



HAL
open science

Un laser uchronique pour questionner l'histoire des idées quantiques ?

Eric Picholle

► **To cite this version:**

Eric Picholle. Un laser uchronique pour questionner l'histoire des idées quantiques?. 2016. hal-01427115

HAL Id: hal-01427115

<https://hal.science/hal-01427115>

Preprint submitted on 5 Jan 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Retour d'expérience... littéraire¹

Un laser uchronique pour questionner l'histoire des idées quantiques ?

Éric Picholle

Ces génies qu'on ne dépasse point, on peut les égaler.
Comment ? En étant autre.

Victor Hugo²

La naissance de la physique quantique et de ce qu'il est convenu d'appeler « l'École de Copenhague » est un événement-clef de l'histoire des sciences du XX^e siècle. C'est aussi un objet historique paradoxal, dont la lecture ne cesse d'évoluer et qui met à l'épreuve les méthodes traditionnelles de l'historien. Pourtant, il apparaît assez bien délimité dans l'espace et dans le temps — de l'hypothèse des *quanta* en 1900 à la conférence Solvay de 1927, à Bruxelles —, ne fait intervenir qu'un nombre très limité d'individus parfaitement identifiés et se trouve, presque par nature, extrêmement bien documenté³.

Pour l'historien des idées scientifiques, trois types de difficultés interviennent dans ce paradoxe. D'abord, la technicité du sujet. Si des rudiments de mécanique quantique sont désormais enseignés en premier cycle universitaire, la plupart de ses praticiens admettent qu'une véritable compréhension de ses enjeux suppose une meilleure maîtrise de son formalisme mathématique. Sans doute cette vision est-elle elle-même connotée (« *l'insistance sur des mots comme "formalisme" ou "symbolisme" à propos de la mécanique quantique signale déjà*

1. « Pour l'exemple » a initialement été publié sous pseudonyme ("Jean-Baptiste Capdeboscq"). Si, cédant à l'amicale pression des autres concepteurs de ce volume d'actes, j'ai, en dépit de l'inévitable porte-à-faux, accepté d'y voir figurer cette nouvelle et d'en mettre ici l'argument en perspective, j'ai préféré le faire ouvertement, sous mon identité professionnelle.

2. Victor Hugo, « L'Art et la science », in *William Shakespeare*, 1864 ; Garnier-Flammarion, Paris, 2014.

3. Ainsi, l'essentiel des discussions de la fameuse V^e conférence Solvay (Bruxelles, 24-29 oct. 1927), *Électrons et photons*, a-t-il été publié dès 1928 (Gauthier-Villars éd., Paris ; dir. Henrik Antoon Lorentz). Par ailleurs, conformément à la pratique scientifique, la plupart des arguments ont été échangés *via* les meilleures revues scientifiques de l'époque, leurs auteurs étant pleinement conscients de participer à une authentique révolution scientifique.

l'appartenance à une école de pensée née entre Göttingen et Copenhague au début des années 1920 », souligne Michel Bitbol⁴) et s'est-elle atténuée depuis les années 1980 ; mais elle n'en constitue pas moins un obstacle sérieux pour le non-spécialiste. Ensuite, son intrication avec la métaphysique. La querelle des interprétations de la mécanique quantique, y compris en tant que théorie de la mesure, suscite des débats ontologiques et méthodologiques dont l'historien lui-même, en tant que tel, ne peut pas nécessairement faire l'économie. Enfin, on compte parmi les acteurs de cette histoire plusieurs génies de première magnitude — Albert Einstein, Niels Bohr, Werner Heisenberg... — dont il serait de la dernière arrogance de prétendre cerner non seulement la pensée et l'imaginaire scientifique, mais aussi leurs limites, alors même que leurs interactions individuelles sont au cœur de l'événement historique considéré.

Cette dernière difficulté est bien connue des auteurs de science-fiction (SF) : rien, sans doute, n'est plus difficile que d'amener le lecteur à s'identifier à un génie universel⁵ au point d'éprouver l'émotion très rare et très spécifique de l'*euréka* archimédien, de l'émergence d'une intuition d'un concept véritablement nouveau.

C'est sans doute l'une des raisons pour lesquelles la science-fiction s'intéresse traditionnellement moins à l'émergence de concepts scientifiques *stricto sensu*⁶ qu'aux *applications* imaginables d'idées nouvelles et à leurs effets potentiels sur les sociétés humaines. En un sens, explique le prix Nobel de physique et inventeur du laser, Charles Townes, la SF peut même apparaître comme un révélateur des aspirations humaines :

Presque tout ce qui ne contredit aucune loi physique de base peut être fait. Ce qui est effectivement réalisé dépend avant tout des aspirations humaines. De ce point de vue, il est souvent intéressant et révélateur de considérer la science-fiction, qui représente d'une certaine manière ces aspirations. La SF des Grecs, celle du vol de Dédale, a mis un certain temps à se réaliser, mais elle est désormais éminemment réelle. *Vingt mille lieues sous les mers* est venu un peu plus rapidement. L'homme a voulu aller sur la Lune, et nous l'avons fait. Les choses que nous désirons vraiment, même si elles semblent improbables, ont en fait

4. Michel Bitbol, «Autonomie et ontologie (l'interprétation du formalisme quantique dans les années 1930), » in *Le Formalisme en question*, F. Nef & D. Vernant eds., Paris, J. Vrin, 1998, p. 193.

5. On pense par exemple au *Rêve de Galilée* de Kim Stanley Robinson (*Galileo's Dream*, 2009 ; Pocket SF, 2014), où cet auteur, pourtant réputé pour la qualité de sa documentation et son goût pour la ("hard") science, échoue à nous faire partager la passion du savant. Voir aussi, dans les présents actes, l'article d'Estelle Blanquet, « Jouer avec l'histoire des sciences : la révolution galiléenne au crible de Robert Heinlein (*Les Orphelins du ciel*), Kim S. Robinson (*Le Rêve de Galilée*) et Greg Egan (*Incandescence*) ».

6. On y trouve néanmoins des exceptions notables, par exemple chez Greg Egan, auteur réputé difficile qui n'hésite pas à consacrer des fictions à des concepts quantiques comme la représentation ondulatoire de la réalité (on pense à la partie de "football quantique" de « Gardes-frontière » (« Border Guards », 1999) ; in *Océanique*, éd. Béliat', 2009, pp. 17-42), ou encore aux problèmes liés à la mesure quantique dans *Isolation* (*Quarantine*, 1992 ; Livre de Poche SF, 2003).

beaucoup de chances d'advenir. Je pense parfois que l'intérêt pour les faisceaux laser est lié au foudre que brandit Zeus et au pistolet à rayons de Buck Rogers. L'humanité en rêvait aussi.⁷

Or l'une des caractéristiques les plus intrigantes de la révolution quantique est précisément la largeur du fossé qui s'est creusé entre les avancées incroyablement rapides de la théorie et de la physique fondamentale, du début des années 1920 jusqu'à la seconde guerre mondiale, et le retard de leurs applications concrètes, dont les premières ne sont apparues qu'à la fin des années 1940 avant de devenir la clef des technologies de la seconde moitié du XX^e siècle, de la microélectronique à la bio-ingénierie moléculaire en passant par l'énergie et les armes nucléaires.⁸

Une approche uchronique serait-elle à même d'amener un éclairage nouveau sur cette question ?

Une brève histoire de la mécanique quantique

Dans notre réalité consensuelle, l'apparition et la maturation des idées quantiques peut se décomposer en trois périodes principales⁹ :

L'ère des pionniers (1900-1927) : C'est en 1900 que Max Planck formule pour la première fois ce qu'il est convenu d'appeler « l'hypothèse des quanta »,¹⁰ pour résoudre certains paradoxes liés au rayonnement du "corps noir" : l'énergie ne s'échangerait pas de façon continue, mais par "paquets" minuscules (mais finis), de valeur $E = h\nu$ pour une onde de fréquence ν , h devenant bien sûr la "constante de Planck"¹¹. Dès 1905, Albert Einstein affirme la réalité physique de tels paquets de lumière, qu'on appellera bientôt *photons*,¹² et qui permettent d'interpréter

7. Charles H. Townes, « The Possibilities of Expanding Technology », 1984 ; in *Making Waves*, New York, AIP Press, 1995, p. 125.

