

## **Enryc**

*Qu'est-ce qui vous a donné envie de devenir chercheur en physique quantique ? quelles rencontres ?*

J'ai commencé à m'intéresser très jeune à la physique, avec les jouets orientés physique chimie, la fabrication de radios, les lectures. J'achetais des produits chimiques chez un pharmacien qui en vendait, c'était une autre époque. Bref, c'était une vocation très jeune. La physique quantique, c'est arrivé quand j'ai commencé la recherche, mais j'avais reçu avant des cours d'enseignants charismatiques comme Claude Cohen-Tannoudji dont les livres avec ses collègues ont été la bible de plusieurs générations.

## **Anaëlle**

*Quel a été le moment le plus marquant de votre carrière ?*

Clairement quand j'ai compris ce qui n'allait pas dans le premier circuit quantique que nous avons proposé pour faire un bit quantique. Il fallait le protéger des interactions avec le monde extérieur qui détruisaient la superposition de ses deux états, et j'ai trouvé une solution assez simple pour y parvenir, et pour pouvoir en lire l'état quantique. On l'a mise en oeuvre, et ça a marché.

*A quoi ressemblait une journée au laboratoire pour vous ? étiez-vous beaucoup sur les ordinateurs ou sur de la pratique ?*

-Un lundi matin, c'était souvent le lancement d'une nouvelle expérience à basse température. Le frigo se trouvait alors à 77 K (température de l'azote liquide). On refroidissait à 4 K avec de l'hélium liquide, puis à 1K en évaporant de l'hélium liquide, puis à 20 mK avec l'unité de réfrigération à dilution (qui fait passer des atomes d'un isotope de l'hélium, l'hélium 3, d'une phase liquide riche en He3 à une phase liquide pauvre en He 3 ; un peu comme un frigo normal évapore des molécules dans un liquide pour faire du froid). On était alors à basse température dans l'après-midi, et on commençait les expériences. En pratique on envoie des signaux continus ou micro-ondes, et on en reçoit. Tout ceci se fait bien sûr par pilotage informatique.

-Sinon, il y a aussi la partie fabrication des échantillons. J'avais adapté un microscope électronique pour en faire un système d'écriture semblable comme fait en micro-électronique. Il faut ensuite déposer des matériaux, faire des jonctions, tester les échantillons, ...

-Il faut lire les nouveaux articles sortis dans notre domaine. Et il faut comprendre la théorie, ce qui est souvent difficile, et assez souvent hors de notre capacité . Et bien sûr, il faut écrire des articles sur nos résultats, ce qui est très dur et prend beaucoup de temps.

-Il faut aussi beaucoup discuter entre nous. C'est en gribouillant ensemble sur un tableau qu'on fait sortir les bonnes idées. Trouver de bonnes questions menant à des expériences faisables est le plus important. Reste ensuite à concevoir l'expérience, à la fabriquer, et à l'effectuer.

*Qu'est-ce qui vous a le plus surpris dans la mécanique quantique ?*

Que des questions aussi fondamentales que le sens de ses concepts ne soit pas compris après un siècle de recherches avec un succès quasi-total à toutes les échelles, des particules aux étoiles.

## **Benjamin**

*Est-il possible de mesurer et d'observer des phénomènes quantiques ?*

Bien sûr ! la supraconductivité qui permet la lévitation s'observe facilement quand on a de l'azote liquide, une pastille de matériau supra, et un aimant. Mieux, on peut faire un petit système mobile, comme le montre cette vidéo :

<https://www.youtube.com/watch?v=4RcmjyN33q0>

La lumière produite par un laser résulte de phénomènes quantiques régissant l'interaction entre matière et rayonnement.

La page wikipedia est trop dure à lire, mais vous pouvez la regarder :

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Laser>

Ce qui est plus dur, c'est de placer un système macroscopique (c'est-à-dire non microscopique comme les atomes) dans un état quantique précis et de l'y mesurer. Plus dur : placer un tel système dans une superposition de deux états différents distinguables par la mesure. C'est ce qu'on fait avec les bits quantiques.

### **Gabrielle**

*Y a-t-il une référence, un écrit de Schrödinger sur l'expérience du chat ?*

Les écrits de Schrödinger ne sont pas très accessibles. Mais il y a pléthore d'articles de vulgarisation sur le sujet.

