



HAL
open science

Histoire de la recherche contemporaine Entretien avec Luiz Davidovich

Jean-Pierre Briot, Luiz Davidovich

► **To cite this version:**

Jean-Pierre Briot, Luiz Davidovich. Histoire de la recherche contemporaine Entretien avec Luiz Davidovich. Histoire de la recherche contemporaine : la revue du Comité pour l'histoire du CNRS , 2018, Dossier Histoire et structure de la coopération scientifique entre le Brésil et la France, VII (2), pp.180-196. hal-01840932

HAL Id: hal-01840932

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-01840932v1>

Submitted on 10 Aug 2019

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.

Histoire de la recherche contemporaine

La revue du Comité pour l'histoire du CNRS

Tome VII N°2 | 2018 :

Histoire et structure de la coopération scientifique entre le Brésil et la France

Dossier: Histoire et structure de la coopération entre le Brésil et la France

Entretien avec Luiz Davidovich,

Interview with Luiz Davidovich

JEAN-PIERRE BRIOT

p. 180-196

Résumés

Français English

De la théorie à l'expérimentation. Après une année sabbatique à l'Ecole Normale supérieure de Paris, Luiz Davidovich a créé un laboratoire d'optique quantique qui réunit les théoriciens et les expérimentateurs, des brésiliens, des français, qui construisent un langage commun et font des découvertes fondamentales

From the theory to the experimentation. After sabbatical year in ENS of Paris, Luiz Davidovich created a quantum optics laboratory that brings together theorists and experimentalists, Brazilians and French, who build a common language and make fundamental discoveries

Entrées d'index

Mots-clés : optique quantique- informatique quantique, physique, université fédérale de rio de Janeiro, PICS, France, Brésil, CNRS, CNPq

Keywords : Quantum IT, quantum optics, physical science, federal university of Rio de Janeiro, International programs of scientific cooperation, France, Brazil, CNRS, CNPq

Notes de la rédaction

Luiz Davidovich est professeur et chercheur en optique quantique à l'Institut de Physique de l'Université Fédérale de Rio de Janeiro et également Président de l'Académie Brésilienne des Sciences¹ (Academia Brasileira de Ciências), localisée dans la même ville. Son interview a été réalisée en français par Jean-Pierre Biot le 16 janvier 2017 à l'Instituto de Física. La rédaction de la revue a choisi de rapporter ses propos fidèlement, malgré la barrière de la langue pour le chercheur brésilien qui a collaboré en particulier avec le laboratoire Kastler-Brossel à Paris, afin de conserver la saveur et le dynamisme de cet échange oral.

Texte intégral

1 ,

Jean-Pierre : Luiz, merci pour avoir accepté cet entretien, malgré ton emploi du temps chargé et tes multiples responsabilités ! Je propose que l'on fasse l'entretien en français, cela sera ainsi plus pratique et évitera une traduction.

Luiz : C'est lié à la question du langage. J'étais à Paris en septembre 2016, c'était l'Anniversaire des 350 ans de l'Académie des Sciences en France. J'étais médiateur dans une des sessions. Alors, c'est pour dire, que devant cette audience d'académiciens, il y avait aussi des gens des États-Unis, j'ai préféré faire des fautes de langage en anglais qu'en français ! Donc il faudra quand même corriger après mes fautes de langage !

Jean-Pierre : Pas de souci ! Tu étais médiateur, quelle était ta responsabilité ?

Luiz : Je pense qu'ils voulaient que les gens participent à la session, alors j'étais médiateur d'une session qui n'avait rien à voir avec mon domaine de recherche. C'était lié à la question de l'écologie et du recyclage des ordures. J'ai préparé quand même une petite présentation au début. J'ai fait une recherche sur Internet sur ces problèmes. Et à la fin, j'ai montré un transparent superbe, je ne sais pas si tu connais, c'est un orchestre au Paraguay, dans une communauté qui habite à côté d'un dépôt d'ordures et alors ils ont construit des instruments à partir des choses qu'ils trouvaient sur place. C'est un orchestre fantastique, il y a des violoncelles, ils jouent la suite de Bach au violoncelle et tout est recyclé. C'est superbe ! J'ai montré ça pour montrer comment les gens peuvent être créatifs, dans des situations qui ne sont pas très agréables. C'est la créativité humaine qui nous permet de survivre.

Jean-Pierre : Et le Brésil est aussi très créatif ! On en parlera, c'est une de ses qualités ! Comme tu es multifonctionnel et polymorphe, je propose de commencer d'abord par ton domaine, c'est-à-dire en tant que chercheur, puisque nous sommes dans ton bureau de chercheur, en tant que chercheur en optique quantique. Peut-être tu peux expliquer un petit peu comment tu es venu à l'optique quantique et comment l'optique quantique s'est développée au Brésil.

Luiz : Alors, le premier cours d'optique quantique au Brésil a été fait par (Herch) Moysés Nussenzveig². Avant que je ne parte du Brésil pour faire mon doctorat à l'étranger, à Rochester, il a fait ce cours. C'est quand j'étais encore à l'université, étudiant de graduation. Je n'ai pas assisté au cours. J'ai vu les notes de cours, qui sont devenues un ouvrage, de Herch Moysés Nussenzveig, qui je pense a été le premier livre d'optique quantique. Quand je suis parti du Brésil, je suis allé à l'Université de Rochester. Je suis parti du Brésil juste après mon diplôme. J'avais commencé le master de physique et c'était l'époque de la dictature militaire au Brésil et j'ai été expulsé de l'université, pour des activités politiques comme étudiant : je participai aux activités de l'Association des étudiants, qui s'opposait à la dictature et voulait le retour à la démocratie. Alors mes professeurs ont contacté des collègues dans d'autres universités étrangères. Je ne pouvais rentrer dans aucune université brésilienne pendant 3 ans. C'était la loi à ce moment-là, une loi draconienne, qui a poussé plusieurs étudiants à la clandestinité. Alors je suis parti du Brésil et à la fin je suis allé à l'Université de Rochester. À l'Université de Rochester, j'ai pris justement Moysés Nussenzveig comme mon directeur de thèse. Et ma thèse a été dans ce domaine. Aussi, j'ai suivi des cours d'optique quantique là-bas, avec des gens très bien, qui étaient des leaders dans ce domaine. Après ça, je suis allé en Suisse, à l'ETH³, comme professeur assistant, c'était une espèce de post-doc.