8. Éric Picholle, « Le Laser ou l'impensable ingénierie quantique », in *Noésis*, 5, *Formes et crises de la rationalité au XX^e siècle*, vol. 2, *Épistémologie*, 2003, pp. 101-115 Accessible en ligne : <http://noesis.revues.org/1507> (déc. 2016).

9. On pourrait être tenté d'identifier une quatrième période, des années 1980 à nos jours, avec le recul progressif d'orthodoxie quantique au bénéfice d'une approche plus ouverte, sous l'effet, d'une part, des efforts de Claude Cohen-Tannoudji pour le renouvellement de la pédagogie de la physique quantique, et d'autre part du test expérimental concret de certaines questions réputées totalement abstraits, comme celui du pseudo-paradoxe "E.P.R." par Alain Aspect en 1981 ; mais cette discussion déborde largement du cadre du présent article.

10. Henri Poincaré, « L'Hypothèse des quanta », 1912 ; in *Dernières pensées*, FB éd., Paris, 2015.

11. La constante de Planck, $h \approx 6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s, a la dimension d'un moment cinétique.

12. Le terme n'apparaît stabilisé qu'en 1928, sous la plume d'Arthur Compton.

certaines caractéristiques de l'effet photoélectrique.

En 1913, Niels Bohr franchit un pas supplémentaire en proposant le modèle planétaire de l'atome, dont les électrons ne peuvent se trouver que sur un petit nombre d'orbites permises. La métaphore associée se révèle d'une grande puissance et marque rapidement l'imaginaire collectif.¹³

Le français Louis de Broglie propose pour sa part, en 1924, d'étendre à la matière le concept einsteinien de double nature, ondulatoire et corpusculaire ; l'interférence (propriété ondulatoire par excellence) de particules matérielles sera confirmée expérimentalement, début 1927, par les américains Clinton Davisson et Lester Germer. Au cours des années suivantes, de Broglie développe ses idées en proposant une théorie quantique qu'il nomme *mécanique ondulatoire*.¹⁴

Plusieurs autres théories sont proposées entre 1924 et 1927, les plus significatives étant la mécanique matricielle de Werner Heisenberg (1925), exprimant la problématique microphysique de façon très mathématisée, en termes d'*observables* et de résultats de mesure ; son approfondissement par Paul Dirac, qui insiste sur la non-commutativité de cette algèbre matricielle (1926) ; et sa reformulation par Erwin Schrödinger en termes d'équations différentielles (1926), établissant un pont entre les visions de Heisenberg et de de Broglie.

La Conférence Solvay et l'école de Copenhague (1927-1942) : Il peut alors sembler que « *la confusion est à son comble* »¹⁵ lorsque s'ouvre en octobre 1927, à Bruxelles, la V^e conférence Solvay, *Électrons et photons*, qui réunit tous les principaux acteurs de la révolution quantique. Elle se réduit pourtant à un consensus sur les résultats et les aspects techniques de la microphysique, l'équivalence formelle entre les différentes théories en présence étant rapidement établie en dépit de la variété des approches mathématiques. De façon plus surprenante encore, c'est sur le terrain de l'interprétation, voire de l'ontologie, que refleurit la confusion, des affrontements sévères opposant, en particulier, les deux principaux animateurs des débats, Albert Einstein et Niels Bohr.

Deux clans s'établissent alors durablement, avec d'un côté les formalistes,

13. Anouk Barberousse et Pascal Ludwig, « les Modèles comme fiction », in *Philosophie*, n°68, éd. Minuit, 2000, pp. 16-43.

14. Louis de Broglie, *La Mécanique ondulatoire*, Gauthier-Villars éd., Paris, 1928.

15. Dans les termes de Paul Langevin, présent à la conférence.

tenants d'une interprétation probabiliste de la nouvelle théorie quantique, défendue par Bohr ; et de l'autre les réalistes, minoritaires, comme de Broglie et dans une moindre mesure Schrödinger, mais surtout Einstein, arc-bouté sur des principes métaphysiques, voire théologiques (sa justification semi-facétieuse, « *Dieu ne joue pas aux dés* »,¹⁶ étant probablement l'une des "petites phrases" les plus fameuses de la physique contemporaine).

La majorité des physiciens actifs¹⁷ dans le débat quantique se rallie toutefois sans ambiguïté à l'interprétation du danois Bohr, donnant naissance à ce qu'il est convenu d'appeler "l'école de Copenhague" — ou plutôt à son *esprit*¹⁸. Parmi eux, on peut compter Max Born, Paul Ehrenfest, Werner Heisenberg, Pascual Jordan, Wolfgang Pauli... L'homogénéité culturelle de ce groupe est singulière : il s'agit d'un petit groupe de jeunes physiciens mathématiciens, tous remarquablement brillants et originaires d'Europe du nord¹⁹. Une exception notable est l'anglais Dirac, incontestable compagnon de route de l'école de Copenhague mais qui reste néanmoins en marge,²⁰ dans la mesure où il préfère « *traiter de choses plus importantes* »^{21,22} que les problèmes d'interprétation, *a fortiori* de théologie.

Une autre caractéristique de l'école de Copenhague, peut-être sans équivalent dans l'histoire des sciences, est sa revendication de la légitimité exclusive d'un langage formel pour décrire le monde quantique, inaccessible donc au langage naturel. Mieux : « *Ne vous exprimez jamais plus clairement que vous ne pensez* » préconise Bohr.²³ Or, même s'ils sont publics, la technicité des outils mathématiques et formels nécessaires est suffisante pour que la physique

16. « *Gott würfelt nicht* ». Formulation condensée d'un paragraphe d'une lettre d'Einstein à Max Born, datée du 4 décembre 1926.

17. Ce qui exclut nombre de physiciens de la génération précédente, éventuellement présents à Bruxelles, y compris des sommités comme Marie Curie ou Ernest Rutherford.

18. La première mention explicite de ce courant de pensée semble en effet remonter à 1930 : dans la préface de ses *Principes physiques de la théorie des quanta* (*The Physical Principles of the Quantum Theory*, 1930 ; J. Gabay éd., Paris, 1990), Heisenberg explique vouloir diffuser ce « *Kopenhagener Geist der Quantentheorie* » — littéralement, "l'esprit copenhagois de la théorie quantique".

19. D'Autriche pour Ehrenfest (1880-1933).

20. C'est d'ailleurs une attitude très générale chez Dirac. Ses collègues de Cambridge s'amusaient ainsi à définir une unité spécifique de débit : 1 Dirac = 1 mot par heure... Rapporté in Graham Farmelo, *The Strangest man. The Hidden Life of Paul Dirac, Quantum Genius*, Farber & Farber éd., Londres, 2009, p. 89.

21. P.A.M. Dirac, « The Inadequacies of quantum field theory », in *Paul Adrien Maurice Dirac*, dir. B.N. Kursunoglu & E.P. Wigner, Cambridge Un. Press, 1987, p. 194.

22. ... et tout aussi fascinantes, en particulier pour les amateurs de science-fiction. Voir par exemple l'article de Robert Heinlein, « Paul Dirac, Antimatter and YOU ! », 1975 ; in *Expanded Universe*, vol. 2, Phoenix Pick, Rockville, Maryland, U.S.A., 2015.

23. Abraham Pais, « Einstein and the quantum theory », *Review of Modern Physics*, vol. 51, 4, 853-913, 1979 ; (a) p. 890.

quantique apparaisse presque ésotérique aux non-initiés — y compris la plupart des spécialistes de physique appliquée^{24,EP,IL}.

En dépit de la persistance d'un débat au plus haut niveau entre Bohr et Einstein²⁴ sur la complétude de la théorie quantique, l'école de Copenhague devient rapidement ultra-dominante dans la microphysique des années 1930 et 40, élaborant un nouveau paradigme physique, au point qu'on a pu parler à son propos d'*interprétation orthodoxe* de la mécanique quantique. Einstein lui-même se retrouvera très marginalisé et finira par se consacrer essentiellement à la cosmologie.^{23,AP}

Le temps des applications (depuis 1942) : Si aucune application significative²⁵ de la théorie quantique ne semble avoir émergé au cours des 15 années suivant sa cristallisation en 1927, la seconde guerre mondiale change naturellement la donne. Les physiciens théoriciens sont mobilisés ou sommés de se mettre au service des technologues de l'armée. La première application majeure de la physique quantique ne tardera pas, avec le *projet Manhattan* et le développement de la première arme nucléaire de destruction massive, ainsi que celui de composants pour les radars et les microondes.

