





# Chercheur au quotidien



Sébastien Balibar

# Chercheur au quotidien



raconter la vie

SEUIL

Collection dirigée  
par Pierre Rosanvallon  
et Pauline Peretz

Pour aller plus loin  
(vidéos, photos, documents et entretiens)  
et discuter le livre :  
[www.raconterlavie.fr/collection](http://www.raconterlavie.fr/collection)

ISBN : 978-2-37021-027-2

© Éditions du Seuil et Raconter la vie, janvier 2014

Le Code de la propriété intellectuelle interdit les copies ou reproductions destinées à une utilisation collective. Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite par quelque procédé que ce soit, sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants cause, est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L.335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

[www.seuil.com](http://www.seuil.com)

Extrait de la publication

## Sons et lumières

C'est la première chose que j'écoute en entrant. Et, dès le palier du rez-de-chaussée, je l'entends.

Il n'a donc pas explosé cette nuit ?

J'entends ses pompes. Elles tournent. Rond.

Tout va bien. Je respire.

C'est mon frigo. Pas un réfrigérateur quelconque, mon instrument de travail, mon enfant.

S'il fuyait, j'entendrais ses pompes souffrir, siffler, hurler, cogner peut-être. Un silence serait pire encore : la mort de nos expériences, tout à reconstruire, sarcasmes des uns, condoléances des autres... Avec Claude et Étienne, nous avons mobilisé tous les ateliers du laboratoire, travaillé dur et mis deux ans à construire cette machine. Mais aujourd'hui ? Étienne et Claude sont devenus professeurs à l'université voisine. Les ateliers ont perdu du personnel. Et moi ? Aurais-je vraiment l'énergie nécessaire pour tout reprendre à zéro ?

Dans son livre sur la planète Mars, Jean-Pierre Bibring raconte l'explosion de la fusée russe qui emportait son satellite sonder le sous-sol de sa planète rouge. Un désastre. Dix ans de travail réduits en poussière. Et je lui avais dit :

« Tu sais, toutes proportions gardées, ton histoire me fait penser à mon frigo. Dans mon sous-sol, je lance une expérience comme tu lances ton satellite. D'ailleurs, ma

machine a la forme d'une fusée sur son aire de lancement, cylindrique, verticale. Remarque, ta fusée porte son satellite sur la tête alors que mon frigo tient notre cellule de mesure sous ses jupes... »

C'est dans cette cellule que nous allons bientôt mesurer la rigidité des cristaux d'hélium que nous savons maintenant purifier comme personne d'autre au monde. Et quand notre frigo descendra à - 273 degrés, ce sera tellement froid qu'on ne pourra plus rien toucher à l'intérieur. Comme Jean-Pierre, je parlerai à distance à des instruments qui transmettront mes questions à la Nature. Seulement voilà, « Mother Nature » ne nous répond que lorsqu'on l'interroge dans le bon sens. Et cela peut prendre des mois, parfois des années, pour obtenir une réponse complète.

Nos expériences ont recommencé la semaine dernière et jusqu'ici tout va bien. C'est très bon signe parce qu'en principe, quand on fait une erreur, cela se voit dès le décollage, ou très peu de temps après. Pour Jean-Pierre aussi, lorsque tout se passe bien une semaine après le lancement de son satellite, c'est qu'il a de bonnes chances d'arriver à l'endroit prévu et qu'il va pouvoir entamer ses observations.

Je me suis arrêté un instant sur le palier. C'est un rite journalier.

Maintenant, je descends au premier sous-sol. Mon labo est dans la deuxième pièce à droite. La première, c'est le local des pompes que j'entends ronronner. Lorsque le directeur du département de physique de l'École normale supérieure m'avait attribué ces deux pièces, c'étaient des caves sans fenêtre. Un sol en terre battue. Quelques étagères, des



collections d'instruments hors d'usage, de l'électronique dépassée. On avait tout jeté, posé un dallage qui puisse résister aux débordements fréquents d'air liquide, amené l'eau et l'air comprimé, couvert les murs de prises électriques, accroché quatre batteries de néons « lumière du jour » au plafond, assemblé une passerelle métallique pour que deux étudiants puissent y mettre leurs bureaux et y survivre trois ans chacun. Le temps d'une thèse de doctorat. C'est bien de survie qu'il s'agit parce que, pour travailler trois ans avec les pompes dans les oreilles sans jamais voir le jour, il faut avoir la passion de la recherche bien ancrée au ventre !