Après je suis retourné au Brésil et là j'ai commencé à faire de la recherche en optique quantique au Brésil. J'ai eu un premier étudiant de master qui a travaillé sur un thème de l'optique quantique. Il faut dire aussi que, parallèlement, à Belo Horizonte⁴, il y avait aussi un groupe qui développait aussi l'optique quantique. C'était Geraldo Barbosa, qui a été le directeur de thèse d'étudiants qui sont maintenant des leaders dans le domaine au niveau expérimental. Il y a un labo là-bas qui fait des manip en optique quantique. Alors c'est en 1977 que je suis retourné au Brésil. Je suis devenu professeur à l'Université Catholique⁵. Et en 1981, je crois, on a eu un symposium de physique

théorique à Rio. Et je me souviens bien que j' ai suggéré le nom de Claude Cohen-Tannoudji comme invité. J'admirais beaucoup son travail que je connaissais. Alors il a été invité et il est venu. C'est intéressant parce que il y avait aussi Gérard 't Hooft des Pays-Bas. Et les deux sont ensuite devenus Prix Nobels. Après cette expérience, je disais toujours aux gens : « Viens au Brésil, parce que ça donne de la chance ! ».

Alors, c'était pendant ce symposium que j'ai eu un contact avec Claude Cohen-Tannoudji. Très bien, je l'ai trouvé très sympathique, très fort bien sûr. Et là, on a commencé à entretenir l'idée de faire une coopération entre le Brésil et la France. Il y avait un collègue aussi, Humberto Brandi, qui a participé beaucoup à ce projet, et Moysés Nussenzveig aussi. Et là, on a commencé à parler de ça. En 1983, on a organisé un colloque franco-brésilien. J'étais le coordinateur du colloque du côté brésilien et Claude Cohen-Tannoudji était le coordinateur du côté français. On a eu un groupe très important de français de plusieurs endroits, qui est venu au Brésil. Et c'était un colloque magnifique. Il y a eu aussi des brésiliens qui ont participé. C'était un échange d'idées et aussi une opportunité pour montrer ce que les gens faisaient. Ça a été très bien. Et ça a démarré une coopération ente le Brésil et la France, qui a été, je trouve, fantastique. J'ai eu d'autres coopérations avec d'autres pays, mais cette coopération a marché d'une façon fantastique. Alors, des chercheurs brésiliens allaient en France, des chercheurs français venaient au Brésil.

Et là, ça a commencé et je pense que ça a eu une conséquence très forte sur le développement de la recherche au Brésil dans ce domaine, y compris la recherche expérimentale, grâce à l'exemple de la France. Parce qu'en France, on voit dans plusieurs endroits, à l'Université de Paris-Nord, Orsay, l'École Normale Supérieure, une interaction très forte entre la théorie et l'expérience. C'est même difficile de dire si Claude Cohen-Tannoudji est théoricien ou expérimental, Serge Haroche, il fait les deux, Jean-Michel Raimond et Michel Brune maintenant, ils font les deux. Alors, on a trouvé cela très intéressant. Et je pense que cela a contribué à créer de nouveaux laboratoires et groupes de recherche en optique quantique au Brésil. On a maintenant le groupe de recherche expérimentale à l'Université de São Paulo, dirigé par Paulo Nussenzveig⁶, qui a été un étudiant de doctorat dans le groupe de Serge Haroche. Les gens de Belo Horizonte aussi ont profité de ça. Par exemple, Paulo Henrique Souto Ribeiro, qui a fait son doctorat à Belo Horizonte, il est parti en France, il a fait son post-doctorat chez Elisabeth Giacobino et Claude Fabre⁷, et après, il est venu chez nous. Alors, il a vraiment construit le laboratoire d'optique quantique ici⁸, c'était lui. Il a fait ça avec l'expérience qu'il a eue en France. Mon ancien étudiant de doctorat, (Antonio Zelaquett) Khoury, après son doctorat – son doctorat était théorique –, il est allé à Recife, avec Rios Leite, qui était aussi dans cette coopération avec la France, parce que Khoury voulait aussi faire des manips. Alors, il voulait avoir un peu d'expérience avant de partir en France. Après, il est parti aussi chez Elisabeth Giacobino et Claude Fabre, et comme résultat de cela, il est revenu, il est à l'Université Fédérale Fluminense⁹, avec un nouveau laboratoire qu'il a construit. Tu vois, l'influence de cette coopération et même le fait que plusieurs laboratoires ont été construits grâce à cette collaboration : Université Fédérale de Rio de Janeiro, Université Fédérale Fluminense, Université de São Paulo. C'est impressionnant. Et, plus que ça, cela a donné même aux gens plus théoriques, comme moi-même, cette idée de faire de la science avec une interaction très forte entre la théorie et les manips.

En 1986, j'ai pris une année sabbatique et je suis allé à l'École Normale Supérieure. J'avais rencontré Serge Haroche avant, à l'occasion du colloque franco-brésilien. Et là, ça joue un rôle aussi, on s'est trouvé plusieurs points communs, pas seulement dans la recherche, mais dans la vision du monde, avec Claude Cohen-Tannoudji aussi. D'ailleurs, Claude a publié un article dans un des Cahiers du CNRS, sur la coopération avec le Brésil. C'est très intéressant ce qu'il a écrit là-bas, je me souviens encore, il a dit que un des facteurs importants, c'était le facteur culturel, le fait qu'il y avait des racines communes, c'était très facile de se comprendre. Et ça a joué un rôle très important. Alors, avec Serge et Claude, ça a été une espèce d'amour à première vue (« love at first sight ») ! Alors en 1986, je suis allé là-bas pour une année sabbatique et là j'ai vraiment commencé à travailler sérieusement avec Serge.

Jean-Pierre : Excuse-moi, avant de parler de ta collaboration avec Serge, qui est très importante, je voudrai revenir sur un point très important, tu as dit la spécificité française sur l'intrication forte entre la théorie et l'expérimentation. Et tu as l'air de dire que c'est peut-être une spécificité française qui est devenue, grâce à la collaboration, aussi une spécificité brésilienne.

Luiz : Tout à fait !

Jean-Pierre : Et cela veut dire que la vision américaine est un peu différente, c'est plus séparé.

Luiz : Ah oui ! Et par exemple, quand j'ai passé une année sabbatique en 1986, ça m'a donné l'idée d'avoir quelque chose de similaire ici au Brésil. Et à la fin, on a réussi cela, mais seulement 10 ans plus tard, ici à l'Université Fédérale, on a obtenu de l'argent du gouvernement fédéral, pour avoir un laboratoire (expérimental) ici.

Jean-Pierre : Alors ça c'est le 2ème point que je gardais en suspens, les moyens. Parce que, pour soutenir cette collaboration franco-brésilienne en optique quantique, quels étaient les programmes ?

