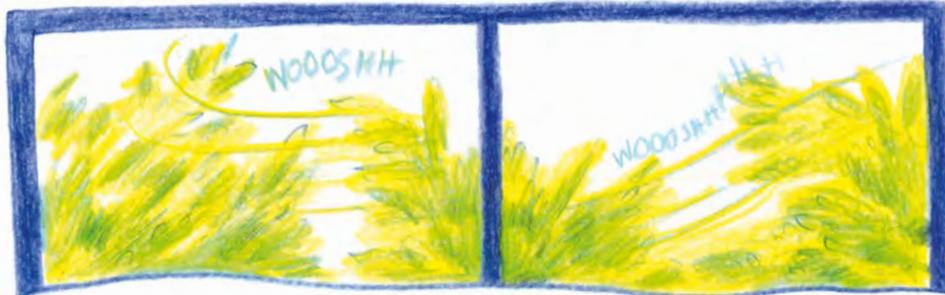
C'est bon!
On peut
commencer.

Merci!

Je suis Michela Petrini,
j'ai 56 ans, je suis
enseignante chercheuse
au LPTHE et à la fac
de Jussieu depuis 20 ans!



cime des arbres depuis le 6^e étage



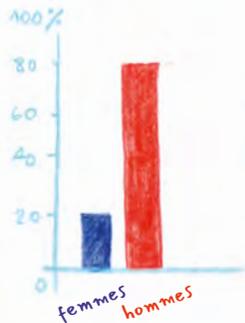
Dans ma recherche, j'étudie la théorie des cordes, avec laquelle on essaie de comprendre la gravitation quantique et l'unification des forces fondamentales.

Il se trouve que je dirige aussi la mission égalité de Sorbonne Université.

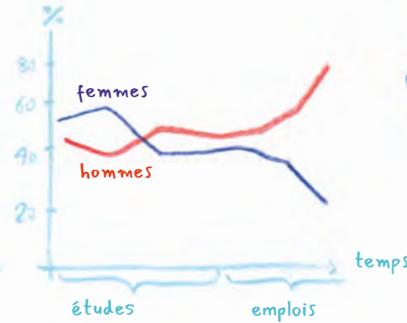
Il s'agit de mettre en place dans notre université une politique d'égalité entre les femmes et les hommes.



Le genre dans les carrières en physique:



Progression dans les carrières universitaires:



+ inégalités de salaires et d'accès aux postes à responsabilités (à l'avantage des hommes)



Lutter contre les stéréotypes de genre

Donner + de moyens aux femmes avec un mentorat pendant le doctorat.



court-métrage de prévention sur les biais implicites à l'œuvre dans les jurys de recrutement, réalisé avec le Théâtre de la Ville

+ théâtre-forum dans les amphis... etc.



Programme de stages de 3° dans les labos de l'université: montrer que la science est accessible à tous.

Tout cela donne lieu à beaucoup de réunions avec différentes administrations et collègues pour imaginer et organiser ces actions.

Michela? Tu as deux minutes s'il-te-plait pour discuter de l'école d'été?



Sorbonne Université, c'est 66000 personnes, ça bouge doucement.





: je suis également directrice de ce labo!
C'est comme une petite entreprise.
Mon rôle: guider la politique scientifique
du laboratoire et gérer ses financements.



Pour en revenir à la théorie des cordes, plusieurs choses :



Grâce à la Relativité générale d'Einstein, on sait que la masse courbe l'espace-temps; la force gravitationnelle est l'effet de cette courbure.

Cette théorie marche pour les étoiles, les planètes, mais elle ne peut pas expliquer toutes les propriétés des trous noirs par exemple. Pour ça il faudrait unifier la gravitation avec les effets de la mécanique quantique: c'est un problème ouvert.

Une autre question: il existe aujourd'hui une théorie qui permet de décrire les particules élémentaires que l'on voit dans les accélérateurs et dans l'univers. C'est le **Modèle Standard**.