Ce verrou ayant sauté, les applications de la physique quantique se multiplieront au point de dominer l'histoire de la seconde moitié du XX^e siècle, aussi bien du point de vue stratégique et diplomatique (avec la bombe nucléaire), économique et industriel (avec le développement exponentiel de la microélectronique, qui rend par surcroît possible celui de l'informatique), et même socio-politique (avec les conséquences des mêmes, ainsi, plus généralement, que de la miniaturisation constante de la plupart des dispositifs technologiques).

Pourquoi si tard ? D'après Charles Townes,

Bien sûr, une découverte qui aurait pu être faite plus tôt n'a rien d'inhabituel en matière de science ou d'ingénierie. Néanmoins, le cas de l'électronique quantique est assez frappant pour qu'il soit utile de passer en revue le développement des idées avant que ce nouveau domaine ne devienne visible, et les obstacles qui l'ont fait trébucher^{26a} et ont retardé sa création.²⁶

24. Qui propose entre 1927 et 1934, en collaboration avec Boris Podolsky et Nathan Rosen, d'une part, et Richard Tolman de l'autre, une série de paradoxes brillants, tous rapidement réfutés par Bohr dans le cadre du paradigme de Copenhague.

25. J'entends ici par "application" un dispositif d'intérêt technologique, et non les travaux de physique fondamentale s'appuyant sur la physique quantique, comme les grandes découvertes de la physique nucléaire dans les années 1930.

26. Charles H. Townes, « Escaping Stumbling Blocks in Quantum Electronics », 1984 ; Repris dans

Parmi ces obstacles, on a déjà identifié le poids du formalisme ; mais était-il objectivement tel que le hiatus observé entre théorie et application fût inévitable ? Pire encore, la guerre mondiale était-elle un ingrédient nécessaire au franchissement de ce seuil ?

Ou bien la personnalité de Bohr, ou encore la culture scientifique germanique de son groupe, ont-elles pu contribuer à approfondir le fossé observé avant-guerre entre les quanticiens de Copenhague et la physique appliquée, *a fortiori* l'ingénierie ? Le parcours des deux principaux acteurs français de l'ère des pionniers, Louis de Broglie et Léon Brillouin tous deux invités à la conférence Solvay de 1927, suggère en effet que de tels paramètres humains pourraient également avoir une grande importance.

Encadré

La tentation de la fiction

Il ne semble donc pas illégitime d'imaginer que la perception de la physique quantique par le reste de la communauté scientifique eût pu être très différente si celle-ci s'était par exemple principalement développée en France plutôt qu'en Allemagne et au Danemark, que la physique appliquée s'en fût rapidement emparée et que l'apparition de certaines applications majeures eût alors été anticipée, peut-être, de plusieurs décennies.

Une telle hypothèse a-t-elle un sens, et une quelconque légitimité, pour l'historien des idées ? Et dans la mesure où c'est bien le cas, comment la tester, pour lui conférer un minimum de scientificité ? Faute de la machine à explorer le temps chère à H.G. Wells,²⁷ il va de soi qu'il n'est pas question de reproduire l'expérience historique elle-même en variant tel ou tel paramètre, comme pourrait être tenté de le faire un physicien ; il n'est malheureusement pas plus envisageable

Making Waves, op. cit., p. 24. (a) Townes dit plus joliment : *the stumbling blocks*.

27. Herbert George Wells, *La Machine à explorer le temps* (*The Time-Machine*, 1899) ; Folio SF, 2016. Dès les premières pages du roman, on envisage d'utiliser la machine à des fins d'observations historiques : « — *Ce serait remarquablement pratique pour les historiens,* » suggéra le Psychologue. « *On pourrait par exemple voyager dans le passé et vérifier les comptes-rendus généralement acceptés de la bataille d'Hastings.* » — *Ne pensez-vous pas que cela pourrait attirer l'attention ?* » dit le Médecin. *Nos ancêtres n'avaient pas beaucoup de tolérance envers les anachronismes*. — *On pourrait apprendre le grec des lèvres mêmes de Homère et de Platon* » pensa le Très Jeune Homme. »

d'en développer une version même très simplifiée, un "toy-model", une expérience contrôlée dans laquelle on se contenterait de laisser interagir une poignée de génies scientifiques à partir de différents jeux de conditions initiales, sans se préoccuper de la complexité de la société qui les abrite (à tout prendre, à supposer qu'on sache en susciter suffisamment, autant les employer à résoudre les défis actuels plutôt qu'à comprendre comment auraient pu l'être autrement ceux du passé !).

Faute de la possibilité même d'une expérience directe, l'expérience de pensée, c'est-à-dire la fiction, apparaît comme le seul recours envisageable. On ne compte plus celles consacrées à la problématique de la Bombe,²⁸ qu'il s'agisse d'analyser, côté américain, le dilemme moral des scientifiques qui, dans les termes de Robert Oppenheimer,²⁹ ont participé à ce « péché originel »³⁰ de la physique du XX^e siècle ; de décider, côté allemand, si Heisenberg et ses collaborateurs ont été aveugles à cette possibilité ou ont souterrainement œuvré à en détourner les nazis³¹.

Il est frappant de constater que la fiction a même *anticipé* ces débats, et ce dès les débuts de l'école de Copenhague, dont les jeunes physiciens impertinents n'hésitaient pas à camper Bohr en Faust moderne.³² On peut également trouver une certaine ironie dans le parcours inverse d'un auteur majeur de la science-fiction, Robert Heinlein, dont une nouvelle, « Solution non satisfaisante »,^{33a} pose dès 1941 les termes du débat sur les conséquences géostratégiques de l'existence d'armes nucléaires de destruction massive, pour devenir en 1945, dans une réalité bien trop concrète, l'un des principaux activistes politiques en faveur de leur contrôle supranational.^{33b}

28. John Canaday, *The Nuclear Muse. Literature, Physics and the First Atomic Bombs*, Un. Wisconsin Press, 2000.

29. e.g. L'opéra *Doctor Atomic* de John Adams, livret de Peter Sellars, 2005.

30. « *The physicists have known sin ; and this is a knowledge which they cannot lose* ». Robert Oppenheimer, rapporté dans *Life Magazine*, 10 oct. 1949, p. 133.

31. Thomas Powers, *Le Mystère Heisenberg. L'Allemagne nazie et la bombe atomique (Heisenberg's War : The Secret History of the German Bomb)*, 1993 ; Albin Michel éd., Paris, 1993.

32. *The Blegdamsvej Faust*, Par la *Stossbrigade* [brigade de choc] des *Institut for Teoretisch Fysik* [Max Delbrück et al.], 1932 (inédit en français).

33. (a) Robert A. Heinlein, « Solution non satisfaisante » (« Solution Unsatisfactory », 1941), in *Solution non satisfaisante. Robert Heinlein et l'arme atomique*, éd. Somnium, Nice, 2009, pp. 11-73 ; (b) Éric Picholle, « Robert Heinlein, l'atome et la Lune, 1938—1946 », idem, pp. 118-159.

De l'histoire secrète à l'uchronie

La plupart de ces textes relèvent plutôt de la *fiction historique*, c'est-à-dire ici d'une histoire des sciences plus ou moins fabulée. Isabelle Stengers propose le terme de *scientifictions*³⁴ pour désigner des textes collant au plus près aux faits historiques connus, en se permettant de combler les interstices qui subsistent toujours entre eux. On pourrait également les qualifier d'*histoires secrètes*³⁵ lorsque l'influence supposée de ces compléments imaginaires sur la réalité consensuelle est présentée comme significative. Ainsi, la pièce de Michael Frayn, *Copenhague*,³⁶ spéculé-t-elle sur les échanges et les motivations politico-éthiques qui ont pu placer les anciens très proches amis Bohr et Heisenberg sur des trajectoires aussi divergentes, le premier contribuant puissamment à l'effort nucléaire de son camp, quand l'autre s'en abstient.

Toutefois, si de telles spéculations peuvent s'avérer une aide précieuse pour à l'appréhension des enjeux et des personnalités, le respect des événements historiques en limite fortement le champ dès lors qu'on ne considère plus des individus et des individus singuliers, mais un contexte plus général. Elles se heurtent par surcroît à la difficulté déjà évoquée, pour un auteur ou un lecteur ordinaires, de s'identifier à un très grand esprit.

L'uchronie, l'histoire contrefactuelle offre une autre voie, moins contrainte *a priori* : peut-on, en s'autorisant un "point de divergence"³⁷ avec la réalité consensuelle, imaginer une histoire alternative de la mécanique quantique, qui permettrait d'en éprouver quelques paramètres sociologiques ?