Luiz : Très bien ! Alors, ça a commencé avec une coopération entre le CNPq¹⁰ et le CNRS, qui a commencé à marcher très bien. Parce que, très vite, on a commencé à avoir des publications ensemble, et des publications, je dirais, de très bonne qualité. Alors, le Ministère des Affaires Étrangères en France a rajouté de l'argent et a dit qu'on devait avoir un programme PICS¹¹. Alors, ça s'est transformé dans un programme PICS. Ils avaient même mis un poste rouge¹² en France, qui permettait d'accueillir des chercheurs brésiliens, ce qui est un témoin du succès de la coopération. C'était ça, la coopération du CNRS-CNPq et après du Ministère des Affaires Etrangères français.

En 1986, j'ai passé une année sabbatique en France¹³ et ça se passait très bien. Ils étaient en train de développer une manip et j'ai commencé à travailler sur la théorie et la théorie sur laquelle j'ai travaillé à contribuer de changer la manip, pour simplifier la manip. Et, je me souviens, ce sont des souvenirs inoubliables ! Le 14 juillet, j'avais le plan de quand même pendant la nuit regarder les feux d'artifice. On était tous dans le labo. Et là, la manip, il fallait la faire pendant la nuit pour éviter les bruits du métro. Alors j'étais là-bas et là on a commencé la manip. C'était sur un dispositif qui s'appelait micro-maser¹⁴ à deux photons. C'était un dispositif, une espèce de laser, qui travaillait dans la région des micro-ondes et qui avait à peu près un atome à chaque fois dans une cavité. Alors, l'atome laissait deux photons, c'était une transition à deux photons. Le prochain atome entré et ces deux photons stimulaient maintenant une émission de deux photons en plus. Ainsi, le champ commençait à monter dans la cavité, jusqu'à atteindre une situation stationnaire, parce qu'il y avait aussi des pertes. La théorie classique du maser à deux photons c'était intéressant, car les pertes sont proportionnelles à l'intensité du champ, mais, puisque c'est un processus à deux photons, le gain est proportionnel au carré de l'intensité. Alors, cela veut dire que pour des intensités petites, les pertes sont plus grandes que les gains. Il y a un point de croisement et l'idée originale était d'envoyer un champ, une espèce de graine, pour faire marcher, parce qu'il fallait amener le champ jusqu'au point de croisement, pour qu'il soit plus grand que les pertes. Alors, la théorie par contre a montré que, à cause des fluctuations microscopiques, le micro-maser pouvait marcher par lui-même. Ça ne nécessitait pas d'avoir une graine. Et là, on a fait la manip le 14 juillet. On a branché l'excitation des atomes. Et la théorie disait, bon, il faut attendre quand même, quelques secondes, de l'ordre de 15 à 20 secondes. Et là, on a commencé, rien ne se passe ! 15 secondes, 20 secondes, Pouf ! Ça a commencé à marcher ! Alors c'était vraiment une grande célébration du 14 juillet !

Jean-Pierre : Champagne national¹⁵ !

Luiz : Champagne national ! C'est ça ! Alors, pour moi, cela a été vraiment une révélation. Et aussi l'ambiance là-bas, avec beaucoup d'humour et la joie de faire de la recherche. Ça a été phénoménal. Je me souviens, ça a commencé à marcher et Jean-Michel (Raimond), qui a beaucoup d'humour, il a dit : « Ah ! C'est fantastique, je commence à imaginer le temps quand les gens vont pouvoir entrer dans un supermarché et acheter un micro-maser à deux photons ! ». Et bien sûr c'était de la

recherche basique, pour démontrer certains effets. Alors pour moi, ça a été une expérience fantastique vraiment !

Alors, quand je suis retourné au Brésil, j'ai commencé à penser à faire un laboratoire (expérimental). Et les gens autour aussi, Nicim Zagury, mon collègue qui est aussi à l'Université fédérale, Moyses Nussenzveig, Humberto Brandi, rêvaient de cela. Et finalement, il y a eu un nouveau projet du gouvernement fédéral, le programme Pronex¹⁶, pour des noyaux d'excellence. Et là, on a eu de l'argent, pour faire un laboratoire. Il y avait des gens qui disaient : « Mais c'est fou de donner de l'argent aux théoriciens pour faire un laboratoire. C'est de la folie ! ». Mais on a réussi à recruter deux excellents expérimentateurs, Cláudio Lenz Cesar, qui avait fait son doctorat au MIT chez Dan Kleppner, et Paulo Henrique Souto Ribeiro, déjà mentionné. Cláudio a construit un laboratoire d'atomes froids, qui participe à une collaboration avec le CERN, et Paulo Henrique a construit notre laboratoire d'optique quantique.

Mais il y a un espace de temps que j'ai sauté quand même. Parce que d'abord, on était à l'Université Catholique. En 1994, on est venu à l'Université Fédérale. Et ici on a commencé à penser à construire le laboratoire d'optique quantique. Alors, on a eu un concours ici. Paulo Henrique Souto Ribeiro a été recruté. Alors, il a commencé à construire le laboratoire. Et après, Steve (Stephen) Walborn est venu. Il a eu son doctorat à Minas Gerais¹⁷. Il est américain mais il a décidé de rester au Brésil et il est venu travailler chez nous, d'abord comme post-doc et après – il est très, très, bon – il a été recruté. Alors, les deux ont commencé à faire des manip. Et là, on a commencé à parler. On a eu des idées ensemble. Et là on a commencé à publier et le premier papier de cette coopération (ici entre la théorie et les manip) a été publié dans Nature.

Jean-Pierre : Et tu disais que quand vous avez créé ce laboratoire à l'UFRJ, et d'autres, c'était justement aussi cette nouveauté de faire un groupe de recherche entre théorie et expérimentation.

Luiz : Voilà, c'est ça.

Jean-Pierre : Parce que jusque là...

Luiz : C'était très séparé.

Jean-Pierre : Et est-ce qu'il y avait des moyens pour faire des expérimentations, ici au Brésil ?

Luiz : Oui. Il y avait déjà, en optique quantique, Belo Horizonte. Et nous, on a obtenu des moyens suffisants pour cela.

Jean-Pierre : Mais c'étaient des équipes dissociées, qui ne travaillaient pas ensemble. Il y avait vraiment les deux mondes, les théoriciens avec leurs groupes de recherche et les expérimentateurs, qui ne communiquaient pas.

Luiz : Voilà c'est ça.

Jean-Pierre : Et là, vous avez, tu as contribué à vraiment fusionner cela. Alors que tu venais de la théorie. Tu as mis les mains à la pâte !

Luiz : Parce que j'avais déjà l'expérience à Paris ! Alors, je savais, je connaissais l'importance d'avoir un langage commun, de chercher ce langage commun. Et ça a été très important. Alors, on a commencé à parler. Alors ça a été comme ça. Le premier papier, Nature. Et après ça deux papiers, dans *Science*.

Jean-Pierre : Champagne national !