Dans le Modèle Standard, on néglige la gravitation car les particules sont très légères. En plus, ce modèle ne peut pas expliquer la matière noire et d'autres phénomènes dans l'univers.

Comment aller au-delà du Modèle Standard?

Comment unifier particules élémentaires et gravitation?

La théorie des cordes est une des réponses possibles, en train d'être construite.



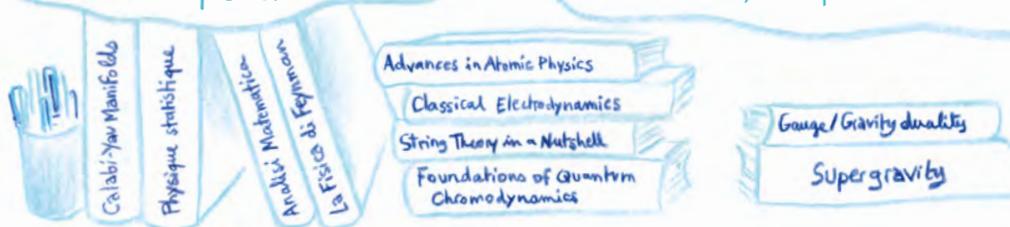
Le vrai problème, c'est qu'il est impossible d'avoir une preuve directe de la théorie des cordes: ce sont des échelles inatteignables expérimentalement: 10^{19} Giga électronVolts ! (équivalent du Big Bang en terme d'énergie). Dans les expériences du CERN, on atteint 1000 Giga électronVolts.

il faut tuer le G-vecteur

Mais nous pouvons faire des calculs et prédire ce qui devrait se passer à énergies plus basses, dans les accélérateurs de particules par exemple. Si les résultats expérimentaux étaient en accord avec nos calculs, on dirait qu'on est sur la bonne voie.

On fait des approximations, mais la physique, ce sont toujours des approximations pour pouvoir fonctionner dans un contexte précis.

Il faut être conscient-e des simplifications qu'on fait et dans quel cas celles-ci sont valables. Certaines théories sont bonnes dans un contexte, mais pas dans un autre.



Modèle Standard:

l'objet le + fondamental:



la particule

Théorie des cordes:

l'objet le + fondamental: une minuscule corde qui vibre = à chaque fréquence



correspond une particule bien définie

Si on part de ce postulat, on a les ingrédients pour décrire les 4 forces fondamentales, gravitation incluse!

La cohérence mathématique de la théorie implique que l'espace-temps n'a pas 1 + 3 dimensions

MAIS:

temps espace

mais 1 + 9 dimensions !!

Comment expliquer alors qu'on ne perçoit que 4 dimensions ?

Soit la compactification: il y aurait 3 dimensions grandes = celles qu'on voit + 6 dimensions extrêmement petites et repliées sur elles-mêmes

moi c'est là-dessus que je travaille

Soit l'hypothèse des univers branaires — on serait sur un « plan » dans un univers dix-dimensionnel

Les univers parallèles !!
Comme dans
« À la croisée des mondes »



PAR EXEMPLE



Tu vois cette paille? Bon. Si tu la regardes du haut du 3^e étage, tu ne vas voir qu'une ligne.

C'est le même principe avec les dimensions compactes, mais avec plus de dimensions.

Si on tente de visualiser ça donne ça.

Si tu te rapproches, tu vas découvrir une 2^e puis une 3^e dimension.



J'étudie les propriétés des dimensions invisibles qui déterminent la structure visible de la matière.

Le problème c'est qu'il y a beaucoup trop de possibilités; on espère comprendre pourquoi de toutes celles-ci une seule décrit notre univers.

