

Savants réfugiés :
comment, à Paris en 1938, la physique quantique devint visible à l'œil nu

Sébastien Balibar et Diane Dosso
Département de Physique, Ecole Normale Supérieure (Paris)

Résumé :

A Berlin en 1933, Fritz London construisait la physique quantique près d'Erwin Schrödinger. L'arrivée au pouvoir d'Hitler et la promulgation de lois antisémites le forcent à se réfugier à Oxford puis à Paris où il arrive en octobre 1936. Il y rencontre un autre physicien, Laszlo Tisza qui, lui, fuyait les persécutions politiques de la Hongrie. L'un accueilli à l'Institut Henri Poincaré et l'autre au Collège de France entament une collaboration qui les amène à faire une découverte majeure : la physique quantique n'explique pas seulement la structure microscopique des atomes. Elle est visible à l'œil nu puisqu'elle gouverne, par exemple, les propriétés macroscopiques d'un litre d'hélium liquide à basse température.

Ce sont donc différents scientifiques liés au Front Populaire et au "Comité français pour l'accueil et l'organisation du travail des savants étrangers" (Paul Langevin, Jean Perrin, Edmond Bauer, Louis Rapkine, Frédéric et Irène Joliot-Curie, Jacques Hadamard et sa fille Jacqueline...) qui ont permis la rencontre fructueuse de ces deux réfugiés en France puis leur nouvel exil aux Etats-Unis, London dès septembre 1939, Tisza de justesse en mars 1941.

Le récit de cette rencontre et de cette découverte illustre les conditions dans lesquelles ont été sauvées, en France, en Angleterre, et aux Etats-Unis, les vies d'émigrés très particuliers que sont des savants de premier plan. On verra que, dans cette période tourmentée, la défense des droits de l'Homme a rejoint l'effort de guerre des Alliés occidentaux puisque, parmi les savants réfugiés, nombreux sont ceux qui ont participé à la mise au point de la bombe atomique.

Face au vaste problème des réfugiés, on ne peut se contenter de statistiques, ni de théories abstraites. Ces réfugiés ont des noms, et ces noms sont ceux de personnes dont le parcours a une histoire. Il nous a semblé utile de raconter l'histoire de deux savants, réfugiés à Paris en 1938. C'est là qu'ils s'étaient rencontrés et qu'ils ont fait une découverte scientifique majeure. L'un était d'origine allemande, Fritz London, et l'autre d'origine hongroise, Laszlo Tisza. Certes, les savants réfugiés ne sont pas des réfugiés ordinaires. Mais leur histoire illustre le triple problème abordé dans ce colloque intitulé *Migrations, réfugiés, exil*. Et comme nous le verrons, son examen soulève une quatrième question, celle de la responsabilité des scientifiques dans l'effort de guerre des Alliés, lors de la Seconde Guerre mondiale.

I - Un étrange liquide à très basse température

Cette histoire a une préhistoire.

En-dessous de 2,2 degrés Kelvin, une température très basse puisqu'équivalente à - 271 degrés Celsius, le physicien canadien John C. McLennan avait remarqué dès 1932 dans son laboratoire de Toronto que l'hélium liquide cessait de bouillir quand on le chauffait¹.

En 1936-1937, Willem H. Keesom et sa fille Ania² à Leyde (Pays-Bas), puis Jack Allen, Rudolf Peierls et Zaki Uddin³ à Cambridge (G-B) découvrirent que ce liquide très froid conduisait étonnamment bien la chaleur, ce qui pouvait expliquer l'absence d'ébullition. D'autres mesures de Willem et Ania Keesom⁴ suggéraient qu'en dessous de 2,2 K, un ordre s'établissait dans ce liquide. De quel ordre pouvait-il bien s'agir ?

En janvier 1938, la revue *Nature* publia deux articles en vis-à-vis. Le premier, page 74, était signé de Piotr Kapitza (Moscow)⁵. Il décrivait une nouvelle observation surprenante. Même à travers une fente de 0,5 microns entre deux disques polis pressés l'un contre l'autre, l'hélium liquide ne fuyait pas au-dessus de 2,2 K, mais semblait fuir comme si sa viscosité devenait nulle en-dessous de cette même température critique. Kapitza inventa alors l'adjectif anglais « *superfluid* » pour décrire cet étonnant liquide.

Quant à l'article en regard, page 75, signé J. F. Allen et A. D. Misener (Cambridge, G-B)⁶, il présentait plusieurs séries de mesures d'écoulement de ce même liquide, à 1 K, à travers différents capillaires très fins. Visiblement, la vitesse d'écoulement était grande et ne dépendait ni du diamètre des capillaires, ni de la pression appliquée. Voilà qui contredisait les lois fondamentales de l'hydrodynamique classique.

Mais qui étaient ces physiciens ?

¹ J. C. McLennan, H. D. Smith and J. O. Wilhelm, « The scattering of light by liquid helium », *Phil. Mag.* 14, 161 (1932).

² W. H. Keesom and A. P. Keesom, « On the heat conductivity of liquid helium », *Physica* 3, 359 (1936).

³ J. F. Allen, R. Peierls and Z. Uddin, « Heat conduction in liquid helium », *Nature* 140, 62 (1937).

⁴ W. H. Keesom et A.P. Keesom, « New measurements of the specific heat of liquid helium », *Phys.* 2, 557 (1935).

⁵ P. Kapitza, « Viscosity of Liquid Helium below the λ -Point », *Nature* 141, 74 (1938).

⁶ J. F. Allen and D. Misener, « Flow of Liquid Helium II », *Nature* 141, 75 (1938).

Piotr L. Kapitza était né à Kronstadt (Russie) en 1894. En 1918, il avait déjà obtenu un doctorat en génie électrique à Petrograd (aujourd'hui Saint-Pétersbourg). En 1921 il avait émigré à Cambridge (G-B), attiré par Ernest Rutherford, le père de la physique nucléaire et prix Nobel de chimie 1908⁸. A 35 ans, Kapitza avait été élu à l'Académie des Sciences britannique - la *Royal Society* - un fait rarissime, surtout pour un étranger. Et en 1933, Rutherford et la même *Royal Society* lui avaient construit un laboratoire, le « Mond Laboratory » du nom de Ludwig Mond et de son fils aîné Sir Robert Ludwig Mond, respectivement fondateur et président des *ICI (Imperial Chemical Industries)* qui l'avaient financé. Dans ce laboratoire, Kapitza avait construit une machine pour produire de l'hélium liquide, un liquéfacteur d'où les premiers litres s'écoulèrent le 19 avril 1934. Mais le 24 septembre de la même année, Kapitza était retourné en URSS pour fêter le centenaire de la naissance de Mendeleïev, et Staline l'avait séquestré. Ordre lui avait été donné de bien vouloir mettre son talent au service du développement de l'Union soviétique. Il était désormais interdit d'émigration.