Albert, qui dirigea ma propre thèse il y a déjà longtemps, nous le répétait sans cesse : pour faire de la recherche dans son groupe, il fallait être « passionné et disponible ». À l'époque où mes premiers enfants naissaient, je ne trouvais pas cela facile tous les jours. Aujourd'hui, je ne répète pas cette exigence à mes étudiants, mais elle est dans nos arrières-pensées et aucun d'entre eux n'a jamais protesté contre les conditions qui leur sont imposées.

En fait, ils ont rapidement compris que nous travaillons au sous-sol pour que nos expériences soient plus stables. Avant de conquérir cette cave, je travaillais au deuxième étage. Oh ! on ne les sentait pas, là-haut, les vibrations de ce bâtiment, mais on les mesurait facilement. Un jour, j'avais regardé la réflexion d'un laser sur un verre d'eau, la tache réfléchie au plafond gigotait dans tous les sens ! Comme quoi, une expérience de physique élémentaire est beaucoup plus sensible que nos cinq sens. C'est ce jour-là que j'ai demandé à déménager au sous-sol et, maintenant, à la cave, la même petite expérience donne une tache bien stable. Au niveau de ses fondations, notre vieux bâtiment ne bouge pas.

Et puis, là-haut, le soleil se levait, se couchait, et changeait les conditions de notre optique d'une heure à l'autre. On avait mis des rideaux noirs mais ils ne suffisaient pas à isoler nos détecteurs du monde extérieur. Alors voilà, mes étudiants sont condamnés à vivre trois ans dans une cave sans fenêtre. Ils y mènent la grande survie. C'est beau, la Science !

Tellement beau que cette pièce a droit à quelques diminutifs affectueux. C'est notre «labo». Le laboratoire, c'est plutôt l'ensemble du bâtiment. Dans le reste du département de physique, nos collègues font des expériences, mais dans notre «labo», nous faisons des «manips», nous «manipons». Nous sommes des physiciens expérimentateurs.

Je n'ai pas encore enlevé mon manteau.

Je vais voir où en sont ces manips avant de rejoindre mon bureau.

J'ouvre donc la porte du labo, mais doucement. Ne pas perturber nos mesures ! Et je n'allume pas encore la lumière.

Il fait sombre, mais toute l'électronique de contrôle est en marche. Ce gris clair, à droite, c'est la jauge de pression qui vérifie que le vide, entre les parois en acier de notre machine, assure une bonne isolation thermique du cœur très froid par rapport à l'extérieur. Sur la gauche, derrière le frigo, c'est le réseau de diodes vertes de notre voltmètre numérique. Un peu plus loin, le débit du frigo s'affiche en rouge. Les témoins d'allumage de nos trois ordinateurs sont d'un bleu marine un peu violacé.

J'aime ce moment qui me rappelle les Noëls de mon enfance.

Ce bref moment d'émotion passé, j'allume pour vérifier les enregistrements de la nuit. Et le paysage change.

## Bricolage

J'ai allumé les néons.

Le jour s'est levé et ma cave apparaît comme ce qu'elle est vraiment : un atelier de bricolage. En fait, ma fusée frigorigène est posée sur une épaisse table noire, deux tonnes de béton qui flottent sur coussins d'air. Avec ses trois longs soufflets en inox qui lui prennent la tête et les trois tubes de silicone qui la nourrissent d'azote liquide par les flancs, elle a l'air d'un malade sous perfusion et respiration artificielle. Un visiteur extérieur pourrait même croire que cette cinquantaine de câbles électriques surveille que son électroencéphalogramme ne s'aplatit pas. Il n'aurait pas entièrement tort.