★ Ce que j'aime avec la théorie des cordes ★
· elle pose des questions de base sur la nature de l'espace et du temps
· beaucoup de liens et applications dans d'autres domaines de la physique fondamentale et des maths
· liens avec l'intelligence artificielle, le machine learning

Ce qui me tient à cœur, c'est de remettre notre travail dans une perspective plus large, plus culturelle.

Sans doute dû à mon cursus: je suis italienne, et en Italie le lycée dure 5 ans: on y étudie plein de matières différentes jusqu'au bac, y compris philo, grec, latin, histoire de l'art!



Pas sûre de vouloir faire de la recherche, après ma licence de Physique je travaille dans une maison d'édition;

je fais aussi partie de l'équipe italienne junior d'athlétisme

puis à Milan sur la théorie des cordes

puis des post-docs

J'ai eu un poste de maître de conférences à Tours, puis un poste de prof ici à Jussieu.

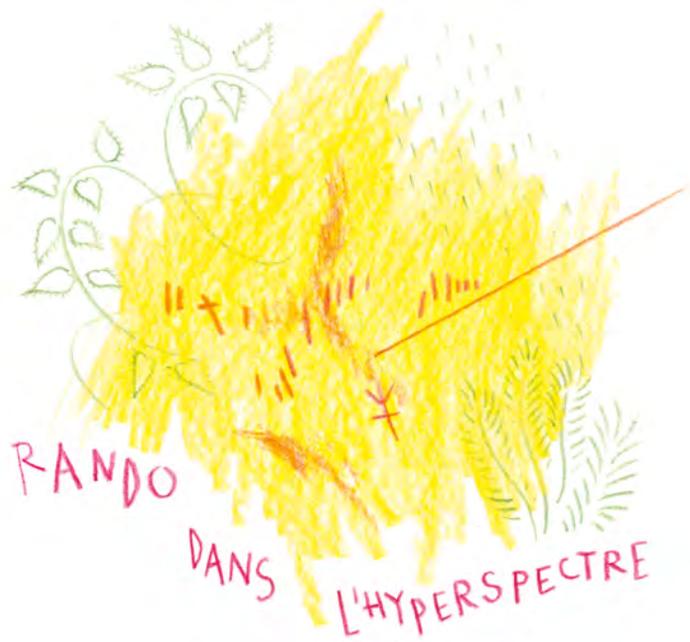
La physique, c'est beaucoup de travail, mais ça ne m'a pas empêchée d'avoir deux enfants, ni d'être une athlète de haut niveau.



Je suis un des (trop) rares exemples où, quand j'ai dû changer de pays pour mon travail, c'est mon mari qui m'a suivie. Quand je voyage pour mes collaborations et conférences, c'est lui qui s'occupe de nos deux filles.



Le patriarcat en 10 dimensions complexes: vous avez quatre heures.



Grenoble,
Institut Néel,
8h du matin.



Bonjour !
Je suis Pauline Martinetto, de l'équipe
Matériaux-Rayonnement-Structure.
Je suis enseignante chercheuse,
la moitié de mon temps dans un IUT
et l'autre ici, au labo.

Aujourd'hui, on part en mission sur le terrain et on t'embarque avec nous !
Un rapide tour des labos peut-être, pour la forme ?



Je travaille sur les techniques
d'analyse à base de rayons X (RX)
sur les matériaux du patrimoine.

Ça, c'est un diffractomètre à RX.
Le principe: on envoie un faisceau RX
sur un échantillon à analyser:



Le faisceau est diffracté, on détecte
et on mesure les angles de diffraction,
ce qui permet de déduire l'arrangement des
atomes de l'échantillon, et donc sa nature !

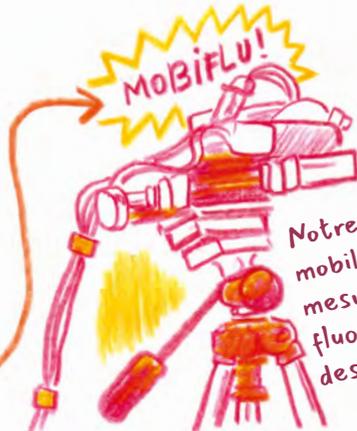
Méthode invasive:
on prélève la matière,
stratification plus précise.