Choix d'un point de divergence

« Ces génies qu'on ne dépasse point, on peut les égaler. Comment ? En étant autre », nous assure Victor Hugo.^{2.vii} Une façon de tester l'importance du paramètre culturel dans l'histoire des idées quantiques est alors d'imaginer que, quelque part entre 1905 et 1920 (pour que l'hypothèse des quanta soit émise, mais pas encore les

34. Isabelle Stengers, préface à *La Guerre des sciences aura-t-elle lieu. Scientifiction*, Les empêcheurs de penser en rond éd., 2001.

35. Éric Vial, « Note sur les uchronies, l'histoire contrefactuelle, les historiens et quelques autres », dans le présent volume.

36. e.g., au théâtre, la pièce *Copenhague (Copenhagen)* de Michael Frayn, 1998.

37. Éric Henriot, *L'Histoire revisitée. Panorama de l'uchronie sous toutes ses formes*, 2e édition, Encreage éd., 2004.

premières grandes théories quantiques), une poignée de physiciens d'une créativité comparable à celle de Bohr, Heisenberg et leurs amis, mais d'une culture différente — donc de préférence non allemands, et pas nécessairement spécialistes de physique mathématique —, y aurait joué un rôle de premier plan.

Ma tendance naturelle étant bien sûr de confier ce rôle à un français,³⁸ le choix du protagoniste s'avère en pratique assez limité. Brillouin et de Broglie seraient des candidats logiques, mais avec la difficulté de devoir confronter leurs contributions imaginaires à celles qu'ils ont historiquement réalisées, donc de devoir justifier d'éventuelles divergences. Henri Poincaré (1854-1912) et Paul Langevin seraient également tout à fait crédibles, avec la difficulté symétrique en ce qui concerne le second qu'il a fait le choix, dans l'histoire réelle, de s'impliquer dans le débat sur la relativité plutôt que dans celui sur les idées quantiques. Pierre (1895-1942) et Marie³⁹ Curie, enfin, complètent la liste des grands physiciens français de la période.⁴⁰

La tentation de la facilité réduit donc le choix à Poincaré et Pierre Curie, dont la toute-puissance de la fiction permettrait de simplement retarder la disparition de quelques années, le temps d'une aventure quantique, sans rien changer à leur histoire connue. Poincaré étant un physicien mathématicien et Curie, avant tout, un expérimentateur, c'est donc sur ce dernier que mon choix s'est porté, d'autant plus aisément que les Curie forment un couple romanesque⁴¹ bien mieux connu du grand public que l'austère Poincaré.⁴²

Le point de divergence entre l'histoire consensuelle et l'uchronie s'impose alors naturellement : l'accident de circulation du 19 avril 1906 qui, dans la première, a coûté la vie à Pierre Curie, le laissera dans la seconde diminué

38. L'autre grande nation de la physique du début du XX^e siècle étant le Royaume-Uni, avec des figures comme Rutherford, Rayleigh, Thomson, Bragg et bien sûr Dirac.

39. Marie Curie (1867-1934) présente les mêmes inconvénients que Langevin. Le grand acteur français de la génération suivante, Frédéric Joliot-Curie (1900-1958) était, pour sa part, clairement trop jeune même en 1920.

40. L'auteur a également pu caresser la tentation facétieuse d'y inclure René Blondlot, le malchanceux découvreur des "rayons N" (1904). Mais un tel choix aurait brouillé la réception de la nouvelle pour ceux qui le connaissent, et risqué de désarçonner les autres. (voir par exemple : Pierre Thuillier, « La Triste histoire des Rayons N », in *Le Petit savant illustré*, Seuil, Paris, 1980).

41. Auquel des fictions importantes ont déjà été consacrées, comme la pièce à succès de Jean-Noël Fenwick, *Les Palmes de M. Schultz* (1989), ensuite très joliment adaptée au cinéma par Claude Pinoteau (1997) ; le film a même bénéficié de caméos de caution de physiciens comme Georges Charpak et Pierre-Gilles de Gennes.

42. Ou serait-ce justement une excellente raison pour faire de ce dernier le protagoniste d'une expérience de pensée uchronique complémentaire ? *Hmmmmmm...*

physiquement mais disponible pour une nouvelle aventure intellectuelle.

Choix du contexte

Pierre Curie donc. Expérimentateur génial et passionné — prix Nobel de physique 1903 avec son épouse Marie (et Henri Becquerel), « *en témoignage des services extraordinaires rendus par leurs recherches conjointes sur les phénomènes radiatifs* », concepteur d'instruments scientifiques à la pointe de la technologie de son temps⁴³...

Fin connaisseur de la théorie aussi,^{43b} quoique sans doute pas au niveau d'abstraction d'un Heisenberg. Il sera donc nécessaire, pour la crédibilité de l'histoire, de lui associer un théoricien génial. Un comparse imaginaire ? Sauf à convaincre le lecteur de sa fulgurance en quelques paragraphes, la ficelle sera un peu grosse s'il multiplie les intuitions brillantes. Poincaré, de nouveau ? Ce serait beaucoup d'exposition pour le présenter et mesurer le caractère exceptionnel de son esprit, après en avoir fait de même pour Curie. Einstein, alors ? Le plus populaire des physiciens du XX^e siècle, l'archétype même, pour beaucoup, du génie scientifique : là encore, le choix était facile, à condition toutefois de se contenter d'*ajouter* une corde à l'arc déjà bien garni du théoricien de la relativité, mais sans trahir ses idées historiques, bien documentées, sur le monde quantique.

Ensuite, sur quelles pistes scientifiques les faire travailler ? Pierre Curie est un expérimentateur : pour que l'histoire reste crédible, il convient que ce soit une découverte expérimentale ou une invention technologique. Lesquelles peut-on imaginer d'anticiper ? La tentation est grande de laisser le découvreur de la radioactivité poursuivre son exploration de la physique nucléaire naissante pour, peut-être anticiper ses applications majeures, civiles ou militaires. Il serait même assez simple d'imaginer une sorte de fusion entre Pierre Curie et Frédéric Joliot-Curie,⁴⁴ le travail historique du second servant de guide aux intuitions uchroniques du premier. Toutefois, le scénario présenterait des faiblesses béantes : la physique nucléaire naissante des Joliot-Curie, dans les années 1930, est le fruit d'une telle

43. (a) comme l'électromètre piézo-électrique qui a rendu possible l'étude de la radioactivité ; (b) sa thèse de doctorat (1895) introduisait ainsi la notion de groupe cristallographique, outil théorique encore très utilisé aujourd'hui.

44. Le futur mari de sa fille Irène, que Pierre Curie n'a bien sûr jamais rencontré. Frédéric et Irène Joliot-Curie ont reçu le prix Nobel de chimie 1935 pour leur découverte de la radio-activité artificielle.

multitude de découvertes fondamentales et de progrès technologiques par rapport à celle des Curie, au tournant du siècle, qu'il ne serait pas crédible de la condenser en quelques années, *a fortiori* de la créditer à un seul super-héros de la physique. En outre, une telle approche nous ramènerait presque inévitablement sur les problématiques morales rebattues des pères de la bombe atomique, qui ne pourraient qu'embrouiller notre question de départ sur le rôle de la culture.

Une seconde possibilité est la physique du solide, dont le Pierre Curie historique est également un éminent contributeur. Elle débouche sur l'invention des semi-conducteurs, donc sur toute l'électronique moderne. Mais cette fois, c'est en aval de la découverte fondamentale qu'il faudrait condenser des années de travail d'une multitude d'ingénieurs pour aboutir, sur l'espace d'une nouvelle, à des applications notables. Là encore, fort peu crédible *a priori*.⁴⁵ Or l'un des adages les plus connus de l'écriture SF est : « *show, don't tell !* »⁴⁶ : une histoire racontant l'anticipation géniale du transistor mais se concluant par une lourde explication du futur merveilleux qu'elle ouvre à la technologie serait un échec narratif garanti.

La troisième technologie quantique par excellence est le laser.⁴⁷ La thématique s'impose naturellement, d'abord parce que c'est aussi la spécialité scientifique de l'auteur de la nouvelle, mais aussi parce qu'elle ne présente aucun des inconvénients des précédentes : elle n'implique qu'un petit nombre d'avancées fondamentales et techniques, par une poignée de pionniers, initialement du moins, et elle concerne un objet technique autosuffisant, déjà bien présent dans l'imaginaire collectif, du foudre de Zeus évoqué par Townes⁴⁸ aux « rayons de chaleur » de la *Guerre des mondes*,⁴⁹ donc relativement facile à mettre en scène.