Autour de ce béton, bardé de câbles et de tuyaux, deux tables pour les ordinateurs et deux établis avec étaux, tiroirs à vis et boulons de tous diamètres et longueurs, à composants électroniques, à raccords de tuyauterie, à outillage, des fers à souder depuis le très fin d'un seul watt qui affiche sa température en rouge jusqu'au gros de 300 watts qui pèse son poids de cuivre massif, des clés plates, à tube et à molette, des clés Allen, des pinces multiprises, coupantes ou à dénuder, des tournevis évidemment, d'électricien ou de mécanicien, plats, cruciformes, ou à tête six pans pour vis BTR, des marteaux, des scies bien sûr, toutes sortes

de limes, des réglets, des ciseaux et des scalpels, de la colle... Au mur, dans une armoire vitrée, nous protégeons une précieuse collection de bobines de fils de tous diamètres, couleurs et matières : cuivre, acier inox, laiton, bronze, coaxiaux, émaillés, nus, supraconducteurs...

Les produits chimiques sont sous clé parce que cela, c'est dangereux. Ne pas dire aux agents de sécurité qu'on a différents acides pour décaper nos fils ou tubes d'acier, et même du cyanure pour dorer nos contacts électriques et thermiques ! Ni qu'on a un petit poste de soudure qui n'est pas sous hotte aspirante. En dessous de l'évier, des bidons d'huile pour nos pompes, de l'alcool et de l'acétone (ne pas dire cela aux agents de sécurité non plus, ils vont nous faire passer des visites médicales à répétition !), de l'eau distillée, du dégrissant, des chiffons et des rouleaux de Sopalin industriel...

Sur les étagères, les livres de physique fondamentale et d'autres plus spécialisés en cryogénie, c'est-à-dire en science et techniques du froid, en science des matériaux, mécanique quantique, acoustique, électronique... En dessous, tous les manuels d'utilisation de nos appareils (électronique de mesure et de contrôle, informatique, pompes...), les catalogues de fournisseurs en tous genres (matériaux, électronique, mécanique, gaz purs, pompes, informatique...), les thèses des étudiants précédents, mais surtout la précieuse collection de nos cahiers d'expériences où sont consignés depuis plus de vingt ans tous les détails de nos mesures, de nos méthodes, de nos échecs et de nos succès.

Sur les deux tables, à côté des ordinateurs, le cahier d'expériences de cette année (on dit « cahier de manip » évidemment), que chacun remplit au fur et à mesure de

l'évolution du travail en commun, et qui sert à savoir qui a fait quoi à quel moment, et à chercher, s'il y a un problème, quelle peut en être l'origine. Ce cahier à dos rigide, grand et noir, c'est notre mémoire collective. Andrew aurait voulu le remplacer par un fichier sur ordinateur. J'ai refusé. Une question de génération peut-être.

Et, sur tout le coin du fond, quatre armoires d'électronique: nos trois appareils de mesure de courant et de tension alternative dites «détecteurs synchrones numériques» de chez «Stanford Research», leurs préamplificateurs, un pont de mesure de résistance finlandais que nous avons remplacé par un Grenoblois beaucoup plus sensible et plus facile d'utilisation bien que d'un triste gris, le débitmètre du frigo fabriqué maison, celui de notre cellule – il est allemand celui-là –, au moins sept manomètres à aiguille qui rendent toujours service et trois autres qui sont numériques donc beaucoup plus précis, une source de courant alternatif dite «générateur de fonctions», américaine elle aussi, un pont de capacités qui mesure un niveau de liquide dans le frigo, quelques voltmètres supplémentaires, des panneaux de prises électriques... Tous les appareils numériques sont reliés à deux ordinateurs de contrôle qui affichent un tableau de bord général afin de pouvoir vérifier en permanence que tout cela nous obéit.

Autant dire qu'au milieu de ce bric-à-brac international, il reste peu de place pour circuler dans nos trente mètres carrés.

Mais ce n'est pas tout.