Méthode non-invasive:
on ne prélève pas, afin de préserver
les pièces les plus fragiles/rares.



Vierge de
Pitié, fin XV^e

Promis
j'arrête la
clope



Notre appareil
mobile pour
mesurer la
fluorescence
des RX

J'aime bosser en groupe !



Constituer des équipes cohérentes avec des petits financements, c'est moins lourd, et on travaille à une échelle efficace qui me plaît bien !

Pour cette mission, voici l'équipe !



LA MAISON DE L'ARCHEOLOGIE

regroupe les travaux & échantillons collectés par Ada & Philippe entre 1978 et 2010 !

encore des rangées de boîtes





On vient toustes
ici pour ma thèse!
Son sujet:

Apport des analyses physico-chimiques
des matières colorantes à la compréhension
des peintures schématiques néolithiques.

Phase repérage / pronostics sur la stratégie à adopter



Hugo part
enquête
sur les
éboulis

Entre la nature
de la roche, le
fait que là, on a
l'impression que ça
se termine...

Mais on voit bien qu'il y a une
continuité de ce substrat,
pour autant. Mais on sait pas où
il s'arrête vraiment...

bla bla bauxite
bla bla bla
oxyde de fer?

Alors Coline,
qu'est-ce que
tu en penses?



Identifier les matières
utilisées, ça nous permet
d'essayer de comprendre
les savoir-faire, les trajets,
les influences, les modes
de travail des créateurices
du passé!



De mon côté,
mon enquête c'est:
pourquoi ont-ils fait
du schématique et pas
du réaliste?



Cheers!

À la belle journée
de travail qui
s'annonce demain!

Le jour suivant, tôt,
il faut monter plein de
matériel à pied.



Il fait 15°C de moins
qu'hier et il commence à
pleuvoir.

Même
pas
peur!



L'équipe va se relayer
toute la journée dans
cette position:



Mais pour l'instant,
il y a un problème.



11:44
 Même si l'origine de la panne reste mystérieuse, l'équipe pense que c'est dû à un contact électrique non voulu entre deux composants qui ont dû bouger pendant le transport: la source de RX et le détecteur. C'est maintenant réparé! Soulagement général.



Le reste de la journée se passe sans encombre.



Des chercheur-euses sont aussi venu-es mesurer l'acoustique du site.
 Au néolithique, on pouvait entendre jusqu'à 1,5km des gens qui parlaient fort dans l'abri!



Au début, je voulais faire de la restauration & conservation d'art.

J'avais un bac S, j'ai enchaîné avec une licence Physique-Chimie & Maths.



À l'oral du concours d'entrée à l'IFROA, le jury m'a encouragée à continuer les sciences.

Stages avec les matériaux du patrimoine (datation carbone 14)



Erasmus en Grèce ! Sur l'étude des mortiers.



Puis master 2 Pro en Physique appliquée à l'archéo/muséo,

en même temps qu'un master 2 de recherche en Histoire de l'Art.



Stage long à Grenoble à l'Institut Dolomieu sur la provenance d'obsidiennes.

La recherche, ça me plaît, j'ai envie de faire une thèse en matériaux

Je refais un master en Physique / Sciences des matériaux



Stage sur l'altération du verre de vitrail entre Marne-la-Vallée et Murano.

J'obtiens une bourse de thèse sur classement; je fais une candidature spontanée au CZRMF (labo des musées de France, sous le Louvre!)

J'y fais une thèse super en collaboration avec le labo de cristallographie de Grenoble: j'analyse des restes de cosmétiques égyptiens sur une ligne synchrotron!



khôl bactéricide baby!