Les applications pacifiques bien connues du laser, des télécommunications à la chirurgie, présentant de nouveau l'inconvénient de nécessiter un grand nombre d'inventions annexes et la mise en place d'un complexe socio-économique d'envergure, le plus simple est clairement d'en rester à une application belliqueuse du type « rayon de la mort »⁴⁹. Le contexte général qui s'impose est

45. Du moins, dans les limites de l'imagination de l'auteur. Je ne doute pas que d'autres, plus inspirés, pourraient y réussir.

46. Leitmotiv de l'influent éditeur d'*Astounding Science Fiction*, John Campbell, à ses auteurs de l'Âge d'Or de la SF. Éric Picholle, « Pouvoir, vie et science-fiction : Show, don't tell », in revue Offre, IDEA éd, Bucarest, Roumanie, vol. *Pouvoir et Vie*, P.A. Miquel éd., 2003.

47. Jeff Hecht, *Laser Pioneers*, Academic Press, New York, 1992.

48. Herbert G. Wells, *La Guerre des mondes (The War of the Worlds, 1898)* ; FolioPlus coll. Classiques, 2007.

49. Le terme *death ray*, également apparu en 1898, est largement popularisé dans les années 1920 et

donc celui de la première guerre mondiale ou plutôt, faute de goût pour les scènes de combat, de la période qui la précède immédiatement. On pourra par exemple s'inspirer de certains éléments contextuels d'une œuvre comme *L'Été 14*, de Martin du Gard.⁵⁰

Plausibilité historico-scientifique

L'invention de l'amplification cohérente par émission stimulée de microondes (*maser*, 1955), puis de lumière (*laser*, 1958), ont valu à Charles Townes le prix Nobel de physique 1964⁵¹. Pour ce dernier, toutefois, « *il n'est aucune des idées intervenant dans la construction des masers et des lasers qui n'ait été connue au moins vingt ans avant l'apparition de ces dispositifs.* »⁵² Au-delà du concept de rétroaction, classique en physique, et des astuces d'ingénieur, celles de ces idées de nature proprement quantique sont d'une part les concepts d'*inversion de population* (Tolman, 1924⁵³) dans un modèle de niveaux atomiques ou moléculaires discrets (Bohr, 1913), et d'autre part d'émission stimulée, prévue théoriquement par Einstein (1916-17⁵⁴) et observée expérimentalement par Rudolf Ladenburg en 1928⁵⁵.

En supposant à Einstein une très forte motivation — politique, dans la nouvelle — pour donner la priorité à cet axe particulier de recherche, avancer de deux ou trois ans sa théorie de l'émission stimulée ne semble pas poser de difficulté particulière, non plus que de lui attribuer, dans la foulée, la théorie semi-classique de Tolman, dont il était très proche, même en l'avancé de dix ans.

30, du fait, d'une part, de l'usage généreux qu'en fait Buck Rogers, et d'autre part des propositions publiques de Tesla en la matière. William J. Fanning, *Death Rays and the Popular Media 1876-1939 : A Study of Directed Energy Weapons in fact, Fiction and Film*, McFarland éd., U.S.A., 2015.

50. Roger Martin du Gard, *L'Été 14*, 1936 ; in *Les Thibault*, t. II, Folio, 2003. La dette de « Pour l'exemple » y est implicitement reconnue, entre autres, *via* l'apparition dans la nouvelle, dans un rôle secondaire, du protagoniste de *L'Été 14*, Jacques Thibault, sous son nom de guerre, Baulthy.
51. Partagé avec les russes Nikolai Bassov et Alexandre Prokhorov pour leurs travaux, plus spécifiquement, sur le laser. Le premier laser opérationnel, dû à Theodore Maiman, a fonctionné en 1960.
52. Charles H. Townes, « Escaping Stumbling Blocks in Quantum Electronics », op. cit., p. 24.
53. Richard C. Tolman, « Duration Of Molecules in Upper Quantum States », *Physical Review*, vol. 23, pp. 693-709, 1924. Notons qu'après 1927, comme Einstein, Tolman disparaîtra rapidement de la scène quantique pour se consacrer à la cosmologie.
54. Albert Einstein, « Strahlungs-emission und -absorption nach der Quantentheorie », *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*, **18**, pp. 318-323, 1916 ; « Zur Quantentheorie des Strahlung » *Physikalische Zeitschrift*, **18**, pp. 121-128, 1917.
55. Hans Kopfermann and Rudolf Ladenburg, « Untersuchungen über die anomale Dispersion angeregter Gase. II : Anomale Dispersion in angeregtem Neon (Einfluß von Strom und Druck, Bildung und Vernichtung angeregter Atome) », *Zeitschrift für Physik*, **48**, 1-2, pp. 26-50 (1928).

La transposition de la découverte de Ladenburg est plus problématique. En effet, les travaux de ce dernier portent sur la spectroscopie des flammes, et il semble n'avoir eu à aucun moment l'intuition d'une application de ses travaux à l'amplification de lumière. Son statut dans l'histoire du laser relève donc d'une reconstruction *a posteriori*, une fois acquises les idées de Townes sur l'amplification cohérente par émission stimulée.

L'hypothèse la plus forte de l'uchronie sera donc d'accorder une intuition directe de la possibilité de l'application de l'émission stimulée au laser, rebaptisé *rayonneur cohérent*. Si l'utilisation, pour la produire, de la spectroscopie des flammes, en pleine expansion au début du XX^e siècle, apparaît assez naturelle compte tenu des technologies disponibles à l'époque, il n'en s'agit pas moins d'une inversion de la séquence scientifique, et non plus de la simple anticipation d'une découverte.

Pour autant, elle ne semble pas illégitime, compte tenu des questions soulevées par l'inventeur lui-même sur les raisons du "retard" de l'invention du laser, dont toutes les bases théoriques sont disponibles dès 1924⁵⁶ (1914 dans l'uchronie). Pour Townes, « *tous les retards inutiles qui ont pu survenir étaient en partie liés au fait que l'électronique quantique se situe entre deux domaines, la physique et le génie électrique* »⁵⁷ — c'est à dire, entre "physiciens" quanticiens (implicitement orthodoxes, au sens de Copenhague, ultra-dominant à son époque) et spécialistes de physique appliquée, comme lui.⁵⁷

Or le caractère nécessaire de pareille coupure est précisément ce que nous testons dans cette expérience de pensée littéraire. Il convient donc de noter 1/ que l'uchronie sera fondée sur une hypothèse intégrant déjà la non-pertinence de cette coupure ; il ne pourra donc être question d'en déduire celle-ci *a posteriori*, au risque de la pétition de principe. Mais qu'en revanche 2/ la possibilité même d'une histoire alternative cohérente sur cette base constitue en effet un argument contre sa *nécessité*.

Rétroingénierie

Comment rendre techniquement plausible l'invention du *rayonneur cohérent*

56. Aujourd'hui encore, il est courant d'introduire un cours de physique des lasers à partir d'un modèle semi-classique dérivé de celui de Tolman.

57. Éric Picholle, « Le Laser ou l'impensable ingénierie quantique », op.cit.

en 1914 ? La première contrainte est évidemment que le dispositif décrit soit susceptible de fonctionner. Plutôt que d’inventer *ex nihilo* un nouveau type de laser et de vérifier sa faisabilité, le plus simple est de partir de lasers connus, idéalement parmi les plus rustiques, et de corriger le cas échéant d’éventuels anachronismes en adaptant certains composants aux technologies disponibles en 1914.

Le fonctionnement d’un laser dépend principalement, d’une part, du mécanisme de “pompage” qui permet d’y stocker l’énergie qui sera transmise au faisceau, et d’autre part du résonateur optique qui permet de rendre cette transmission efficace. Il existe divers type de pompage : optique (inventé par Alfred Kastler en 1950, et supposant des sources de lumière plus efficaces que celles disponibles au début du siècle) ; électrique (principalement⁵⁸ dans les lasers à semi-conducteurs, dont on a vu que le développement anticipé était problématique) ; et chimique. Même si elle est très minoritaire aujourd’hui, cette dernière technique semble la plus compatible avec les technologies de 1914. C’est d’ailleurs celle qu’exploiteront les expériences historiques de Ladenburg.