Luiz : Champagne national ! Bon, pas aussi bon que le champagne en France ! Pour le premier papier dans *Science*, j'ai fait une fête chez moi, avec du vin ! Bien sûr, on a fêté ça ! Et après ça, c'est devenu beaucoup plus facile d'avoir des financements. Et aussi, les gens qui disaient que c'était de la folie que ces théoriciens fassent des labos sont devenus silencieux !

Jean-Pierre : Et ceux qui disaient que c'était une folie que les théoriciens fassent un labo, c'était que les théoriciens aient un labo, ou que les théoriciens se mettent aussi à faire de l'expérimentation ? Quelle était la critique ?

Luiz : La critique était d'avoir un projet fait par des théoriciens « seulement » et qui disaient qu'on aurait un labo.

Jean-Pierre : Mais vous n'étiez plus des théoriciens « seulement », vous étiez devenus des théoriciens praticiens !

Luiz : Voilà c'est ça ! Bien sûr, je ne faisais pas moi-même de l'expérimentation, mais, avec mes autres collègues, théoriciens et expérimentaux, on discutait des idées de nouvelles manips, on discutait l'interprétation des résultats, on suivait les manips, avec des discussions fréquentes.

Jean-Pierre : Mais l'establishment n'avait pas encore compris cela !

Luiz : Mais on a réussi, je pense ! Et après cela, plusieurs papiers publiés, dans *Physical Review Letters*, très bien. Et bien sûr les étudiants aussi étaient fascinés par cela, parce qu'ils ont beaucoup collaboré à la manip. Par exemple, pour la manip dans le premier papier dans *Science*, j'avais des étudiants en théorie et je leur ai dit : « Allez au laboratoire, parce que on est en train de faire cette expérience » – ils faisaient des calculs sur la manip – « mais il faut que vous soyez là pour vraiment connaître ce qui est en train d'être fait, pour faire la bonne théorie ». Alors, ils sont partis (au laboratoire). Ainsi, ils avaient eux aussi leur nom dans le papier dans *Science*. Ils étaient vraiment très contents et ça a été très bien pour leur carrière. Voilà. Et on continue ça jusqu'à aujourd'hui, vraiment.

Jean-Pierre : Finalement, on est revenu à la base de la science, la science expérimentale. Ce lien avait été perdu finalement.

Luiz : C'est ça.

Jean-Pierre : Et comment les groupes de physique expérimentale ont-ils vu que des théoriciens se mettaient à empiéter sur leur domaine ? Est-ce que cela a été mal ressenti par certains ?

Luiz : Non. Ça a stimulé d'autres théoriciens aussi à collaborer avec des expérimentateurs. Et maintenant on a beaucoup cela. Par exemple, on a un groupe au CBPF¹⁸, qui travaille sur la résonance magnétique nucléaire et qui collabore avec des théoriciens de Rio et de São Paulo. Et ces papiers ont été aussi publiés dans de très bons journaux. Alors, je pense que maintenant, au moins dans mon domaine de l'optique quantique, il y a cette perception qu'il faut collaborer avec des expérimentateurs, qu'il faut faire ça. Il faut dire aussi que c'est une caractéristique très spéciale de ce thème, l'optique quantique. Parce que, si on travaille sur la théorie des champs, par exemple, c'est plus difficile. Avec la cosmologie, maintenant c'est possible, parce qu'il y a tous ces résultats très jolis. Mais il y a quelques années, c'était très théorique, il n'y avait pas de preuves expérimentales. En optique quantique, c'est plus facile. Il faut dire aussi que même les manips sont moins exigeantes du point de vue d'avoir des équipements de basse température. Par exemple, ce n'est pas nécessaire d'avoir le vide. Ce sont des basses énergies, température ambiante et pas de vide, ce n'est pas nécessaire. Alors c'est plus simple de ce point de vue. En même temps, je pense que cela pousse plus pour les idées. Au début, quand on a commencé ici, l'équipement qu'on avait, ce n'était pas le top. Enfin, on voyait des collègues dans d'autres pays qui faisaient des manips avec plusieurs photons intriqués, des choses comme cela. On n'avait pas de laser ici pour faire cela. Alors, vraiment il fallait penser à des choses sur lesquelles les autres collègues passaient trop rapidement. C'est peut-être le danger d'avoir des équipements modernes de façon trop facile, parce qu'on passe très vite à une nouvelle technologie, sans explorer tout ce qu'on pouvait faire avec l'ancienne technologie. Ici, on a commencé avec ça. On a eu des idées, bon, raisonnables.

Jean-Pierre : Finalement, ça pousse l'ingéniosité, un peu comme la création artistique où les contraintes donnent parfois lieu à explorer de nouvelles pistes.

Luiz : C'est cela. Et maintenant par exemple, on est en train de faire une manip, qui est une collaboration entre la théorie et la pratique. C'est Steve Walborn qui est en train de travailler là-dessus. Moi et mon collègue, Ruynet Matos Filho, on a discuté beaucoup la théorie. On discute aussi avec Steve de la théorie. Et c'est en train de se faire

maintenant, en profitant de la période des vacances. Et je pense que c'est une manip bien. Ça va être intéressant. Et voilà, on continue cela.

Et aussi, j'étais très content l'année dernière, parce que après beaucoup de temps, j'ai recommencé la coopération avec Serge (Haroche) et Jean-Michel (Raimond). Parce que j'ai donné ces cours au Collège de France pendant le mois de février 2016¹⁹. Et pendant le mois de février, on en a profité aussi pour discuter de la physique et on a publié un papier l'année dernière, ensemble, sur une manip faite là-bas. Pendant plusieurs années, on n'a pas collaboré, même si j'ai eu des contacts personnels avec eux, car ma priorité était le labo ici.

Jean-Pierre : Combien êtes-vous de chercheurs dans ton groupe ?

Luiz : Dans le laboratoire, maintenant, on a Steve Walborn et Malena (Osorio) Hor-Meyll, une de mes anciennes étudiantes, qui a fait sa thèse en théorie. Paulo Henrique Souto Ribeiro est allé à Florianópolis²⁰, parce que sa femme travaille là-bas. Il est à l'Université Fédérale de Santa Catarina. Et maintenant on a Gabriel Aguillar, qui était étudiant de doctorat dans le laboratoire et qui est ensuite allé au Canada. Maintenant il a passé un concours et il commence à travailler ici. Les théoriciens sont Ruynet Matos Filho, Fabricio Toscano, Leandro Aolita, Marcelo França, Nicim Zagury, qui est professeur émérite, et moi-même.

Jean-Pierre : Et combien de doctorants environ ?