En effet, on ne descend pas à -273 degrés avec un réfrigérateur ordinaire. On descend par étapes: d'abord à la température de l'azote liquide, -196 degrés (c'est déjà très froid

mais c'est facile, cet azote liquide nous est livré par camions entiers), puis à celle de l'hélium liquide, -269 degrés, qui, lui, est produit sur place. Afin d'aller plus froid encore, nos pompes font circuler un mélange fluide qui coûte beaucoup plus cher que le fréon de nos cuisines. Ce dont nous nous approchons, c'est du «zéro absolu» de température, zéro degré Kelvin, une limite infranchissable dont la valeur précise est -273,15 degrés Celsius ordinaires ( $0\text{ K} = -273,15\text{ }^\circ\text{C}$ ). La température absolue exprimée en Kelvin est une mesure de l'agitation thermique de la matière. Le zéro, c'est l'extrême limite où la matière s'immobilise. Et pour comprendre la structure de la matière, il faut souvent éliminer cette agitation thermique qui en cache les plus fins détails, un peu comme un brouillard cache un paysage.

L'air qui vous entoure vous semble relativement calme ? Pourtant, les molécules d'azote et d'oxygène s'y entrechoquent en permanence. Et, entre deux chocs, elles foncent à la vitesse d'un avion de chasse, environ 500 mètres par seconde soit 1 800 km/h. Dans de l'air plus chaud, les molécules s'agiteraient encore plus vite. Au contraire, dans un gaz classique idéal qui s'approcherait du zéro absolu, les molécules finiraient par s'arrêter. Et donc, notre frigo est une fusée à trois étages dont le dernier s'approche de -273,15 °C. Il en existe de plus performants, mais le nôtre a des fenêtres pour voir à l'intérieur, c'est son originalité principale, et descend à -273,14 °C, c'est-à-dire + 0,01 Kelvin, un centième de degré au-dessus du zéro absolu, malgré la lumière qui entre par ses fenêtres. Pour réussir un tel voyage, notre frigo consomme une dizaine de litres d'azote liquide par jour et une vingtaine de litres d'hélium liquide tous les trois jours. Heureusement, ces liquides sont disponibles au bout

du couloir, là où Olivier et ses deux techniciens font tourner le « service cryogénie » du laboratoire, mais il faut les transporter dans de grands bidons de 100 litres, qui ne roulent pas facilement. L'hélium est léger, mais les bidons d'azote pèsent 120 kg et ont besoin de place pour tourner autour de nos deux tonnes de béton avec leur échafaudage cryogénique par-dessus. Ça passe, dans ce labo, mais il vaut mieux avoir son permis poids lourds !

J'oubliais un instrument essentiel qu'il n'est pas question de bousculer en manœuvrant les bidons d'azote ou d'hélium liquide : notre détecteur de fuites. Les fuites sont le cauchemar permanent des physiciens de la matière froide. Chaque étage doit être parfaitement isolé des autres, sinon ils seraient tous à la même température et on n'irait jamais taquiner ce zéro absolu. Or le vide est l'un des meilleurs isolants qui soient. Donc chaque étage est emboîté à l'intérieur des autres, comme des poupées russes qui seraient séparées par du vide. Et comme la moindre fuite casserait ce vide isolant et ferait bouillir tous nos liquides cryogéniques, nous surveillons tout cela en permanence. Le risque est triple : un réchauffement nous mettrait au chômage technique pour de longues semaines de réparation ; s'il était brutal, il pourrait faire exploser l'ensemble ; mais, surtout, nous pourrions perdre le fluide précieux qui refroidit le cœur de l'ensemble. Or ce n'est pas du fréon, c'est un mélange de deux gaz très propres : de l'hélium ordinaire dit « hélium 4 » parce que ses atomes ont un noyau à quatre particules, deux protons et deux neutrons, et un hélium léger, dit « hélium 3 », qui a un neutron de moins et est devenu hors de prix depuis que les services de sécurité des États-Unis ont décidé de s'en servir pour détecter tout passage de produits radioactifs à leurs

frontières. Nous en avons 200 litres, achetés à une époque où c'était relativement bon marché. Aujourd'hui, le remplacer coûterait 200 000 euros et peut-être même davantage car, en réalité, il n'y en a plus sur le marché, les services américains ont tout pris. Bref, la moindre fuite sur notre installation serait une catastrophe majeure. Nous avons donc un « détecteur de fuites », qui ressemble à une grosse boîte blanche sur roulettes, mais qui contient deux autres pompes et de l'électronique sensible autour d'une petite cellule qui reconnaît les atomes à leur masse. Notre détecteur de fuites sur roulettes est précieux, fragile, et en danger comme un voilier de course en plein rail d'Ouessant.