Doué d'une forte personnalité, Kapitza avait alors exigé de Staline qu'on lui construise un nouveau laboratoire à Moscou et qu'on veuille bien racheter à Cambridge son matériel scientifique, ce que Rutherford accepta à condition de conserver le précieux liquéfacteur. Dans son *Institute for Physical Problems* tout neuf, Kapitza dut donc en fabriquer un nouveau qui allait entrer en fonction trois ans plus tard, le 22 février 1937, moins d'un an avant l'envoi de son article à *Nature*.

Les travaux de Kapitza et ceux d'Allen et Misener avaient été effectués sous la pression d'une concurrence qu'ils n'ignoraient pas, mais ils étaient indépendants⁹. Ce qui explique pourquoi Kapitza, dans la lettre de soumission de son article, demanda à ce que la revue gagne du temps en envoyant les épreuves à corriger à ses amis de Cambridge, Paul Dirac ou John D. Cockcroft qu'il considérait tous deux comme suffisamment compétents pour lui rendre ce service¹⁰.

S'il fallait choisir à qui attribuer la priorité de la découverte expérimentale de la superfluidité, on pourrait dire qu'Allen s'était servi de l'ancien liquéfacteur de Kapitza. Et ajouter que Kapitza avait envoyé son article à *Nature* 19 jours avant Allen, et aussi que le comité Nobel couronna Kapitza, sans Allen mais tout de même 40 ans après les faits expérimentaux¹¹. Cependant, Allen et Misener avaient compris les premiers que la viscosité de l'hélium superfluide n'était pas seulement faible : elle n'était tout simplement pas définie. Ce liquide n'obéissant à aucune loi classique de l'hydrodynamique, il devait être d'un genre nouveau.

A la fin de la Seconde Guerre mondiale, Kapitza avait été requis pour la mise au point de la bombe soviétique, mais il refusa de travailler sous l'autorité de quelqu'un

⁸ « for his investigations into the desintegration of the elements, and the chemistry of radioactive substances ». « Nomination Database ». Nobelprize.org.

<https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1908/>

⁹ S. Balibar, « The discovery of superfluidity », *Journal of Low Temperature Physics* 146, 441 (2007).

¹⁰ A 31 ans, P. A. M. Dirac avait partagé le prix Nobel 1933 avec Erwin Schrödinger dont il avait généralisé l'équation au cas relativiste, prédisant ainsi l'existence de l'antimatière, et J. D. Cockcroft devait recevoir à son tour le Nobel de physique, en 1951, pour des expériences qui démontraient l'existence d'une équivalence entre masse et énergie, celle prédite par la relation $E=Mc^2$ d'Einstein. Kapitza avait, en effet, des amis compétents.

¹¹ En 1978, le Prix Nobel de physique fut décerné pour moitié à P. L. Kapitza « for his basic inventions and discoveries in the area of low-temperature physics ». « Nomination Database ». Nobelprize.org.

<https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1978/kapitsa-facts.html>

qu'il considérait comme un imbécile, L. P. Beria, le chef du NKVD. Cela lui valut une disgrâce assortie de l'interdiction d'accéder à son propre laboratoire. Il lui fallut donc attendre 1953, année de la mort de Staline et de l'exécution de Beria, pour réintégrer l'Institut qu'il dirigea avec autorité jusqu'à sa mort en 1984.

Après le cas d'une émigration interdite, le cas de Jack Allen¹² est plus simple. C'est celui d'une immigration réussie. Canadien né à Winnipeg en 1908, il avait obtenu son doctorat en 1933 à Toronto où il avait déjà fait des mesures de viscosité dans l'hélium liquide. Lorsque Staline kidnappa Kapitza, Rutherford le remplaça en embauchant deux physiciens : Jack Allen et un jeune théoricien allemand qui fuyait l'Allemagne nazie, Rudolf Peierls dont nous reparlerons. Jack Allen avait alors attiré un jeune doctorant canadien, Donald Misener qui devait, plus tard, devenir doyen de l'Université de Western Ontario. Allen acheva son immigration en Ecosse, où il fut nommé professeur en 1947 puis, deux ans plus tard, élu membre de la *Royal Society*. Il occupa une partie de sa retraite à filmer les surprenantes propriétés de l'hélium liquide et à photographier le rayon vert du haut des falaises de St Andrews. Il mourut en 2001.

2- L' « effet fontaine » et la découverte de Fritz London en 1938

Un mois seulement après son article sur l'écoulement de cet hélium « superfluide », Allen publia un nouvel article dans *Nature*, cette fois avec Harry Jones¹³. Ils avaient observé qu'il suffisait de chauffer un peu l'hélium superfluide dans un tube fermé d'un côté par un fin capillaire pour faire jaillir une fontaine de l'autre côté. Une fois de plus, aucune loi classique ne pouvait justifier un tel comportement. On avait déjà découvert que ce liquide ne bouillait pas, conduisait la chaleur mieux que le cuivre à la même température, et fuyait à travers n'importe quelle fente, micro-capillaire ou bouchon poreux, mais là c'en était trop. Trop pour Fritz London qui, fuyant lui aussi l'Allemagne nazie, s'était réfugié à Oxford, puis, en octobre 1936, à Paris.

Fritz London eut une idée révolutionnaire : la physique quantique, qui avait permis de comprendre la structure microscopique des atomes, devait s'appliquer aussi au système macroscopique, visible à l'œil nu, qu'était le litre d'hélium liquide de Jack Allen, c'est-à-dire à un très grand ensemble de particules dont les propriétés devaient obéir à des lois statistiques non classiques. Einstein n'y croyait pas encore. La sorte de condensation qu'il avait prévue - en généralisant les travaux du physicien bengali Satiendra Nath Bose - lui semblait trop irréaliste pour être autre chose qu'un artefact de calcul. Il s'agissait d'un possible regroupement des atomes d'un gaz dans un même état quantique, en-dessous d'une température aisément calculable¹⁴. Les atomes devenus indiscernables les uns des autres devaient adopter un comportement collectif cohérent, comme des ondes qui se seraient superposées pour former une

¹² A. Griffin, « Obituary : John Frank (Jack) Allen (1908-2001) », *Nature* 411, 436 (May 24, 2001).