Luiz : Je dirais, en tout, en ce moment, six ou sept. On a eu un exemple récent de collaboration théorique-expérimental à partir de la nouvelle génération. Leandro Aolita, qui a été aussi un de mes étudiants de doctorat. Il a passé 7 ans en Europe, avec une bourse Marie Curie²¹. Il est très brillant. Il était en Espagne et en Allemagne. Il est revenu ici comme professeur. Il travaille dans la théorie aussi et lui aussi il a déjà une collaboration avec Steve. Ils ont publié un papier ensemble dans *Physical Review Letters*.

Jean-Pierre : Oui donc c'est vraiment une collaboration (entre théorie et expérimentation) qui a percolé.

Luiz : Ah oui ! Parce que l'idée est là. Et maintenant c'est considéré comme bien de collaborer avec les manip. Alors Leandro, même avant d'arriver ici, il donnait déjà des idées à Steve, il discutait des idées, et ce papier dans *Physical Review Letters* est le résultat d'une collaboration avant même qu'il soit arrivé (au Brésil). C'est ça. L'idée est là. Alors, maintenant c'est à la mode !

Jean-Pierre : Pour revenir à la rencontre avec Serge Haroche et Claude Cohen-Tannoudji, c'était un peu un coup de foudre !

Luiz : Ah oui ! Parce que ce n'est pas seulement la physique. Pour moi c'est très important de rencontrer Claude, de rencontrer Serge, ces visites ! J'ai eu mon anniversaire de 70 ans le mois de juin, bien sûr Claude est venu, Serge est venu !

Jean-Pierre : Est-ce qu'il y a de nouvelles générations maintenant, de plus jeunes, qui sont également avec des liens très forts entre le Brésil et la France, c'est-à-dire qui continuent avec ce type de relation. Est-ce que vous avez des enfants, des petits-enfants, d'une certaine manière, mixtes ? !

Luiz : Oui ! Il y en a quelques-uns là-bas (en France). Jean-Claude Garreau était mon étudiant de master et après il est allé faire un doctorat à l'École Normale Supérieure. Maintenant il est Professeur chercheur à Lille.

Jean-Pierre : Mais, Jean-Claude Garreau, il était brésilien ou français ? !

Luiz : Il est brésilien, mais ses parents étaient français. Le nom est français ! Il est là-bas à Lille. Il a un laboratoire très intéressant. Pérola Milman a été mon étudiante de doctorat. Après, elle est allée faire un post-doc chez Serge et a décidé de rester là-bas. Maintenant, elle est Professeur à l'Université de Paris.

Jean-Pierre : Est-ce qu'il y a des français qui sont venus s'installer ici ?

Luiz : Oui, il y a par exemple un étudiant de doctorat, Camille Lombard, qui est venu. Il a fait sa maîtrise à l'École Normale Supérieure et après il est venu ici faire son doctorat avec moi. Après le doctorat, il a passé quelques mois ici comme post-doc, et finalement maintenant il est post-doc en Afrique du Sud, avec un collègue que je connais, qui travaille dans le même domaine. Mais il est venu il y a quelques mois et on a travaillé ensemble. On est encore en train de travailler ensemble, par e-mail.

Quand il était étudiant, ça c'est typique aussi des étudiants français parfois, il a habité à Vidigal²².

Jean-Pierre : Ah oui ! Ça fait partie de la mythologie ! Et puis les loyers sont intéressants !

Luiz : Et quand il a soutenu son doctorat, il m'a invité bien sûr, avec mon épouse. On est allés à Vidigal, parce qu'il a fêté dans un endroit en haut de Vidigal.

Jean-Pierre : Avec une très belle vue !

Luiz : Ah oui ! Alors, on est arrivé à Vidigal en taxi. Bien sûr, le taxi ne voulait pas monter ! On a pris une autre voiture pour monter. On est arrivés en haut. Il y avait une paire de policiers²³. C'était très bien gardé. Alors, je me suis approché d'eux et je leur ai demandé : « Je viens pour une fête pour le doctorat d'un de mes étudiants mais je ne sais pas où c'est. » Les policiers savaient ! Ils ont dit : « Alors, vous allez là-bas... ». On a suivi les indications et après on a vu des panneaux écrits à la main avec des indications de direction et qui disaient « Le barbecue du docteur » ! Alors, on est arrivé là-bas et c'était une fête avec une vue superbe, avec ses amis aussi de la communauté²⁴ ! Oui, il a fait un bon travail. Sa thèse a été très intéressante. On n'a pas maintenant de professeurs français ici en optique quantique. Ils ne se sont pas établis ici au Brésil. Dans d'autres domaines, on peut en trouver.

Jean-Pierre : Donc, c'est une collaboration qui continue très bien, qui a percolé. Et pour revenir à ce que tu disais, il y a vraiment une spécificité de cette intrication théorie-pratique, inspirée à partir de la France et qui s'est établie très fortement ici.

Luiz : C'est ça !

Jean-Pierre : Et si l'on regarde vers le futur de l'optique quantique, et de la physique, sans trop rentrer dans la technique, quelles sont les perspectives, quels sont les sujets chauds et les sujets spécifiquement ici au Brésil et entre le Brésil et la France ?

Luiz : C'est très difficile de prévoir le futur. Quand j'étais au Chili²⁵, un journaliste m'a demandé : « Est-ce que vous pouvez me dire quels sont les sujets intéressants dans les prochains vingt ans ? ». C'était comme ça ! Impossible ! Bon, mais ici dans notre domaine, qu'est-ce qu'on voit comme sujets intéressants. D'abord, le domaine de l'optique quantique, c'est devenu imbriqué avec le domaine de l'information quantique, parce qu'on a des outils pour vérifier et étudier des propriétés intéressantes de l'information quantique. Et alors ça c'est un domaine de mon travail aussi. On travaille beaucoup sur ça, par exemple la dynamique de l'intrication²⁶ entre deux photons, sujette à du bruit, du bruit de l'environnement, et comment ce bruit va affecter l'intrication. Alors, on a fait des manips ici et deux manips ont été publiés dans *Science*, et c'est un sujet qui nous intéresse beaucoup. Sur le plan théorique et aussi expérimental maintenant, on a fait des travaux plus récents sur la métrologie quantique. Il s'agit de trouver les limites de précision pour l'estimation des paramètres, les limites données par la mécanique quantique. Et ces paramètres pourraient être par exemple une phase dans un interféromètre, ou, pour parler d'une chose très classique, pas quantique, mais à la mode au Brésil, vérifier la profondeur d'un puits de pétrole, en utilisant des ondes sonores, par exemple. On a toujours un système qui est utilisé comme sonde pour estimer les paramètres. Pour un interféromètre, c'est la lumière qu'on envoie, comme sonde, et on utilise cela pour vérifier une phase, ou un index de réfraction d'un matériau qui est mis dans l'interféromètre, ou une variation de la longueur de l'interféromètre, comme on a vérifié récemment avec la détection des ondes gravitationnelles. Il fallait mesurer une variation très, très, petite. Alors, on s'intéresse beaucoup à cela. Maintenant on est en train de faire une manip liée à ça, la métrologie

quantique. C'est un domaine qui a des conséquences par exemple dans la détection des ondes gravitationnelles.