En somme, mon labo ressemble à un arbre de Noël avant d'allumer les néons, et à un garage dès que je les allume : ça sent un peu l'huile chaude, c'est plein de moteurs qui tournent, il y a de l'outillage en tout genre, et même des embouteillages !

Mais je crois que c'est plutôt un atelier de bricolage, malgré l'air sérieux de toute cette électronique. D'ailleurs, n'est-ce pas précisément ce dont nous avons besoin, de bricoler un nouveau prototype chaque fois que nous vient une nouvelle idée, d'être « apte à exécuter un grand nombre de tâches diversifiées », comme le disait Claude Lévi-Strauss ? Et vite. Donc d'avoir tout l'outillage nécessaire à portée de main, disponible comme nous-mêmes ?

Ariel, Fabien et Andrew viennent d'arriver.

Je note quelques chiffres sur le cahier de manips. On se félicite que tout semble avancer comme prévu. On passe en revue les premières mesures à faire aujourd'hui. Je monte dans mon bureau.



## Solide ET liquide ?

Mon bureau est au deuxième étage. Neuf mètres carrés seulement, mais j'y suis seul, une chance dans ce bâtiment surpeuplé. Et puis, j'ai une jolie vue sur le couvent voisin, celui des Missionnaires du Saint-Esprit. Nous n'avons pas vraiment les mêmes missions ! Mais j'apprécie leur calme voisinage. Leur toiture ancienne n'est restaurée que tous les dix ans, et le cuivre massif de leurs gouttières semble inaltérable.

Notre laboratoire a la chance d'avoir une ébéniste, Célia, et une peintre, Catherine, qui m'ont aidé à couvrir trois murs de rayonnages pour mes livres et dossiers, le quatrième d'un tableau noir, qui est vert. Je n'aime pas les tableaux blancs à cause de leurs marqueurs dont l'encre est grasse et colle partout. J'écris sur mon tableau avec des craies, et les agents de nettoyage le lavent tous les matins. Parfois j'écris «NE PAS EFFACER», mais elles ne comprennent pas qu'il m'arrive de vouloir garder quelques schémas ou équations. Alors, je prends des notes. Je suis un physicien expérimentateur, pas un théoricien, mais j'ai besoin d'équations pour que ma physique soit une science.

Entre le tableau vert et les étagères de livres, mon bureau et deux chaises. Sur ce bureau, des piles de papiers et de dossiers en cours d'examen, que j'essaie de ranger régulièrement

pour que mon ordinateur ait sa fraction de mètre carré, surtout si j'ai un visiteur qui s'assied en face. J'ai souvent eu l'impression que les idées ne me venaient que si j'avais la place de respirer, donc de bouger les coudes. C'est comme lorsque, chaque matin, je grimpe la montagne Sainte-Genève à vélo, j'ai besoin d'air, j'écarte les coudes.

Cet ordinateur est un portable récent. Je ne m'en sépare jamais. J'ai besoin de travailler le soir chez moi donc de le transporter dans mon dos lorsque je rentre. J'ai surtout besoin d'en changer au gré de l'évolution des logiciels afin de disposer d'outils informatiques sans cesse plus puissants. Je crois cela nécessaire pour rester en tête de peloton, devant mes concurrents. La recherche, c'est devenu une course internationale. D'ailleurs on se dope. Mais nous, c'est au café.

C'est donc sur l'ordinateur précédent qu'en janvier 2006 j'ai reçu ce message de la secrétaire de Pierre-Gilles de Gennes :

*Cher Monsieur,  
Vos commentaires et critiques seraient les bienvenus pour P.-G. de Gennes qui me demande de vous faire parvenir le papier joint.  
Tous mes souhaits à vous,  
Marie-F. Lancaster*

Pierre-Gilles de Gennes me faisait donc envoyer un brouillon d'article dont il souhaitait parler avant de le publier.