¹³ J. F. Allen, H. Jones, « *New Phenomena Connected with Heat Flow in Helium II* », *Nature* 141, 244 (February 5, 1938).

¹⁴ A partir de la densité du gaz et de la masse de ses atomes.

seule grande onde macroscopique de matière. Qu'une particule – un électron par exemple – soit aussi une onde, soit, mais un litre de gaz ou, pire, de liquide...

En novembre 1937, lors d'un colloque célébrant le centenaire de van der Waals à Amsterdam, London avait assisté à une discussion entre Uhlenbeck, Ehrenfest, Kramers et Einstein sur différents types de condensation. Quatre mois plus tard à Paris, calculant la température à laquelle l'incroyable « condensation de Bose-Einstein » pourrait s'appliquer à de l'hélium liquide, Fritz London risqua l'idée que la transition de l'hélium vers un état superfluide était une conséquence de cette condensation quantique. Il croyait donc, lui, que la physique quantique pouvait avoir des conséquences à l'échelle du macroscopique visible. Bien que concernant cette fois un liquide, l'ordre qui apparaissait était peut-être - London restait prudent - celui d'un grand ensemble d'atomes qui adoptaient un comportement quantique cohérent.

Le 16 avril 1938, après discussion avec un autre réfugié à Paris, le savant hongrois Laszlo Tisza, Fritz London envoya son idée révolutionnaire pour publication, à nouveau dans la revue *Nature*. Mais avant d'en dire davantage sur cette découverte, qui était Fritz London¹⁵ ?

Né en 1900 à Breslau (aujourd'hui Wrocław en Pologne), Fritz London avait fait des études de philosophie avant de travailler avec Walter Heitler dans le laboratoire d'Erwin Schrödinger à Zürich. En 1926-1927, Heitler et London réussirent à utiliser le formalisme de la physique quantique pour résoudre un problème fondamental : comment deux atomes d'hydrogène H pouvaient-ils s'unir pour former une molécule H₂ ? Ensemble, ils fondèrent ainsi rien moins que la chimie moderne qui est quantique. London suivit alors Schrödinger à Berlin tandis que Heitler se rendait à Göttingen chez Max Born.

Mais, le 30 janvier 1933, Hitler prit le pouvoir et, dès le mois d'avril suivant, les lois antijuives entrèrent en application. Cherchant un refuge avec sa femme, la peintre cubiste Edith London (née Caspary), Fritz London accepta alors une offre de Frederick Lindemann à Oxford (de son côté, Max Born aida Walter Heitler à se réfugier auprès de Sir Nevill F. Mott à Bristol).

Nous abordons ainsi le problème de l'émigration des savants d'origine juive face à la montée du nazisme en Europe centrale.

Frederick A. Lindemann, aviateur lors de la Première Guerre mondiale, physicien et fils d'un ingénieur d'origine allemande mais de nationalité anglaise, avait décidé de développer la physique des basses températures au *Clarendon Laboratory* d'Oxford en profitant des événements pour aller recruter à Berlin et à Breslau de grands savants susceptibles de le rejoindre. Il avait attiré Erwin Schrödinger ainsi que Franz Simon et trois élèves de son groupe déménagé à Breslau dès 1930 : Kurt Mendelssohn¹⁶, Nicholas Kurti¹⁷, et plus tard Heinz London (1907-1970), le jeune frère de Fritz. Afin de convaincre Fritz London, Lindemann lui proposa une bourse

¹⁵ K. Gavroglu, *Fritz London. A Scientific Biography*, Cambridge (G-B), Cambridge University Press, 1995.

¹⁶ Kurt A. G. Mendelssohn (1906-1980) et Franz E. (devenu Francis) Simon (1893-1956) étaient liés au philosophe Moses Mendelssohn donc cousins de ses petits-enfants, les compositeurs Fanny et Felix Mendelssohn. Kurt Mendelssohn apporta à Oxford un petit liquéfacteur à hélium construit à Breslau par Franz Simon. Lors de son arrivée en Angleterre, il bénéficia lui aussi de la générosité des *Imperial Chemical Industries* de la famille Mond.

¹⁷ Anciennement Miklos Mor Kurti dans sa Hongrie natale, puis devenu Nicolas Maurice Kurti lorsqu'il était étudiant à la Sorbonne (Paris Ve).

financée par les *ICI*, l'empire de la chimie industrielle déjà cité. L'exemple d'Oxford nous fait pressentir que l'accueil des savants étrangers n'était pas dénué de motivations de politique scientifique ou même industrielles. Nous y reviendrons. Quoi qu'il en soit, Fritz London accepta l'offre *ICI*-Lindemann en août 1933.

À Oxford, Fritz et son frère Heinz avaient commencé à réfléchir aux conséquences macroscopiques de la physique quantique en publiant quelques explications possibles de la « supraconductivité » des métaux, dont on allait comprendre plus tard qu'elle était cousine de la superfluidité. Mais en 1936, la bourse de Fritz London prit fin. En Grande-Bretagne comme dans la France de l'époque, les postes permanents dans les universités étaient réservés aux nationaux dont on pensait ainsi préserver l'emploi. La Grande-Bretagne n'avait prévu que des bourses temporaires, supposant que le nazisme n'allait durer qu'un temps.