Jean-Pierre : Il faut avoir le bras long...

Luiz : Oui ! Et aussi on peut utiliser des champs de radiation très spéciaux. Ils n'ont pas fait ça encore. Et j'ai parlé avec une personne qui participe de cette coopération et il dit qu'ils vont finir par faire ça, des états squeezés²⁷, qui étaient connus en optique quantique, et qui peuvent augmenter la précision de ces interféromètres. Et alors, ça vient de l'optique quantique mais ça a aussi une implication pour la métrologie quantique. Alors, je pense que c'est un sujet sur lequel il y a encore des choses à développer. Et ça a été le thème de mon cours au Collège de France au mois de février.

Jean-Pierre : Tu parlais de communication quantique, qu'en est-il de cette idée d'utiliser l'intrication pour pouvoir détecter s'il y a eu un observateur d'une communication, pour vérifier la confidentialité d'une communication secrète ?

Luiz : Oui, cela fait partie de la cryptographie quantique. On fait des manip ici dans ce domaine de cryptographie quantique. Steve travaille là-dessus.

Jean-Pierre : Tu penses qu'il y aura à terme peut-être effectivement des applications ?

Luiz : Il y en a déjà. Je sais aussi qu'il y a des compagnies qui vendent des produits comme ça. Il y en a une en Suisse, une autre aux États-Unis. Et il y a eu des démonstrations assez spectaculaires. Par exemple, en 2007, il y a eu des élections à Genève. Il fallait envoyer le vote des sessions à la centrale d'épuration et ça a été fait en utilisant la cryptographie quantique. Parce qu'il y a un groupe très fort à Genève qui travaille là-dessus et ils ont utilisé ça. Le 15 août 2016, la Chine a lancé un satellite de communication quantique, qui produit des photons intriqués. C'est expérimental. C'est pour regarder si l'intrication peut survivre aux fluctuations atmosphériques sur une distance de l'ordre de 1200 kilomètres. Et s'ils réussissent à maintenir l'intrication, ça pourrait être utilisé pour la communication protégée, sécurisée, entre deux points de la Terre. Alors, ça progresse très vite.

Bon, un autre domaine qui progresse très vite, mais c'est toujours quelque chose dont on ne sait pas si ça va arriver ou pas, ce sont les ordinateurs quantiques. Alors, il y a des choses intéressantes qui se passent. Par exemple, Google a recruté tout un groupe de l'Université de Californie à Santa Barbara. C'est le groupe de John Martinis, un groupe très bon, avec la mission de construire un ordinateur quantique. Ils travaillent avec des températures très basses. Ce sont des matériaux supraconducteurs. Et récemment, il y a eu des nouvelles dans *Science*, où le chercheur chef de ce groupe espère que dans une année, ils vont avoir 49 bits quantiques (q-bits). Je ne sais pas s'ils vont avoir la cohérence quantique entre eux. Mais s'ils ont ça, je me méfie, enfin ! Mais avec 49 q-bits qui marchent d'une façon quantique, on peut faire un calcul que les ordinateurs classiques ne peuvent pas faire. Alors cela reste à voir, mais quand même il y a des groupes importants qui travaillent sur ça.

Jean-Pierre : Il y a déjà des informaticiens qui travaillent sur des algorithmes quantiques pour utiliser ces états superposés et faire des calculs massivement parallèles. Mais, ce que j'ai entendu jusqu'à présent, c'est qu'on n'arrive pas à garder la cohérence très longtemps, plus que quelques très petites fractions de seconde.

Luiz : C'est ça. À IBM, il y a un petit ordinateur quantique, avec 5 q-bits, pour lequel on peut avoir un accès par l'Internet. On peut proposer des calculs et on reçoit la réponse par l'Internet. C'est public. Mais 5 q-bits seulement.

Il y a aussi un autre domaine lié à l'optique quantique, que je trouve fascinant. C'est très difficile du point de vue expérimental, mais c'est lié à un problème très fondamental. Il s'agit de rechercher la connexion entre la mécanique quantique et la théorie de la gravitation. Il y a très peu de laboratoires qui font ce type de manip. Il y a le laboratoire de Dirk Bouwmeester à Santa Barbara. Il y en a un autre en Autriche. C'est lié à l'interaction de la lumière quantique avec un miroir mésoscopique²⁸ suffisamment grand. Et l'idée est d'abord de regarder qu'est-ce qui se passe au niveau de la mécanique quantique avec ce miroir. Mais il y a aussi des propositions très intéressantes, cela a

commencé avec Roger Penrose, et l'idée est la suivante, des gens ont déjà mis ces miroirs mésoscopiques dans une superposition de deux états d'une façon très heuristique, et pas rigoureuse, car on ne connaît pas la théorie de la gravité quantique, mais on peut penser qu'un miroir déforme l'espace-temps autour de lui. Et si on a une superposition de deux positions de miroir, on va avoir un état intriqué entre le miroir et le champ gravitationnel, ou si l'on veut l'espace-temps. Et à cause de cette intrication, le miroir va perdre de la cohérence quantique, car il est corrélé avec un autre système. Et ça, c'est une décohérence fondamentale et il serait très intéressant de vérifier que ça marche. Alors, le problème, c'est qu'il faut éliminer toutes les autres causes de la décohérence. Au moins, connaître la loi de décohérence de ces autres bruits, pour les identifier et reconnaître cette cause fondamentale. Alors ça, c'est superbe ! C'est très intéressant. Si ça marche, ça sera une contribution de l'optique quantique à la compréhension du rôle de la gravitation dans la physique. Mais ça c'est peut-être vraiment plus difficile que faire un ordinateur quantique.

Jean-Pierre : Et ça rapproche la relativité et la physique quantique...

Luiz : Voilà, c'est ça ! Ça c'est super mais c'est très difficile.

Jean-Pierre : De beaux enjeux et de belles idées à creuser !

Luiz : On n'a pas ça ici, hein ! Là, il faut vraiment des basses températures, il faut des tables optiques très bien équilibrées. Il faut bien isoler les bruits. C'est très compliqué.

Jean-Pierre : Il ne faut pas un orchestre de samba à côté !

Luiz : Non !