Le pompage chimique est basé sur l’utilisation de réactions très exothermiques, donc génératrices d’un excédent d’énergie qui peut se traduire par la production de molécules dans un état excité (i.e. instable), en nombre suffisant pour produire une inversion de population (i.e. plus de molécules dans l’état excité que dans l’état fondamental). L’une des plus étudiées dans ce contexte est la réaction de formation de l’acide fluorhydrique, $H_2 + F_2 \rightarrow 2 HF + \text{énergie}$, utilisée pour le pompage de lasers susceptibles d’émettre des impulsions laser de très grande énergie dans l’infrarouge ($\lambda = 2,7 \mu\text{m}$). Bien que délicat à manipuler, l’acide fluorhydrique est facilement disponible et sa chimie est bien connue depuis le XVIII^e siècle. Inutile donc de chercher plus loin. Un laser chimique à acide fluorhydrique apparaît donc comme un excellent candidat pour l’uchronie.⁵⁹

La solution historique de Townes (en collaboration avec Arthur Schawlow) à la question du résonateur optique est de placer le milieu actif — le nuage d’acide fluorhydrique excité, ici, donc — entre deux miroirs parallèles, dans une configuration dite de Fabry-Perot, introduite dès 1899 par les deux opticiens

58. Mais pas exclusivement. Le choix d’un laser à CO_2 pompé électriquement aurait aussi été envisageable, en poussant à ses limites l’électrotechnique de l’époque.

59. Et ce d’autant plus que l’auteur a lui-même, au milieu des années 1980, travaillé sur un laser HF/DF de type militaire.

français Charles Fabry et Alfred Perot et donc bien connue de Pierre Curie. La plupart des lasers modernes utilisent en revanche des miroirs spéciaux, avec un rapport très précisément déterminé entre réflexion et transmission à la longueur d'onde du laser, dont la technologie est assez récente. Aucune électronique de contrôle n'étant par surcroît envisageable, il faudra donc équiper notre rayonneur HF d'un dispositif plus rustique pour libérer l'énergie du résonateur de Fabry-Perot. Le même problème s'étant présenté aux développeurs des premiers lasers historiques, dans les années 1960, il est possible d'envisager des solutions alternatives historiques dûment éprouvées, comme celle dit du *Q-switch* actif, où le facteur de qualité (Q) du résonateur est rapidement basculé d'une valeur maximale lorsque les miroirs sont parallèles à une valeur presque nulle lorsqu'on en efface un, libérant l'énergie lumineuse qui le parcourait sous la forme d'une unique impulsion laser brève et intense. Le mécanisme uchronique devant être très rapide, mais mécanique, et non électronique, on choisira de chasser le miroir de sortie du rayonneur à l'aide d'une détonation, en l'occurrence celle d'une balle de pistolet, selon une technique éprouvée dans d'autres contextes au cours de la première guerre mondiale⁶⁰. Du point de vue strictement technique, aucun anachronisme n'apparaît donc nécessaire.

Le reste est affaire d'habillage narratif : choix d'un personnage de point de vue qui ne soit pas un scientifique, à la fois pour faciliter l'identification du lecteur, légitimer des dialogues d'un niveau technique modéré et, surtout, esquiver le défi de faire parler et penser un esprit plus grand que celui de l'auteur ; choix d'une problématique ostensible qui ne soit pas non plus trop scientifique — en l'occurrence, quelque part entre Brel et Martin du Gard : *Pourquoi ont-ils tué Jaurès ?* — à la fois pour que ceux des lecteurs qui ne seraient friands ni de *hard science fiction*, ni d'histoire des idées scientifiques, puissent malgré tout y trouver leur compte et pour éviter autant que possible l'écueil d'un didactisme excessif ; une touche de suspens (j'espère), un rien d'eau de rose...

Vers une École de Prague ?

La nouvelle se termine sur la mort de Jaurès, au lendemain de la démonstration de l'efficacité du rayonneur cohérent. Elle laisse ouverts les deux enjeux qu'elle soulevait : d'une part, l'uchronie rejoignant la réalité consensuelle

60. Willy Ley, *Shells and Shooting*, Modern Age Books éd., New York, 1942.

dans les circonstances de l'assassinat de Jaurès, le lecteur peut imaginer aussi bien un retour de l'histoire dans son cours tragique qu'une fin plus heureuse, Pauline et Bergson, par exemple, réussissant envers et contre tout à éviter, sinon la guerre, du moins la guerre totale ; d'autre part, on ne sait rien du devenir de la mécanique quantique alternative dont les bases uchroniques y ont été posées par Curie et Einstein. L'existence d'un objet technique quantique, le rayonneur, suffit-elle à poser les bases d'une révolution quantique alternative, autour d'Einstein plutôt que de Bohr — une "école de Prague" ? Et que cela change-t-il à l'histoire technique du XX^e siècle ? Ou, au contraire, l'échec du projet renvoie-t-il également l'histoire des sciences et des techniques dans son sillon historique ?

Dans les deux cas, uchronie politique et uchronie scientifique, le scénario de retour à l'histoire consensuelle peut s'interpréter dans le cadre du trope, classique en SF, d'une forme d'*élasticité de l'histoire*,⁶¹ au-delà de la dimension individuelle, en dépit de tous les efforts (de voyageurs dans le temps, le plus souvent) pour en modifier la trame. On pourrait aussi le lire comme une forme d'histoire secrète — les événements narrés ayant, d'une manière ou d'une autre, disparu assez complètement de l'historiographie officielle pour n'y avoir eu aucune conséquence apparente (si ce n'est, le cas échéant, une révision de la biographie de Pierre Curie).

L'interprétation complémentaire est plus fructueuse, en particulier du point de vue de l'histoire contrefactuelle des idées. On peut alors voir dans la nouvelle le point de départ possible d'un faisceau d'expériences de pensée analysant la naissance d'écoles quantiques alternatives à partir d'un objet technique, en l'occurrence le laser.

Louis de Broglie, qui s'est livré à l'exercice symétrique — analyser *a posteriori* en quoi l'invention du laser affectait les idées quantiques orthodoxes — semble considérer qu'elle aurait "conduit nécessairement" à une approche réaliste du monde quantique, proche de celle d'Einstein mais aux antipodes de l'interprétation de Copenhague :⁶²

La façon même dont le processus de l'émission provoquée assure le fonctionnement du laser est pleine d'enseignements. Elle montre, en effet, que des atomes localisés en des points différents de la cavité du laser, cavité dont les dimensions sont macroscopiques, émettent des photons qui sont tous en phase avec une même onde, de sorte qu'il faut bien admettre que cette onde rythme les émissions de tous ces atomes. Cela nous paraît

61. On la voit par exemple théorisée chez Isaac Asimov, dans *La Fin de l'éternité* (*The End of Eternity*, 1955) ; Folio SF, 2016 ; ou encore dans le cycle de *La Patrouille du temps* (*Time Patrol*, 1955) ; Béliat. éd. 2016, de Poul Anderson.

nécessairement conduire à l'idée que l'onde électromagnétique, qui recouvre tous les atomes et rythme leur émission, est nécessairement une réalité physique, un processus concret qui se déroule en tous les points de la cavité du laser et qui ne se réduit pas à un simple formalisme ou à une simple représentation de probabilité, car il est impossible d'admettre qu'une formule mathématique ou qu'une représentation de probabilité puisse imposer un rythme à un phénomène physique tel qu'une émission de radiation.⁶²

Peu importe que la rigueur métaphysique de ce point de vue soit ou non contestable : sa seule possibilité chez des physiciens de premier plan suffit à légitimer celles de scénarios comme l'apparition, après l'invention du laser, d'une école quantique réaliste autour d'Einstein, de Broglie, Brillouin et quelques autres (on pense par exemple à Langevin, dont le sentiment de « confusion » eût sans doute alors été bien moindre), concurrente ou non d'une école de Copenhague alternative. Mais ce modèle, traditionnel en Europe, d'un retour à la science fondamentale pour poser les bases d'une science nouvelle n'est pas le seul possible : on pourrait aussi bien imaginer le développement anticipé, aux États-Unis par exemple, d'une école de génie électrique (*electrical engineering*) quantique, autour de Davisson et Germer (prix Nobel 1929 avec Louis de Broglie), avec peut-être la complicité d'un Robert Wood⁶³ ; ou encore autour de Richard Tolman, inventeur historique de la théorie semi-classique du rayonnement (1924) que l'uchronie prête à son ami Einstein, qu'il a fait venir aux États-Unis, et influence revendiquée de Charles Townes à Caltech. Là encore, une telle école résolument orientée vers la physique appliquée pourrait être, ou non, entrée en concurrence avec une école de pensée européenne du type Copenhague.