À l'expiration de sa bourse des *ICI*, Fritz London avait heureusement reçu d'autres propositions de postes : à Jérusalem, aux Etats-Unis et à Paris où il était venu donner plusieurs conférences en avril 1935, à l'Institut Henri Poincaré. Sur les conseils de Walter Adams, secrétaire général de l'*Academic Assistance Council* anglais (l'*AAC* que présidait Rutherford et où l'on trouvait plusieurs savants éminents qui se consacraient à l'aide aux réfugiés dont A. V. Hill (vice-président), F.G. Hopkins, W. Beveridge et Leo Szilard que nous retrouverons plus loin), et aussi sur les conseils de Michel Magat, physico-chimiste d'origine russe, marié à une française et membre depuis 1932 du laboratoire Langevin dirigé par Edmond Bauer au Collège de France, London choisit finalement Paris. Il s'y réfugia en octobre 1936. Sa femme Edith rejoignit l'atelier de Marcel Gromaire puis celui d'André Lhote avec bonheur. L'invitation d'Edmond Bauer et Paul Langevin comportait un an de bourse du « Comité français pour l'accueil et l'organisation du travail des savants étrangers » sur lequel nous reviendrons. Il fut suivi d'un poste de maître de Recherches à la Caisse nationale de la recherche scientifique, « la » CNRS qui précéda le CNRS et sur laquelle nous insisterons également. Ces possibilités d'accueillir des réfugiés en France bénéficiaient de l'arrivée au pouvoir du Front Populaire, force politique de gauche attachée aux libertés. Les amis de London qu'étaient Paul Langevin, Edmond Bauer, Jean Perrin et Frédéric Joliot étaient engagés dans le Front Populaire ou en étaient proches. L'invitation de London à l'Institut Henri Poincaré émise par Emile Borel était assortie d'une possibilité de collaboration avec le Collège de France. De fait, London devait publier en 1939 une « théorie de l'observation en mécanique quantique » avec Edmond Bauer¹⁸. Heureux de s'installer dans cet environnement, Fritz London déposa une demande de naturalisation française dès le mois de janvier 1937. Elle n'aboutit pas malgré le soutien écrit de Frédéric Joliot, professeur au Collège de France, aux autorités en charge du dossier. London soutint brillamment une thèse de doctorat ès sciences¹⁹ afin d'avoir accès à un poste de directeur de Recherches que, cette fois, il obtiendrait. La guerre allait modifier ses projets mais il se mit enfin à travailler sur la physique des fluides quantiques en collaboration avec Laszlo Tisza.

¹⁸ F. London et E. Bauer, *La Théorie de l'observation en mécanique quantique*, III, Exposés de physique générale 775, Hermann & Cie, 1939.

¹⁹ Pour cette thèse, London avait rassemblé ses travaux précédents sur la supraconductivité. Le 13 mars 1937, la soutenance fut considérée comme brillante par le jury dont le président était Louis de Broglie et les examinateurs : Eugène Bloch (spécialiste de physique quantique, directeur du Laboratoire de Physique de l'Ecole Normale Supérieure) et Francis Perrin qui travaillait à cette époque sur la fission de l'Uranium au laboratoire de Frédéric Joliot-Curie, situé au Collège de France.

3- Autre réfugié à Paris : le savant hongrois Laszlo Tisza

Laszlo Tisza²⁰ était en fuite, lui aussi. Né en 1907, étudiant à Budapest puis auprès de Max Born à Göttingen, il s'était fait deux amis proches, Rudolf Fuchs qui allait être assassiné par les nazis hongrois, et Edward Teller avec qui il travailla en 1930 sur la physique moléculaire naissante dans le laboratoire de Werner Heisenberg à Leipzig. Mais en 1934, Tisza fut accusé de sympathies communistes et condamné à un an de prison par le pouvoir ultra-nationaliste hongrois allié au troisième Reich²¹. A sa libération, Edward Teller le recommanda auprès de Lev Landau, véritable génie de la physique moderne en URSS, qui fondait à Kharkov ce qui allait devenir la célèbre « Ecole Landau ». Tisza y travailla pendant deux ans sur différents problèmes de thermodynamique.

En 1936, la radicalisation du stalinisme, le licenciement de Landau et les vagues d'arrestations qui devaient aboutir à la condamnation de Landau lui-même à dix ans de prison en mars 1938, poussèrent Tisza à chercher refuge ailleurs.

Puis en juin 1937, Edward Teller aida Tisza une fois de plus en demandant à Leo Szilard, un autre ami hongrois qui allait jouer un rôle important aux côtés d'Einstein par la suite, de recommander Tisza à Fritz London, lequel était déjà réfugié à Paris (voir ci-dessus).

London cherchait des collaborateurs et recommanda Tisza à Edmond Bauer, qui lui obtint une bourse de « la CNRS » et l'intégra au laboratoire Langevin du Collège de France. Là, il entama des travaux avec Michel Magat, réfugié d'origine russe déjà mentionné. Mais c'est bien avec Fritz London que Laszlo Tisza concentra ses efforts de réflexion sur la soudaine intrusion de la physique quantique dans le monde macroscopique visible à l'œil nu. En développant l'idée de London, Tisza eut une nouvelle idée non moins révolutionnaire. Au-delà de l'apparente absence de viscosité et de la singularité de sa chaleur spécifique, sa proposition allait expliquer l'ensemble des propriétés de cet hélium superfluide connues en 1938. D'après Tisza, cet étrange liquide était en fait un mélange de deux composantes, un « mélange à deux fluides ». Ces deux composantes étaient miscibles comme l'eau et l'alcool, c'est-à-dire qu'elles ne pouvaient se séparer en deux phases comme l'huile et le vinaigre. Mais, dans un mélange eau-alcool, il est impossible de déplacer l'eau sans déplacer également l'alcool. Or, là au contraire, chaque composante de l'hélium liquide pouvait se déplacer indépendamment l'une de l'autre. Il existait deux champs de vitesse indépendants. Seule la température fixait les proportions de chacun. Un échauffement local provoquait un afflux d'une composante pour diluer l'autre, une fontaine superfluide. Voilà qui était à nouveau révolutionnaire. Qu'un liquide pur composé de petits atomes si simples qu'ils ne présentaient aucune propriété chimique puisse être en réalité un mélange intime et homogène de deux fluides capables de se déplacer indépendamment l'un de l'autre, voilà qui avait de quoi choquer tous les théoriciens de l'époque... à commencer par London lui-même. Mais Tisza tenait à son idée, et

²⁰ L. Tisza, « Adventures of a Theoretical Physicist, Part I : Europe », *Phys. perspect.* 11, 46-97, (2009) ; « Adventures of a Theoretical Physicist, Part II : America », *Phys. perspect.* 11, 120-168, (2009).