Jean-Pierre : Alors, je ne veux pas abuser de ton temps, mais maintenant en tant que chercheur brésilien et en plus en tant que Président de l'Académie Brésilienne des Sciences, je voudrais revenir sur cet aspect ingéniosité, parce que je pense que, au-delà de la science, c'est une des forces du Brésil. Dans l'époque actuelle, qui est compliquée au niveau politique, économique, social, cette débrouille, on dit en français Système D, on voit la façon dont les gens s'adaptent et arrivent quand même à avancer. Et tu disais que le fait de ne pas avoir eu forcément des moyens aussi importants que d'autres équipes, cela a obligé finalement à une ingéniosité et à ne pas aller trop vite. Actuellement, on est dans une situation où le Brésil a à nouveau des problèmes de financement. Est-ce que tu penses que cette ingéniosité peut permettre à la science brésilienne d'arriver à mieux survivre ?

Luiz : Bien sûr, mais il y a des limites. C'est vrai qu'il y a cette caractéristique de créativité au Brésil, qui est liée au caractère très multiculturel du pays. Il faut reconnaître la participation des Africains, des Indiens, dans la culture brésilienne. On voit ça dans la musique, on voit ça dans la gastronomie. Et ça c'est très important pour la formation de la nationalité brésilienne. Et ça a aussi une conséquence sur la créativité des brésiliens, la capacité de trouver de nouvelles solutions, des choses comme ça. Bon. Mais ayant dit cela, il faut remarquer qu'il y a des limites. Et maintenant je pense qu'on est très proche de ces limites, à cause des problèmes de financement de la science, qui sont particulièrement sérieux dans certains États de la Fédération, comme l'État de Rio de Janeiro. Et maintenant on a des professeurs de l'Université de l'État de Rio²⁹ qui n'ont pas de salaire. Et la Fondation d'appui à la recherche³⁰ qui n'a pas d'argent. Et ça c'est mauvais. Il y a des risques pour le pays, spécialement chez les jeunes, qui peuvent être démotivés à suivre une carrière scientifique, quand ils regardent ce type de difficulté. Je pense toujours que c'est une responsabilité du leader principal du pays, de motiver la population et les jeunes pour la science, de révéler et d'insister sur l'importance de la science pour le développement. On peut voir ça et par exemple j'ai vu ça à l'occasion de la célébration de l'anniversaire de l'Académie des sciences en France, ça a été évident dans le discours de François Hollande. Et il faut transmettre ça, c'est évident aussi quand Obama publie un article dans la revue *The Economist*, il y a quatre semaines³¹, dans lequel il dit : « J'espère que les physiciens et les ingénieurs puissent travailler dans la recherche plutôt que de manipuler de l'argent dans les marchés financiers ». Alors c'est un Président qui dit ça et c'est un message aux jeunes surtout, parce que les vieux ont déjà leur profession, pour dire il faut le faire, le pays a besoin de

ça. Et j'aimerais bien voir ça au Brésil. Pour l'instant, on a une situation difficile économique et politique. Alors, on a de la créativité mais maintenant on est à une limite.

Jean-Pierre : Surtout, il y a eu des périodes très fastes.

Luiz : Bien sûr. Je dois dire que dans la première décennie de ce siècle, la situation a été beaucoup plus confortable, avec un flux d'argent et de nouveaux campi d'universités fédérales³² et cela été très important. Et aussi, une manifestation très claire des dirigeants de la nation, jusqu'à 2010 je dirais, sur l'importance de la science et de la technologie. C'était le moment par exemple où nous avons eu des conférences nationales de la science, technologie et innovation³³, avec tous les secteurs de la société, des industriels, les milieux académiques, le gouvernement, des mouvements sociaux, des syndicats de travailleurs, tous étaient là, en train de discuter la science et la technologie. Et même des Indiens, qui voulaient avoir l'Internet en Amazonie. Et c'est intéressant, parce que ce chef Indien, qui a participé à la conférence, a fait sa maîtrise en informatique. Et après avoir soutenu sa maîtrise, il est retourné dans sa tribu. Il était chef de la tribu et voilà, il dit l'Internet c'est important pour nous aussi. Là, ça a été un très bel événement et c'est une indication très claire de l'importance. Maintenant, ce n'est pas comme ça !

Jean-Pierre : Mais, considérons maintenant les perspectives, ainsi que les forces et les faiblesses de la science au Brésil, liés à la culture scientifique brésilienne, indépendamment des problèmes budgétaires actuels dont on vient de parler.

Luiz : Très bien ! Alors, il y a des possibilités fantastiques ici au Brésil, dans plusieurs domaines. Par exemple, on a un laboratoire fantastique au Brésil, de biodiversité, qui est l'Amazonie. Les gens disent qu'on connaît maintenant à peu près seulement 5 % de la biodiversité brésilienne. Et connaître cette biodiversité est important, pas seulement pour le Brésil, c'est important pour l'humanité, parce que ça sert à faire des médicaments. Et alors, c'est un domaine de recherche très important, dans lequel le Brésil a une position privilégiée, parce que l'université est là³⁴. Et ça c'est un exemple. Un autre exemple : l'énergie. On a la matrice énergétique la plus propre du monde et ça c'est quelque chose de fantastique. On a un littoral, un océan, encore à explorer. On a des recherches là-bas, mais qu'il faut accroître, avec une richesse superbe aussi en matière de biodiversité. Pendant la Conférence nationale sur la science, technologie et innovation en 2010, que j'ai coordonné, la marine brésilienne a proposé le terme « l'Amazone bleu » et on a accepté. Et ça aussi c'est une opportunité fantastique. Alors, il y a des conditions superbes pour avoir de la recherche, de la bonne recherche, au niveau mondial, avec des retours très importants pour la société brésilienne, et je dirais aussi, pour la société mondiale. Alors, il faut poursuivre ça. Quels sont les points forts alors, pour te dire. Bon, une partie, ce sont ces opportunités. On a déjà des recherches dans ces domaines mais il faut les augmenter. D'ailleurs je dois dire que l'Académie Brésilienne des Sciences va organiser cette année un symposium international sur la biodiversité et on a le plan de réaliser en 2018 un symposium avec la France, en Amazonie. Puisque la France a aussi des groupes de recherche dans la Guyane (française). Et il faut quand même se rencontrer, parler sur ces sujets. J'ai parlé de cela avec Catherine Bréchnac³⁵ et elle était très enthousiaste. Alors, on a déjà le coordinateur brésilien et ça avance.

Jean-Pierre : Il faut que le pont sur l'Oiapoque³⁶ serve enfin à quelque chose !

Luiz : Voilà ! C'est ça ! Même si je doute que le pont va être traversé ! Les gens vont prendre l'avion pour arriver à Manaus ! Bon ! Mais c'est un projet intéressant et on voit encore une fois l'action de la communauté scientifique brésilienne. C'est important aussi pour agiter ces sujets.