Le développement complet de telles lignes uchroniques appellerait l'espace d'un roman, *a priori* très complexe, bien au-delà de l'ambition bien plus limitée de « Pour l'exemple ».⁶⁴

62. Louis de Broglie, « Les Lasers et leur importance théorique », in *Certitudes et incertitudes de la science*, Paris, Albin Michel, 1966, p. 102.

63. Spécialiste de tout premier plan d'optique physique et inventeur fécond, Robert W. Wood (1868-1955) est aussi, avec Arthur Train, l'auteur de romans de science-fiction comme *The Man Who Rocked the Earth* (Doubleday éd., New York, 1915), dans lequel un savant fou, Pax, invente une arme imparable, le « rayon lavande », avec laquelle il tente d'imposer un désarmement mondial.

64. ... et de la patience d'André-François Ruaud, directeur de l'anthologie où la nouvelle a été publiée, *Passés recomposés*, NestiveQnen éd., Aix-en-Provence, 2003, dans laquelle on trouvera une autre uchronie sur la première guerre mondiale, « Der des ders », de Jean-Jacques Régnier (pp. 183-216), qui illustre d'une certaine façon l'élasticité de l'histoire, bien qu'une autre invention, celle des moteurs automobiles à piles à hydrogène, ait entièrement changé le cours de la guerre (l'automobile de l'Archiduc François-Ferdinand étant si silencieuse que son assassin ne l'a pas entendu arriver...).

Un outil pour l'histoire des sciences ?

Au final, quelle peut être l'utilité de ce type de fiction uchronique ? Peut-être, après cette longue et imprudente déconstruction, n'est-il pas inutile de rappeler une évidence première : l'objectif premier⁶⁵ d'un texte de fiction est de divertir le lecteur.

Au-delà, comme j'ai tenté de le montrer ici, une uchronie est avant tout une machine à poser des questions sans réponse — littéralement, comme « Pour l'exemple » à la fin ouverte, ou plus subtilement sans *réponse recevable par l'historien*. Elles n'ont d'ailleurs, en général, pas vocation à en recevoir. Pour autant, ces questions ne sont pas nécessairement négligeables. L'une des erreurs méthodologiques les plus courantes en histoire des idées scientifiques est d'aborder les sources primaires dans une approche continuiste et finaliste (ne seraient significatives que les idées qu'on peut inscrire dans une suite logique menant à celles aujourd'hui reconnues par la communauté scientifique), voire simplement dans un cadre paradigmatique contemporain univoque. Or, historiquement, la route vers ce consensus est toujours faite d'erreurs et d'incertitudes, d'ambivalence et de fausses pistes. De questions ouvertes. Au risque de la tautologie, avant d'être bien définis, un concept ou une notion ne le sont pas encore. Jouer avec la possibilité de trajectoires alternatives, identifier des questions qui ne se posent plus, voire n'ont jamais atteint le stade de maturité de la formulation explicite, c'est d'abord pour l'historien accroître sa propre sensibilité à ces frémissements, à des idées non encore répertoriées, à la "noodiversité" chère à Jean-Marc Lévy-Leblond, et peut-être même se vacciner contre l'effet Matthieu⁶⁶.

Plus généralement, comprendre un texte historique un tant soit peu ancien suppose qu'on soit capable d'identifier et de suspendre ses propres préjugés paradigmatiques. Dans le cas d'un texte scientifique, adopter le temps de la lecture le point de vue de son auteur suppose en particulier de s'efforcer d'en partager les

65. Le second pouvant être de nourrir son auteur, ce qui n'est malheureusement plus vraiment possible en France, décevant du moins, pour la plupart des auteurs professionnels de science-fiction (au rang desquels ne se compte pas l'auteur, par ailleurs fonctionnaire au CNRS).

66. En sociologie des sciences, l'effet Matthieu consiste à prêter aux figures les plus proéminentes, comme Einstein ou Bohr, l'essentiel des intuitions et des avancées de leur temps, conformément à l'évangile selon Matthieu : « à celui qui n'a pas, on enlèvera même ce qu'il a ». voir par exemple R.K. Merton, « The Matthew effect in science », in *Science*, 159, n°3810, pp. 56-63, jan. 1968. Accessible en ligne : <http://www.garfield.library.upenn.edu/merton/matthew1.pdf> (déc. 2016).

incertitudes inhérentes à la recherche en marche, donc, sous peine d'anachronisme, d'oublier jusqu'aux *concepts* ultérieurs. Or les processus cognitifs en jeu sont les mêmes à l'œuvre dans l'uchronie et la science-fiction, qu'on a pu définir comme les littératures de la suspension d'incrédulité^{67,68a} et du « paradigme absent »^{68b, EP}.

Par ailleurs, des expériences de pensée uchroniques permettent effectivement de répondre à un autre type de questions qui, si elles relèvent plus de la sociologie ou de la philosophie des sciences que de l'histoire des idées *stricto sensu*, n'en sont pas moins importantes pour l'historien, dont elles contribuent à délimiter le champ. Ainsi, la prévalence immédiate et massive de l'approche "orthodoxe" de Copenhague, formaliste et probabiliste, sur les approches réalistes est-elle une conséquence nécessaire de la nature du monde quantique, ou doit-elle être considérée comme contingente ? À cette question, qui conditionne par exemple la légitimité d'approches historiques s'affranchissant du contexte culturel pour se concentrer sur les arguments scientifiques en présence, une fiction comme « Pour l'exemple » peut fournir une réponse sans ambiguïté : non, dans la mesure où un déplacement relativement mineur dans le temps et dans l'espace (France plutôt qu'Europe du Nord, 1914 plutôt que 1927) permet d'imaginer une trajectoire alternative vers un paradigme quantique réaliste, il n'est pas légitime de négliger le rôle du contexte culturel dans l'histoire de la révolution quantique.

De même, elle amène à valider tout en la nuanciant l'hypothèse de Townes : une partie au moins des « *retards inutiles* » survenus dans l'apparition des premières applications significatives de la théorie quantique semble bien liée à leur situation « *entre deux domaines, la physique et le génie électrique* »,® puisqu'en supposant l'intervention d'un physicien de premier plan, aussi brillant expérimentateur en physique fondamentale qu'en physique appliquée (comme

67. Darko Suvin, *Pour une poétique de la science-fiction. Études en théorie et en histoire d'un genre littéraire*, Presses Un. Québec, 1977.

68. Éric Picholle (a) « Littérature et émancipation : la science-fiction, une « machine paresseuse de transmission de la norme scientifique », *Recherches en éducation*, n°28, 1917. En ligne : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01352648> (déc. 2016) ; (b) « le Vrai puits et abîme de la (xéno-)encyclopédie », in *Science-fiction et didactique des langues : un outil communicationnel, culturel et conceptuel*, dir. Y. Bardière, E. Blanquet & É. Picholle, éd. Somnium, pp. 259-271, 2013. En ligne : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01352271> (déc. 2016) .

69. Marc Angenot, « le Paradigme absent : un peu de sémiotique », 1978 ; in *La Quinzaine littéraire*, août 2012. Accessible en ligne : <http://marcangenot.com/wp-content/uploads/2013/02/Paradigme-absent-version-QL.pdf> (déc. 2016)

70. Charles H. Townes, « Escaping Stumbling Blocks in Quantum Electronics », op. cit., p. 24.

Pierre Curie), un exercice de rétro-ingénierie⁷¹ permet de montrer la possibilité technique du développement d'un laser opératoire, sinon en 1914, du moins dès 1928, soit le moment de la dernière découverte historique (Ladenburg) qu'on prête à l'équipe uchronique. Toutefois, elle met aussi en évidence ne s'agit pas tant d'une coupure entre «*la physique et le génie électrique*», mais bien entre le génie électrique (et plus généralement la physique appliquée) et la physique fondamentale orthodoxe *dans le cadre du paradigme quantique de Copenhague* : c'est bien cette dernière qui introduit une coupure épistémologique, et non la physique fondamentale en général. Le choix d'un point de divergence antérieur à l'établissement de ce paradigme, en 1927, donc d'un protagoniste participant d'un paradigme plus ancien, permet de reformuler l'intuition de Townes sous une forme plus précise et sans doute plus juste.