²¹ E. Teller, « Science and Morality » in *Essays on science and society*, *Science* 280, 1200 (1998).

envoya le 16 avril 1938 une note à *Nature* qui la publia²². Les faits expérimentaux allaient mettre 6 ans à convaincre London de la justesse de la proposition de Tisza.

Le rythme auquel ces publications – et bien d'autres que nous ne pouvons pas citer ici par manque de place – se sont succédé dans cette revue, prouve l'immense intérêt que la découverte de la superfluidité suscita. On ne peut s'empêcher de noter au passage que *Nature* avait été bannie des bibliothèques de l'Allemagne nazie en 1937 pour avoir critiqué le traitement réservé aux Juifs²³. Sans doute n'y avait-il là rien d'étonnant après l'interdiction en 1935 des œuvres d'Einstein, Sigmund Freud, Thomas Mann, Franz Kafka et bien d'autres. Quoi qu'il en soit, *Nature* ne manqua pas d'informer ses lecteurs du soutien apporté à la science par le Front Populaire français.

Mais revenons à la superfluidité. En octobre 1938, Heinz London publiait déjà un nouvel article dans *Nature* qui justifiait une partie des idées de Tisza. Alors Tisza publia, cette fois dans les *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* (Paris), deux articles qui prédisaient que, dans cet invraisemblable liquide, la chaleur devait, non pas diffuser comme dans tous les liquides classiques, mais se propager en oscillant sous forme d'ondes de chaleur²⁴. Or ces ondes thermiques devaient être découvertes juste après la Seconde Guerre mondiale, donnant ainsi raison à Tisza.

Dans la période 1939-1945, les recherches sur l'hélium superfluide furent interrompues en Occident. En URSS en revanche, l'histoire de la superfluidité a connu des développements très importants grâce à l'intervention de Lev Landau qui jeta les bases rigoureuses de l'hydrodynamique quantique. Ce n'est pas le lieu ici de décrire l'œuvre de Landau, qui est colossale. Mais, en quelques mots, disons que Landau était un génie particulièrement précoce qui, après un début de doctorat à Leningrad en 1926 (à 18 ans !), bénéficia d'une bourse de la Fondation Rockefeller et d'une bourse du « Commissariat du peuple pour l'éducation » pour aller travailler avec E. Rutherford à Cambridge, Max Born à Göttingen, W. Heisenberg à Leipzig et surtout Niels Bohr à Copenhague en 1932-1933. Après sa fondation de l'« Ecole Landau » déjà mentionnée, il fut jeté en prison par le NKVD pour avoir écrit un tract comparant Staline à Hitler. Il survécut aux geôles staliniennes grâce à Kapitza qui réussit à le faire libérer en proposant à Beria sa propre liberté en gage de celle de Landau (« afin de comprendre la superfluidité » !). Il publia en 1941 un long article théorique sur la superfluidité où il reprit le « modèle à deux fluides » de son ancien étudiant Tisza, tout en le critiquant avec une étonnante agressivité. Auteur d'une œuvre considérable par la suite, Lev Landau reçut le prix Nobel de Physique en 1962²⁵.

4- Louis Rapkine et l'aide aux savants étrangers

²² L. Tisza, « Transport phenomena in helium-II », *Nature* 141, 913 (1938).

²³ U. Hossfeld and L. Olsson, « *Nature and Hitler* », <<http://www.nature.com/nature/history/full/nature06242.html>>

²⁴ L. Tisza, « Sur la supraconductivité thermique de l'hélium II et la statistique de Bose-Einstein » et « La viscosité de l'hélium liquide et la statistique de Bose-Einstein », *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences (Paris)*, 207, 1035-7 et 1186-9 (1938).

²⁵ « for his pioneering theories for condensed matter, especially liquid helium ». « Nomination Database ». Nobelprize.org. <https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1962/landau-facts.html>

Revenons à la situation de la France, dans cette tourmente.

London et Tisza avaient été accueillis par des intellectuels défendant les droits de l'Homme avec l'aide du gouvernement de Front Populaire lequel, pour la première fois en France, avait créé un « sous-secrétariat à la recherche scientifique » que dirigèrent successivement Irène Joliot-Curie puis Jean Perrin. C'est en effet le Front Populaire qui, en déclarant d'utilité publique le « Comité français pour l'accueil et l'organisation du travail des savants étrangers » fondé par Louis Rapkine, permit à celui-ci de récolter plus facilement les fonds nécessaires au financement de son action. Un examen de ce Comité d'accueil et de son fondateur Louis Rapkine s'impose²⁶.

Louis Rapkine était né en 1904, en Biélorussie d'où sa famille avait émigré, d'abord en France en 1911 et deux ans plus tard à Montréal où il avait commencé ses études. En 1924, il était revenu seul en France pour y poursuivre ses études en biologie à la Sorbonne. De 1925 à 1927, il put bénéficier d'une bourse de la Fondation Rockefeller. Successivement, il travailla au Collège de France, dans le laboratoire d'Emmanuel Fauré-Frémiet, avec de réguliers séjours l'été à Roscoff, puis comme adjoint de René Wurmser à l'Institut de Biologie Physico-Chimique (IBPC). A l'été 1934, il s'engagea dans l'accueil des savants étrangers, mais il restait lui-même un étranger - il n'obtiendra la nationalité française que le 28 septembre 1939 - et comme tel, toute action politique lui était interdite. C'est donc dans l'ombre qu'il créa son Comité d'accueil en juillet 1936. Son nom n'apparaissait nulle part, il était caché derrière ceux de Georges Urbain (président) et de Jean Perrin (vice-président). Le Comité était donc hébergé à l'IBPC dont Jean Perrin dirigeait le service de Physique et Georges Urbain celui de Chimie.

Rapkine avait développé des relations étroites avec l'Angleterre, en particulier avec Rutherford, lequel présidait l'*Academic Assistance Council (AAC, comité d'aide universitaire)* qui avait aidé Fritz London – parmi beaucoup d'autres - à se réfugier provisoirement à Oxford. Et Rutherford avait félicité Rapkine pour son action personnelle en faveur des réfugiés. C'est donc sur le modèle de cet AAC britannique, et pour poursuivre l'œuvre du Comité des Savants²⁷ sur des bases plus solides, que Rapkine fonda son Comité d'accueil en se protégeant derrière les noms des intellectuels français déjà cités. En accord avec l'AAC, et avec sa coopération, il commença par aider en priorité des savants renommés afin de convaincre le milieu universitaire français de l'utilité de son action, prévoyant de pouvoir ensuite, dans un second temps, élargir son action à des chercheurs plus jeunes et par conséquent momentanément moins renommés.