J'ai enchaîné avec un petit contrat d'ingé, ensuite un poste d'ATER à l'IUT. Je continue la recherche au labo de cristallographie du CNRS, qui sera plus tard intégré à l'institut Néel.

1 an après, quand un poste de maître de conf' s'est ouvert, ma candidature a été soutenue par mes collègues.

Prélèvement de terres colorées au bord de la route

Et là, avec le programme Patrimalp, on analyse des objets au croisement de plusieurs disciplines.



inarrêtable

Rho c'est supeeeer!

Je me garde cette petite bauxite pour la route!

C'est pas mal des questions de chance, de réseaux, de rencontres, et l'envie de monter quelque chose de cohérent.



Merci à :



Sirine Amiri

Doctorante au Laboratoire de physique de l'ENS (LPENS)
(CNRS/ENS – PSL/Sorbonne Université/Université Paris Cité).

Et aussi à Cécile Sykes, Julie Plastino, Inge Bos, Johan d'Humières
ainsi qu'au LPENS.



Yohann Ayoul

Ingénieur d'étude CNRS au Laboratoire pour l'utilisation
des lasers intenses (LULI)
(CNRS/École polytechnique/Sorbonne Université).

Et aussi au personnel du LULI.



Vance Bergeron

Directeur de recherche CNRS au Laboratoire de physique (LPENSL)
(CNRS/ENS de Lyon).

Et aussi à Petar Kajganic, Amine Metahni, Ehsan Jafari,
Philippe Oulevay, Cindy Couvelaire, l'équipe de la salle S.P.O.R.T.



Antoine Browaeys

Directeur de recherche CNRS au Laboratoire Charles Fabry (LCF)
(CNRS/Institut d'optique Graduate School).

Et aussi à Guillaume Bornet, Gabriel Emperauger,
Bastien Gély et Cheng Chen.



Valentina Emiliani

Directrice de recherche CNRS à l'Institut de la vision (CNRS/Inserm/Sorbonne Université).

Et aussi à Vincent de Sars.



Éric Eyraud

Ingénieur d'étude CNRS à l'Institut Néel à Grenoble (NEEL) (CNRS).



Lucas Fery

Doctorant au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE) (CEA/CNRS/Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines).

Et aussi à Davide Faranda, Bérangère Dubrulle, Meriem Krouma, Camille Cadiou et Mireia Ginesta Fernandez.



Delphine Lagarde

Ingénieure de recherche CNRS au Laboratoire de physique et chimie des nano-objets (LPCNO) (CNRS/INSA Toulouse/Université Toulouse III - Paul Sabatier).



Marie Le Merrer

Chargée de recherche CNRS à l'Institut Lumière Matière (ILM)
(CNRS/Université Claude Bernard Lyon 1).

Et aussi aux collègues et étudiant-e-s de l'ILM, en particulier à Maxime Muller, Oriane Bonhomme et à toute l'équipe Liquides et interfaces ; à Peter Spelt et Bastien Di Pierro (LMFA) ainsi qu'à Reinhard Höhler et Sylvie Cohen-Addad (INSP).



Pauline Martinetto

Enseignante-chercheuse à l'Université Grenoble Alpes,
membre de l'Institut Néel (NEEL) (CNRS).

Et aussi à Ada Acovitsióti-Hameau (ASER Centre-Var) ;
aux collègues de l'Institut NEEL : Nils Blanc, Pierre Bordet
et Coline Théron (NEEL + EDYTEM) ; à ceux du Labo
EDYTEM : Hugo Burnet, Émilie Chalmin, Claudia Defrasne ;
et à Philippe Hameau (LAPCOS).



Michela Petrini

Professeure à Sorbonne Université, directrice du Laboratoire
de physique théorique et hautes énergies (LPTHE)
(CNRS/Sorbonne Université).



Sébastien Weber

Ingénieur de recherche CNRS au Centre d'élaboration de matériaux
et d'études structurales (CEMES - CNRS).