Des liens utiles :

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Chat\\_de\\_Schr%C3%B6dinger](https://fr.wikipedia.org/wiki/Chat_de_Schr%C3%B6dinger)

<https://www.cea.fr/comprendre/Pages/physique-chimie/essentiel-sur-mecanique-quantique.aspx>

La Recherche (pour les abonnés, mais vos profs le sont peut-être)

<https://www.larecherche.fr/le-chat-de-schr%C3%B6dinger-devient-r%C3%A9el>

### **Séforah**

*A part pour l'ordinateur quantique, la physique quantique sert-elle déjà à des objets qu'on utilise tous les jours sans le savoir ?*

-C'est la physique quantique qui a permis de concevoir tous les composants électroniques faits de semi-conducteurs, et notamment les transistors à la base des technologies électroniques du monde moderne. Il a fallu beaucoup d'ingénierie en plus, bien sûr. Les électrons dans ces circuits suivent les lois de la physique quantique, mais le courant global dans le composant est une quantité classique dépendant du temps  $I(t)$ .

-Les lasers, déjà mentionnés, qui sont un peu partout maintenant sont une technologie quantique.

-L'ordinateur quantique est différent dans le sens où le processeur quantique est placé lui-même dans une superposition d'états quantiques qui ont des courants différents

dans divers endroits du circuit, ... La machine est entièrement quantique, pas seulement les électrons qui se déplacent dans les fils.

### **Mathis**

*Faut-il vraiment faire de longues études pour maîtriser la quantique ?*

Il faut s'habituer aux concepts un peu bizarres de la physique quantique. Mais on s'y fait très bien. C'est en général enseigné sérieusement à partir de la troisième année dans le supérieur, mais on commence souvent un peu avant, ne serait ce qu'avec la chimie.

### **Evan**

*Quel est le salaire d'un chercheur ?*

Un doctorant en thèse gagne 1700 Euros net par mois. Un chercheur établi plus. Disons de 2500 jusqu'à 8000 Euros/mois. On ne fait pas fortune avec la recherche fondamentale, mais ceux qui déposent des brevets utiles, montent une start-up, ... peuvent gagner bien plus. On fait rarement fortune en étant chercheur. C'est un métier passion, qui a du sens. Et qu'on continue facilement sans être payé une fois à la retraite.

### **Noa**

*Pensez-vous que sur le long terme l'ordinateur quantique pourra remplacer le classique ?*

Franchement NON, à mon avis. L'ordinateur quantique n'est utile que pour résoudre les problèmes hors de portée des ordinateurs classiques, comme la compréhension des matériaux quantiques ou la chimie quantique. C'est mon avis, mais d'autres sont bien plus positifs que moi sur ce sujet.

### **Nyima**

*Comment les ordinateurs quantiques sont-ils s'ils sont faits d'atomes ? s'ils ne sont pas physiques ?*

Il y a plusieurs variétés d'ordinateurs quantique à base d'atomes :

La plus avancée :

-Des ions chargés sont maintenus par des champs électromagnétiques sur une ligne. Ils se repoussent et forment une sorte de rangée de perles. Chaque ion a des niveaux électroniques quantiques qui font un qubit et qu'on peut manipuler et lire avec des impulsions de lumière. La répulsion entre ions voisins induit un couplage entre qubits voisins qui permet de faire des portes logiques. Ces systèmes sont excellents en termes de précision des portes logiques quantiques effectuées, mais sont très lourds à mettre en œuvre, de vraies usines à gaz ! La montée en taille est très difficile.

On peut aussi piéger des atomes neutres sur un réseau avec ce qu'on appelle des pinces optiques. Ces atomes ont aussi des niveaux quantiques qu'on manipule avec des impulsions de lumière. La start-up PASQAL suit cette stratégie :

<https://www.pasqal.com/fr/technology/>

Avec des explications sur ce site. Il s'agit ici plus d'un simulateur quantique que d'un véritable ordinateur quantique. Une machine PASQAL a été récemment connectée à un ordinateur classique pour voir comment combiner les deux types de calcul.

*Commentaire personnel :*

Sans être en personne avec vous, je n'ai pas senti les points qu'il fallait reprendre, réexpliquer, ... Je vous prie de m'en excuser, je n'ai pas assez d'expérience de cet exercice en visio.

Mais si c'était possible, je viendrais en personne vous expliquer tout.

Et c'était quand même un plaisir d'être en contact avec vous qui êtes dans une superbe île que je ne connais que très partiellement.