En un sens, on retrouve ici à l'œuvre l'ancienne distinction aristotélicienne entre récit historique et littérature : le récit factuel, historique, est gouverné par la *nécessité objective (anagkaion)* ; la fiction littéraire interagit avec la *norme (eikos)*, c'est-à-dire l'évidence ou le préjugé commun, la pression paradigmatique ou sociale.⁷² De ce point de vue, une fonction possible de l'uchronie pourrait être de chercher une signification générale dans des événements dont l'Histoire explique ce qu'ils ont effectivement été, dans un cas particulier donné.

Une condition *sine qua non* de la légitimité de ce type d'approche est toutefois, envers les uchronies sur lequel elle se base, une exigence de rigueur et de cohérence interne identique à celle de l'historien lui-même. Souvent revendiquée par les auteurs de *hard science fiction*,⁷³ celle-ci l'est moins systématiquement par ceux d'uchronie, en particulier en matière technique.

À ce prix, l'expérience de pensée uchronique apparaît comme un instrument original et pertinent dans la boîte à outils de l'historien des idées

71. En toute rigueur, la rétro-ingénierie [*reverse engineering*] consiste à déduire les principes de fonctionnement et le mode de fabrication d'un objet technique à partir de son analyse, souvent en vue de s'approprier les idées d'un industriel concurrent. Dans le cas d'une uchronie, s'y ajoute l'identification des techniques anachroniques et leur remplacement par des équivalents compatibles avec les technologies d'époque.

72. Aristote, *La Poétique*, 9, 451ab ; éd. Mille et une nuits, 1997.

73. Éric Picholle « Trois fonctions littéraires de la hard SF : Rupture, transmission et création », in *Imaginaires scientifiques et hard science fiction*, actes des 4^e Journées Interdisciplinaires Sciences é Fictions de Peyresq, dir. U. Bellagamba, É. Picholle & D. Ton, éd. Somnium, pp. 97-113, 2012. En ligne : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01352271> (déc. 2016).

74. Comme Kim S. Robinson, déjà évoqué, ou encore Greg Egan qui, dans *Incandescence* (Gollancz éd., Londres, 2008), propose une trajectoire alternative vers une théorie de la relativité générale. Cf. E. Blanquet, « Jouer avec l'histoire des sciences », op. cit.

scientifiques.

Encadré

Deux parcours français

Louis de Broglie et Léon Brillouin se croisent dès la première guerre mondiale, au sommet de la Tour Eiffel, dans le service de Radiotélégraphie militaire du colonel Ferrié,⁷⁵ officier passionné de science et résolument à la pointe de la technique, en l'occurrence de l'électronique naissante.⁷⁶ Or « *quand on s'est sali les mains (...) à faire démarrer les gros alternateurs qui servaient à l'époque aux émissions de radio, il n'est plus si facile de croire qu'une onde ne puisse être qu'une probabilité de présence.* »⁷⁷

Brillouin revient alors d'Allemagne, où il a travaillé avec Arnold Sommerfeld ; après la guerre, il soutient en 1920 une thèse brillante sur la théorie quantique des solides^{78a} et développe des outils théoriques encore largement employés aujourd'hui^{78b} — mais dans une approche perturbative, donc approchée, donc inorthodoxe au sens de Copenhague. Mal reconnu sur le moment dans la sphère quantique, peu soutenu par la communauté scientifique française, il s'en éloignera progressivement pour devenir, après la seconde guerre mondiale, l'un des pionniers de la théorie de l'information pour le compte d'IBM, et plus généralement un trait d'union important entre l'univers de la physique fondamentale et celui de l'industrie.⁷⁹

La thèse de Louis de Broglie est plus fulgurante encore, puisque, en dépit de son isolement,⁸⁰ il y développe déjà l'idée de la dualité onde-corpuscule, qui lui

75. Louis de Broglie, « L'Œuvre scientifique du Général Ferrié », in *Savants et découvertes*, Paris, Albin Michel, 1956.

76. ... à lampes, celles-ci venant d'être inventées par Lee de Forest en 1907.

77. Louis de Broglie, cité par Georges Lochak, in « Louis de Broglie. sa conception du monde physique », *Annales Fondation Louis de Broglie*, vol. 29, hors série 1, pp. 749-765, 2004, p. 761.

78. (a) Et en particulier sur la quantification de son et des vibrations matérielles. L'interaction résonnante entre ondes lumineuses et sonores est désormais connue sous le nom de *diffusion Brillouin*. (b) Méthode WKB (Wentzel-Kramers-Brillouin), techniques de perturbations en mécanique quantique (formule de Brillouin-Wigner), etc.

79. Rémi Mosseri, *Léon Brillouin, à la croisée des ondes*, Belin, Paris, 1999.

80. Léon Brillouin raconte ainsi : « *Louis de Broglie venait souvent à l'École de Physique et Chimie pour nous rencontrer, Langevin et moi. Je pense que nous étions les trois seuls [avec son frère Maurice de Broglie] avec qui il parlait durant sa thèse. (...) [Après sa soutenance] Je doute que beaucoup de gens l'aient pris au sérieux avant Schrödinger. Einstein le prenait au sérieux. Langevin et moi le prenions au sérieux.* » Interview de Léon Brillouin par P. P Ewald, 20 mars 1962, Niels Bohr Library & Archives,

vaudra le prix Nobel 1929. Bien que la mécanique ondulatoire qu'il en dérive soit l'un des piliers de l'édifice quantique de 1927, il est conscient d'avoir atteint la limite de ses propres capacités mathématiques et de ne pouvoir en développer seul une version relativiste, comme Paul Dirac le fait pour le formalisme de Copenhague. Isolé, « *il se sent dans une impasse, tandis qu'à côté de lui la physique passe triomphante* ».^{81a} Il se rallie donc et enseigne loyalement, à la Sorbonne et au Collège de France, la version orthodoxe de la théorie quantique, pourtant « *contraire à ses instincts les plus profonds* »^{30b-G.L.}. Refaisant le chemin inverse en 1950,⁸² il tentera de développer une version plus complète de la mécanique ondulatoire⁸³ mais, hérétique et relaps,⁸⁴ sera immédiatement et définitivement rejeté par la communauté quanticienne française. Une autre divergence majeure avec l'école de Copenhague réside dans sa posture résolument exotérique : jamais, même au faite de son prestige et de son influence scientifique, il ne renonce à vulgariser la microphysique aussi bien auprès du grand public que de la communauté scientifique non quanticienne. On lui doit ainsi plusieurs dizaines d'ouvrages, de conférences et d'articles généraux très lisibles sur le sujet, en particulier dans des revues d'ingénierie comme *L'Onde électrique*.

On retrouve la même prédisposition à transmettre auprès de publics très différents les dernières idées de la microphysique, et ce même intérêt pour les applications, chez les trois autres invités français du Solvay de 1927, Marie Curie, Paul Langevin et Émile Henriot.

American Institute of Physics, College Park, MD USA. Accessible en ligne : <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/4538-1> (déc. 2016). (cité par Adrien Vila-Valls, *Louis de Broglie et la diffusion de la mécanique quantique en France (1925-1960)*, Thèse de doctorat de l'Université Claude Bernard Lyon 1, 14 déc. 2012.

81. Georges Lochak, « L'Évolution des idées de Louis de Broglie sur l'interprétation de la mécanique ondulatoire », préface à *Les Incertitudes d'Heisenberg et l'interprétation probabiliste de la mécanique ondulatoire*, Gauthier-Villars éd., Paris, 1991 ; (a) p. XX ; (b) p. XXIII.

82. Ce qui donne lieu à un ouvrage singulier, dans lequel de Broglie commente et critique sévèrement les idées développées dans son propre cours au Collège de France (1950-1951) : Louis de Broglie, *Les Incertitudes d'Heisenberg et l'interprétation probabiliste de la mécanique ondulatoire, avec des notes critiques de l'auteur*, op. cit.

83. Louis de Broglie, *Une tentative d'interprétation causale et non linéaire de la mécanique ondulatoire : la théorie de la double solution*, Gauthier-Villars, 1956.

84. Certains auteurs considèrent que cette mise au ban de la communauté scientifique tient plutôt à son attitude durant la guerre, à la limite de la collaboration. La chronologie semble toutefois infirmer une telle interprétation, dans les années 1950 du moins, même si elle a probablement été déterminante dans le silence officiel lors de sa disparition en 1987.