Soulignons que le comité anglais AAC, fondé en 1933, transformé en une structure permanente dès 1936 sous le nom de *Society for the Protection of Science and Learning* (Société pour la protection de la science et du savoir), est devenu en 1999 le *Council for At-Risk Academics (CARA, Comité pour les universitaires en danger)* : la défense des universitaires est un combat encore et toujours d'actualité au XXI^e siècle.

²⁶ Pour une étude détaillée, voir D. Dosso, Thèse de doctorat - Epistémologie et histoire des sciences, « Louis Rapkine (1904-1948) et la mobilisation scientifique de la France libre », Université Paris 7, 23 décembre 1998.

²⁷ Lequel cessa son activité en 1935, à la mort de son fondateur l'indianiste Sylvain Lévi.

Avec l'appui d'Edmond Bauer, directeur du laboratoire de Paul Langevin au Collège de France qu'il avait convaincu de défendre les savants réfugiés au grand jour, c'est-à-dire sans craindre de réactions xénophobes ou antisémites dans la France de l'époque, Rapkine réunit donc une trentaine « d'hommes [...] très enthousiastes et désireux de réparer le mal qu'ils ont fait en ne constituant pas un tel comité auparavant... »²⁸. Ces hommes et femmes constituaient un conseil d'administration de 12 membres et un comité d'honneur de 19 autres. On n'y trouve pas Rapkine lui-même bien sûr, mais outre Georges Urbain et Jean Perrin, René Wurmser (secrétaire), Edmond Bauer (trésorier), Frédéric Joliot, Paul Langevin et Emmanuel Fauré-Frémiet tous trois professeurs au Collège de France, Célestin Bouglé (philosophe, directeur de l'École Normale Supérieure de 1935 à sa mort en 1940), Irène Joliot-Curie, Louis et Maurice de Broglie, Léon Brunschwig, Sir Robert Mond (celui des *ICI*), Ernest Tonnelat, André Mayer et beaucoup d'autres parmi lesquels une majorité de scientifiques, une minorité d'origine juive, de nombreux membres du Comité de vigilance des intellectuels antifascistes (CVIA).

Rapkine trouva alors le financement nécessaire à une action qu'il put étendre aux réfugiés antifascistes provenant d'Espagne et du Portugal. Le Comité fut doté par le gouvernement, mais fonctionna sur fonds privés pour lesquels l'obtention de la reconnaissance d'utilité publique était fondamentale. Ainsi, par exemple, il reçut des dons de la famille Rothschild, d'André Mayer et Robert Debré, et un autre de Sir Robert Ludwig Mond des *ICI* déjà cité, de Bernhardt Kahn, représentant en France de l'*American Jewish Joint Distribution Committee*, etc.

Dans cet effort considérable de Rapkine, la création par Jean Perrin de la Caisse Nationale de la Recherche Scientifique (« la CNRS »²⁹) joue également un rôle important. Les bourses du Comité d'accueil étaient conçues comme un intermédiaire avant l'obtention d'un poste stable. C'est exactement ce qui fut fait pour Fritz London : une bourse du Comité pour un an avant l'intégration à « la CNRS » sur un poste de maître de Recherches. Ce faisant, Jean Perrin eut à lutter avec persévérance contre ceux qui s'opposaient à l'emploi d'étrangers, mais aussi contre ceux qui considéraient la création d'un corps de chercheurs à plein temps comme une atteinte aux missions des universités. Dans cette lutte, il bénéficia du soutien inconditionnel du Front Populaire, notamment de Jean Zay ministre de l'Éducation nationale³¹, qui, en définissant les attributions de « la CNRS » dont Jean Perrin présidait le conseil d'administration, permit l'embauche de chercheurs étrangers à plein temps en dehors du cadre de la fonction publique qui était réservée, à l'époque, aux seuls citoyens de nationalité française. « La CNRS » devait fusionner avec le Centre national de la recherche scientifique appliquée (le CNRSA) et le Haut conseil pour la recherche scientifique pour former « le » CNRS, Centre national de la recherche scientifique, le 19 octobre 1939, soit un mois après la déclaration de guerre.

²⁸ Lettre de Rapkine à ses amis Louis et Lyla Rasminsky, en anglais, 7 juillet 1936. Fonds Louis Rapkine, Correspondance personnelle, Archives de l'Institut Pasteur.

²⁹ « La CNRS » résulte de la fusion de la « Caisse nationale des Sciences » de 1930 et de la « Caisse des recherches scientifiques » de 1901.

³¹ Jean Zay, né en 1904 à Orléans allait être incarcéré par le gouvernement de Vichy dans des conditions particulièrement dures, et exécuté par sa milice peu de temps avant la Libération (20 juin 1944).

5- La guerre

Le 3 septembre 1939, la France puis la Grande-Bretagne déclarèrent la guerre à l'Allemagne et les événements se précipitèrent.

Frédéric Joliot avait tenté de maintenir Fritz London à Paris par tous les moyens à sa disposition, y compris l'aide de Louis de Broglie, Jean Perrin, Edmond Bauer, Henri Laugier et Emile Borel en lui obtenant une promotion comme directeur de Recherches le 1^{er} octobre 1938, puis une augmentation substantielle de son salaire. Mais London craignait le développement de l'antisémitisme en France. Il décida, à regret, de partir aux Etats-Unis où Paul Gross, rencontré à Paris, lui avait proposé un poste de Professeur de Chimie théorique à l'Université Duke (Caroline du Nord). Fritz London, sa femme et leur fils nouveau-né traversèrent l'Atlantique dans des conditions périlleuses. Ils ne revinrent jamais s'installer en France. Fritz London fut proposé au comité Nobel en Chimie et en Physique, mais il mourut prématurément en 1954 d'une maladie de cœur.