Thierry Dauxois et Linda Salvaneschi remercient :

Nous remercions très chaleureusement les douze physiciennes et physiciens qui ont accepté avec enthousiasme de partager leur quotidien dans les laboratoires de CNRS Physique et à travers leurs témoignages d'illustrer la diversité des métiers qu'offrent la physique.

Travailler avec CNRS Éditions et notamment avec Marie Bellosta et Blandine Genthon a été un vrai plaisir. Nous les remercions d'avoir permis à cet ouvrage de voir le jour.

Nous exprimons également notre profonde gratitude à l'équipe scientifique et administrative de CNRS Physique qui a accompagné ce projet tout au long de sa définition et de sa réalisation.

En amont et tout au long de l'année de la physique 2023-24, nous avons bénéficié de l'aide précieuse du pôle communication de CNRS Physique. Nous adressons donc nos remerciements sincères à Séverine Martrenchard, Vincent Planchenault, Lauren Puma et Marie Signoret pour leur engagement sans faille.

Bien sûr tous nos remerciements vont à Hélène Bléhaut d'avoir su saisir avec maîtrise et talent le cœur de ce projet.

Hélène Bléhaut remercie :

Tous les personnages de ce reportage ainsi que leurs équipes pour leur accueil, leur générosité et leur réactivité.

Linda Salvaneschi, Thierry Dauxois et les équipes de CNRS Physique pour leur confiance et leur implication, ainsi que l'équipe de CNRS Éditions.

Parce qu'un-e auteur-ice ne fonctionne que choyé-e, merci à : Françoise Goerg ; Géraldine Davis, Brigitte Li, Antoine Renaud, Romain Graziani, Malo Tarpin pour leur investissement protéiforme ; Lise Perret, Julie Muckensturm, Catherine Saint-Macary, Camille Bonnefoi, Éloïse Rey, Jean-Yves Bart, Yoshikazu G. Lemaître pour avoir mis un toit sur ma tête dans des moments de transition.

Les collègues de la Drèche et du Bastion XIV pour leur amitié.

Celles d'Estienne pour l'émulation.

Mes proches, qui ont suivi les rebondissements de cette série au jour le jour, pour leur soutien. Noé Bléhaut, Paul Robineau pour leurs jeux de mots qui auraient pu finir en titres.



Que signifie « faire de la physique » ? Que cherche-t-on ? Dans quel but ? À quoi ressemblent les journées des personnes qui en ont fait leur métier ? Comment, d'ailleurs, ont-elles su qu'elles désiraient choisir cette voie ? Quels sont leurs parcours, les difficultés rencontrées ? Comment les surmontent-elles ?

Voici douze portraits, six femmes et six hommes, à des postes variés dans différents laboratoires CNRS, chercheuse, ingénieur d'études, directrice de laboratoire, doctorant... Ici, on conçoit et construit des lasers très puissants ; là, on met en place des projets de sport par électrostimulation pour pallier le handicap moteur ; ailleurs, on cherche à comprendre la mécanique des cellules vivantes, on analyse au moyen de rayons X les matériaux utilisés dans l'art pariétal, on étudie les particules élémentaires pour essayer de réconcilier mécanique quantique et relativité générale... Partout, la même curiosité, la même inventivité, le même plaisir de chercher et de découvrir ensemble.

Cet ouvrage s'adresse avant tout aux jeunes qui s'interrogent sur la suite de leur parcours, ainsi qu'à leurs parents et au corps enseignant. Il a été imaginé dans le cadre de l'Année de la physique 2023-2024, qui vise à faire connaître la discipline au plus grand nombre.

Illustratrice et autrice, Hélène Bléhaut explore les possibilités de la bande dessinée du réel, avec un appétit particulier pour le travail de terrain.

12 € prix valable en France
ISBN : 978-2-271-14970-1



9 782271 149701



www.cnrseditions.fr