Deux chercheurs américains avaient découvert qu'un cristal très froid, de l'hélium solide, semblait couler comme un liquide infiniment fluide ! Et la nouvelle avait fait la une de plusieurs revues scientifiques, tant elle bousculait notre

intuition. Enfin quoi, un solide, ça ne coule pas ! Posez un cube d'acier sur une plaque de verre, il ne s'étalera pas comme une goutte d'huile, encore moins comme de l'eau ou de l'alcool !

Mais la physique moderne qu'on appelle « quantique » est célèbre pour ses bizarreries. On a bien découvert qu'un électron peut passer en même temps par deux fenêtres différentes, ou tourner sur lui-même à la fois à gauche et à droite...

Phil Anderson, un professeur de Princeton, lauréat du prix Nobel quatorze ans avant Pierre-Gilles de Gennes, venait de publier dans la revue *Science* une interprétation aventureuse de ce phénomène bizarre, baptisé « supersolidité » par différents théoriciens en 1969. À mon avis, ce mot avait été assez mal choisi. On pourrait croire qu'un « supersolide » est plus solide que les autres, mais non, ce n'est pas cela. Il existe des liquides infiniment fluides qu'on appelle « superfluides », et qui sont d'autres bizarreries de la physique quantique où les atomes se comportent comme des ondes, sortes de petites vagues capables de se superposer comme à la surface de l'eau. Les premiers théoriciens qui ont pensé à ces solides bizarres, en prédisant qu'ils seraient à la fois élastiques comme de vrais solides mais aussi « superfluides », ont fabriqué ce que Lewis Carroll appelait un *portmanteau word*, un mot-valise qui contient deux sens empaquetés, comme une veste et un pantalon dans une seule valise. Par exemple, on dit souvent « courriel » pour courrier électronique, et parfois « tapuscrit », pour « taper » et « manuscrit ». Donc, dans leur esprit, « supersolide » voulait dire « superfluide » et « solide » à la fois.

« Mais, dans un solide, les atomes ne bougent pas, ils sont pratiquement immobiles et ne se mélangent pas avec leurs voisins ! » me direz-vous.

Vous avez bien raison, et c'est bien pour cela que les superfluides sont difficiles à comprendre, les « supersolides » encore davantage. Être quelque chose et son contraire est évidemment étrange. La « supersolidité » est paradoxale depuis sa naissance, et personne n'a encore réussi à démontrer qu'elle existe. Phil Anderson proposait une explication que j'avais du mal à comprendre. À vrai dire, les auteurs de cette étrange découverte aussi, Moses Chan, un Chinois devenu américain, et son étudiant coréen Eunseong Kim, tous deux chercheurs à l'université de l'État de Pennsylvanie.

La superfluidité a été découverte simultanément à Cambridge et à Moscou en 1937, et on ne cesse depuis d'en explorer les bizarreries. On a compris qu'elle a une cousine germaine, la « supraconductivité », qui est à l'œuvre dans tous les scanners qui font de l'imagerie médicale dans les hôpitaux modernes. Associées l'une à l'autre, la superfluidité et la supraconductivité ont aussi permis aux milliers de chercheurs du CERN à Genève de découvrir une nouvelle particule élémentaire, le « Boson de Higgs », qui a fait la une des journaux en 2012. Voilà donc que toute cette physique complexe rebondissait avec l'existence possible d'une troisième cousine, la « supersolidité ».

Quant à Pierre-Gilles de Gennes, il proposait une explication plus simple aux observations de Chan et Kim. Il invoquait le mouvement possible des défauts de la structure cristalline de l'hélium et souhaitait m'en parler avant d'y réfléchir davantage. Un cristal, c'est un ensemble d'atomes bien rangés les uns à côté des autres, comme les oranges le sont à l'étalage d'un marchand de fruits qui soigne sa présentation. Parfois, le marchand se trompe de place pour une orange. Était-il distrait, ou bousculé ? C'est cela, un défaut