Quant à Tisza, à l'automne 1939, il s'était engagé volontaire dans un régiment de marche, comme Magat. Réformé, Tisza avait ensuite poursuivi des recherches pour le Laboratoire central des Poudres. Lors de la débâcle, Jacques Hadamard et sa fille Jacqueline l'avaient emmené, avec sa femme, à Toulouse, en zone dite libre, où le laboratoire Langevin du Collège de France avait ordre de se replier. Puis la législation mise en place par le régime de Vichy, avait privé Tisza de sa bourse CNRS. Comme pour Fritz London, la France ne fut par conséquent qu'un pays de transit. Tisza dut prendre une nouvelle fois le chemin de l'exil, vers les Etats-Unis cette fois. Il débarqua avec sa femme à New York à la fin mars 1941, en provenance de Lisbonne. A la rentrée de septembre 1941, aidé une nouvelle fois par Edward Teller établi pour sa part dès 1935 à Washington, Tisza put remplacer au *MIT (Massachusetts Institute of Technology - Cambridge, E-U)* un enseignant américain mobilisé dans l'effort de guerre. Il fit ensuite toute sa carrière dans ce prestigieux établissement de la côte Est, devenant professeur titulaire (*Full Professor*) en 1960. Il y est décédé le 15 avril 2009, à presque 102 ans.

Face aux dangers que faisait naître l'entrée en guerre de la France, de nombreux scientifiques embarquèrent pour l'Angleterre, dont 50 sur le navire charbonnier Broompark le 18 juin 1940 - jour du célèbre appel de de Gaulle - dans le port de Bassens près de Bordeaux grâce à Lord Suffolk, représentant en France du *Department of Scientific and Industrial Research (DSIR)*, l'équivalent anglais de notre CNRS fondé dès 1916. Parmi les passagers se trouvaient Henri Laugier, directeur du CNRS, le chimiste Bertrand Goldschmidt, et deux jeunes chercheurs en physique nucléaire, qui s'étaient réfugiés dans le laboratoire de Frédéric Joliot au Collège de France : Hans Halban, d'origine allemande, et Lew Kowarski, d'origine russe, naturalisés français respectivement en avril et en novembre 1939.

C'est eux que Joliot avait chargés de mettre en lieu sûr les précieux 185 kg d'eau lourde³² qui leur servaient à étudier la fission nucléaire de l'uranium. L'histoire de la récupération du stock mondial d'eau lourde par les Français mériterait un récit long et détaillé. Disons seulement ici que Halban et Kowarski réussirent à transporter ce

³² Oxyde de deutérium : mêmes éléments chimiques que l'eau ordinaire, mais ses atomes d'hydrogène sont des isotopes lourds, du deutérium.

précieux chargement du Collège de France à Bassens, puis, de l'autre côté de la Manche, à Cambridge via Londres.

D'autres savants se réfugièrent aux Etats-Unis. Outre London et Tisza déjà mentionnés, c'est le cas de Rapkine qui avait rejoint Londres à la mi-janvier 1940 mais qui repartit pour New York accompagné d'Henri Laugier en août 1940. Là, Rapkine mit en place un plan de sauvetage de l'élite des scientifiques français avec l'aide de la Fondation Rockefeller³³. C'est seulement en décembre 1941 que de Gaulle approuvera la création d'un Bureau scientifique dirigé par Rapkine au sein de la délégation de la France libre à New York³⁴. C'était la condition requise par les autorités américaines en vue d'obtenir leur éventuelle participation à l'effort de guerre allié. Au total, Rapkine permit à plus d'une centaine de scientifiques d'une dizaine de nationalités d'émigrer aux Etats-Unis avec leur famille. Outre les physiologistes Henri Laugier et Théophile Cahn, il vint en aide aux physiciens Pierre Auger, Léon Brillouin, Jean Perrin et son fils Francis, Salomon Rosenblum, au chimiste Michel Magat déjà cité, aux biologistes René Wurmser et Boris Ephrussi, aux mathématiciens Jacques Hadamard, Szolem Mandelbrojt et André Weil, etc.

Rapkine proposa également son aide à d'autres scientifiques qui, eux, préférèrent résister en France : Edmond Bauer, Henri Cartan, Frédéric Joliot³⁵, André Lwoff, le biochimiste Edgar Lederer, par exemple. Paul Langevin, bien connu comme militant antifasciste, fut incarcéré dès le 30 octobre 1940 par les Occupants, puis révoqué par le gouvernement de Vichy et finalement placé en résidence surveillée à Troyes d'où il s'évadera pour rejoindre la Suisse en mai 1944. Ni Bauer, ni l'historien Marc Bloch ne réussirent à obtenir de visa pour leur famille, nombreuse : ils ne prirent pas le risque considérable de partir sans³⁶. De nombreux autres savants furent déportés, torturés ou assassinés durant ces sombres années.

En août 1944, au prix d'harassantes négociations, Rapkine parvint enfin à organiser le retour des scientifiques exilés en Amérique vers Londres, sorte de séjour de réadaptation scientifique en Grande-Bretagne, étape nécessaire avant leur réinstallation en France bientôt libérée. Insatiable, entièrement au service de ses pairs, il obtient de la Fondation Rockefeller en 1945 un soutien financier capital pour un redémarrage rapide du CNRS que dirigeait désormais Frédéric Joliot-Curie. En 1946, il reprit l'étude des enzymes comme chef de service de chimie cellulaire à l'Institut Pasteur. En 1947 il fut décoré chevalier de la Légion d'honneur. Le 13 décembre 1948, il mourut prématurément d'un cancer des poumons³⁷.

³³ D. Dosso, « Le plan de sauvetage des scientifiques français - New York, 1940-1942 », *Revue de Synthèse*, 2006/2, pp.429-251.

³⁴ D. Dosso, « La France libre et la politique de recherche - New York, 1941-1944 », pp. 115-131 in *Le gouvernement de la recherche. Histoire d'un engagement politique, de Pierre Mendès France à Charles de Gaulle (1953-1969)*, sous la direction d'A. Chatriot et de V. Duclert, Paris, La Découverte, 2006. Voir aussi D. Dosso, « Les scientifiques français réfugiés en Amérique et la France Libre », *Matériaux pour l'histoire de notre temps*, n°60, octobre-décembre 2000, pp.34-40.

³⁵ Frédéric Joliot deviendra un des chefs de la résistance universitaire parisienne. Voir F. Pinault, « Frédéric Joliot, les Allemands et l'université aux premiers mois de l'Occupation », *Vingtième siècle* 50, avril-juin 1996, pp. 67-88.

³⁶ D. Dosso, Thèse de doctorat, op. cit , pp. 522-596.

³⁷ D. Dosso, « RAPKINE Louis », pp.704-705 in *Dictionnaire des étrangers qui ont fait la France*, sous la direction de P. Ory, Paris, Robert Laffont, 2013. Voir aussi D. Dosso, « Louis Rapkine, biochimiste (Tchichenitch, près de Minsk, Russie, 14 juillet 1904 - Paris, 13 décembre 1948) », in *Archives Juives, Revue d'histoire des Juifs de France*, n°32/2, 1999, pp.130-133.

6 - La bombe

Aussitôt après la déclaration de guerre, de nombreux savants étrangers réfugiés en France comme Tisza et Magat par exemple, ou d'origine étrangère comme Rapkine, s'étaient engagés dans l'armée pour défendre la France contre les nazis. Pour les mêmes raisons, de nombreux autres participèrent à l'effort de guerre, en Grande-Bretagne, au Canada et aux Etats-Unis. Parmi eux, Einstein et Szilard, réfugiés respectivement allemand et hongrois aux Etats-Unis, sont les auteurs d'une missive restée célèbre, écrite en collaboration avec deux autres savants hongrois, Teller et Wigner. Dans cette lettre datée du 2 août 1939, ils alertèrent le président Roosevelt du danger considérable que représentait la possible construction par les nazis d'un nouveau type de bombe d'une puissance colossale : la bombe atomique. Cette lettre provoqua un début de recherches militaires mais c'est vraiment le memorandum de Frisch et Peierls qui déclencha l'effort militaire des Alliés pour sa mise au point. Otto Frisch et Rudolf Peierls, deux savants d'origine allemande réfugiés à Birmingham, n'étaient pas autorisés parce que considérés comme « étrangers ennemis » (*enemy aliens*) à participer à la recherche militaire britannique. Mais ils prirent l'initiative personnelle de calculer la « masse critique » d'uranium 235 nécessaire à la fabrication d'une bombe atomique. Il s'agit de la quantité minimale d'uranium nécessaire pour qu'une réaction de fission « en chaîne » s'amplifie au point d'exploser. A partir de quelques hypothèses simplifiées, ils trouvèrent que cette masse était d'environ une livre, c'est-à-dire moins d'un kilogramme. Soudain, il apparaissait réellement possible d'extraire une telle quantité de l'isotope 235 de cet uranium qui, à l'état naturel, contient plus de 99% d'Uranium 238 qui, lui, n'est pas fissile. Ils transmirent donc un memorandum sur ce sujet et la Grande-Bretagne se mobilisa en créant la « commission MAUD », laquelle alerta les Américains en août 1941. Après consultation des 3 Hongrois Teller, Wigner et Szilard, les Etats-Unis lancèrent le « projet Manhattan » en 1942, avec Robert Oppenheimer comme directeur scientifique. Par la suite, de nombreux autres savants réfugiés allaient y participer : le Hongrois von Neumann qui calcula entre autres l'altitude optimale à laquelle faire exploser une bombe, les Allemands Hans Bethe et plus tard Rudolf Peierls, les Français Halban, Kowarski, Guéron et Goldschmidt, les Italiens Fermi et Segrè, tous les autres savants hongrois déjà cités, etc.

Restés en Angleterre, Kurti et Simon mirent au point une méthode de purification isotopique de l'uranium par diffusion gazeuse. Ni London ni Tisza ne participèrent à l'effort de guerre allié car réfugiés trop tard : le *War Department* mit longtemps à traiter leurs dossiers.

On connaît la suite, Hiroshima le 6 août 1945 et Nagasaki le 9 alors que la guerre avec l'Allemagne était terminée et que le Japon était proche de la reddition. On notera cependant que le 17 juillet 1945, lendemain de l'essai – réussi et terrifiant – de la première bombe atomique à Alamogordo (Nouveau-Mexique), Szilard et 70 participants du « projet Manhattan » signèrent une pétition réclamant que les Etats-Unis s'en tiennent à la dissuasion, c'est-à-dire montrent leur puissance mais ne s'en servent pas contre des civils, la population japonaise. Plus tard, le manifeste Einstein-

Russell (1955) et les conférences Pugwash³⁸ qui le suivirent à partir de 1957, mirent en évidence l'engagement des scientifiques pour le désarmement. Mais ce colloque n'est pas le lieu pour discuter d'un problème aussi vaste.

7- Aujourd'hui

Trois mots de conclusion.

Aujourd'hui en France, les Universités et le CNRS recrutent de nombreux étrangers grâce à la création d'exceptions à l'exigence de nationalité dans la fonction publique.

Quant à la superfluidité, elle a fait sauter la physique quantique du microscopique au macroscopique. Avec sa cousine la supraconductivité, qui est une superfluidité d'électrons, leurs applications servent principalement à construire de gros électro-aimants pour la recherche fondamentale comme, par exemple, ceux du CERN à Genève où 27 km d'aimants supraconducteurs sont refroidis à l'hélium superfluide. Et surtout à construire les scanners IRM qui ont révolutionné l'imagerie médicale en utilisant des bobines supraconductrices refroidies à l'hélium liquide.

Venir en aide aux réfugiés est assurément un devoir moral et humanitaire dont l'actualité est criante face aux crises du Moyen-Orient ou de l'Afrique, en réponse également aux flux migratoires de centaines de millions de personnes que le changement climatique risque de provoquer dans les prochaines décennies.

A tous ces migrants, il est urgent d'offrir l'hospitalité.

³⁸ La première conférence a lieu en juillet 1957 à Pugwash (Nouvelle-Ecosse, Canada). Le Mouvement Pugwash, fondé par Jozef Rotblat et Bertrand Russell se partagent le prix Nobel de la Paix 1995 pour leurs efforts en faveur du désarmement nucléaire. L'Association française du Mouvement Pugwash a été créée en 1964. F. Perrin, A. Kastler, B. Goldschmidt, A. Lwoff ont, parmi beaucoup d'autres scientifiques, participé à ses travaux. Voir aussi D. Dosso, « Sciences et scientifiques », pp.1195-1200 in *Encyclopédie de la Seconde Guerre mondiale*, sous la direction de J.F. Muracciole et G. Piketty, Robert Laffont, 2015.