Il y a d'autres points forts. La communauté scientifique brésilienne est en train de publier des articles dans des journaux qui sont très, très, bien au niveau international. Je pense qu'il faut augmenter cela. Il faut augmenter l'impact de la recherche brésilienne. On a un nombre appréciable de papiers publiés, mais il faut augmenter la qualité. On a des laboratoires qui marchent très bien. Des projets très importants sont en train d'être implantés, comme l'accélérateur synchrotron Sirius, à Campinas. On a

des coopérations internationales, par exemple dans le domaine de la physique des particules, avec le CERN, le Fermi Lab, qui marchent très bien. Dans le domaine de l'astronomie aussi, on a des gens très bien, qui sont reconnus mondialement. Alors, ça ce sont les points forts.

Qu'est-ce qui manque maintenant ? D'abord, une participation plus effective de l'industrie dans la recherche et le développement. C'est très faible pour le moment. Actuellement au Brésil, 50 % de la recherche et développement appartient à l'industrie, mais dans d'autres pays c'est beaucoup plus que cela. En Chine, c'est 80 %, mais cela dépend aussi de la manière de comptabiliser cela. Pour le Brésil, c'est 50 % pour l'industrie, en incluant la recherche qui est faite à Petrobras³⁷, qui est publique et non pas privée. Il y a aussi beaucoup de choses en informatique, mais qui ne sont pas très diversifiées. Il faut diversifier cela. Il faut pousser les entreprises brésiliennes à investir en recherche, à faire des brevets. Je pense que ce n'est pas sain, c'est exotique, que ce soit Unicamp³⁸ l'institution qui a le plus de brevets au Brésil. C'est bien qu'Unicamp fasse cela mais les champions devraient être les institutions de l'industrie. Ce n'est pas dans les missions de l'université nécessairement de faire des brevets. Alors ça c'est un point faible. Et il y a beaucoup de raisons pour cela. C'est même un problème complexe. Une des raisons est le haut taux d'intérêt, qui fait que les gens qui ont de l'argent préfèrent investir dans les marchés financiers que faire des activités de risque en investissant sur les nouvelles technologies. Il y a des gens qu'on appelle ici des capital-anjos³⁹ et ça commence à marcher. Mais, c'est un thème qu'il faut développer beaucoup plus.

Jean-Pierre : Ça prend du temps, c'est culturel et il faut donner des incitations fiscales.

Luiz : Et aussi avoir des commandes de l'État. Je sais que ça c'est très efficace. Il faut aussi considérer aussi qu'en 2010, le Brésil avait 710 chercheurs par million d'habitants. La moyenne de l'OCDE⁴⁰ était de 7600 chercheurs par million d'habitants. Donc, moins d'un dixième. Alors, ceci montre le chemin qu'on doit parcourir. Il faut inclure dans le processus de développement les millions de cerveaux gaspillés dans les communautés de la périphérie des grandes villes, par manque d'éducation basique de qualité. C'est pour ça que souvent on devient angoissé par le manque de compréhension des autorités de l'importance de l'éducation et de la science et de la technologie pour le développement. Pas seulement des autorités, même aussi des collègues économistes, je parle avec eux, qui parlent de l'importance de faire l'ajustement fiscal⁴¹ : limiter les dépenses du gouvernement, etc., parce que l'économie va mal. Bon, bien sûr. Mais le seul facteur du développement de l'économie ce n'est pas ça. Comment augmente-t-on le produit national d'un pays ? Par la technologie, par l'innovation. Et parmi les économistes, ils ne sont pas tous capables de mettre cela dans leurs équations, au moins pas au Brésil. Je sais que dans d'autres pays, il y a plus d'économistes qui considèrent cette question. Et ça c'est un problème, alors je deviens angoissé car je connais les faits actuels. Je sais qu'on n'a pas beaucoup de chercheurs et qu'il faut augmenter leur nombre et augmenter aussi la participation de l'industrie. Voilà ! Les points forts sont la disponibilité des richesses fantastiques au Brésil, le fait qu'on a quand même de très bons groupes de recherche, avec une renommée internationale ; les points faibles, c'est qu'on a encore trop peu de chercheurs.

Jean-Pierre : Il y a encore un autre point faible, pas uniquement au Brésil, mais c'est la bureaucratisation de la recherche. Mais c'est vrai que le Brésil est un pays pour lequel la bureaucratisation est forte, pas uniquement en recherche !

Luiz : Oui.

Jean-Pierre : Mais en plus, il y a le fait que le Brésil est un pays qui a beaucoup progressé scientifiquement récemment, et de ce fait qui a tendance à viser les indicateurs de productivité scientifique, et comme tu le soulignais, la quantité et pas toujours assez la qualité. C'est un problème général dans le fonctionnement de la science, mais peut-être plus fort encore pour les pays qui veulent progresser vite, en premier lieu surtout pour la Chine d'ailleurs. Je pense que, pour revenir dans les forces, tu en as parlé, l'aspect multiculturel, et ce qui me frappe moi, l'optimisme, même dans les situations difficiles actuelles, à la différence des français, qui ont tendance à trop se plaindre...

Luiz : C'est vrai, mais comme tu le sais on est dans une lutte très dure. Et c'est cela notre attitude ici. On va vers la presse, au Congrès, on a des documents qui sont très durs.

Jean-Pierre : Bien sûr, mais sans déprime et sans violence non plus.

Luiz : Alors, il faut aussi se rappeler des victoires de la science et la technologie au Brésil, qui sont impressionnantes. Et qui ont été les conséquences des investissements faits à partir des années 50, avec la création du CNPq et de la CAPES⁴². Et après dans les années 70, avec Embrapa⁴³. Également, la création de l'ITA⁴⁴, qui a formé les gens qui ont créé Embraer, qui produit des avions qui sont vendus partout dans le monde. L'Embrapa a également profité d'un effort continu, qui a commencé au début du XX^e siècle, de formation de gens en sciences agronomiques. Alors, l'Embrapa a des groupes de recherche qui sont de très bon niveau. La productivité du soja a été multipliée par quatre au Brésil, grâce aux recherches faites à l'Embrapa sur la fixation du nitrogène dans le sol. C'est une victoire de la science brésilienne. Et je dois mentionner le travail très important de Johanna Dberiner, ici, à l'Université Fédérale Rurale de Rio de Janeiro – elle était membre de l'Académie Brésilienne des Sciences –, qui a découvert un procédé de fixation du nitrogène dans le sol. Alors, on peut imaginer le rapport entre le gain de productivité que le pays a obtenu et le financement de Dberiner, c'est astronomique ! Le retour sur investissement est superbe !

À Santa Catarina⁴⁵, il y a un département d'ingénierie mécanique très, très, bon. Et grâce à lui, a été créé Embraco, l'Entreprise brésilienne de compresseurs, qui produit des compresseurs pour la climatisation, pour des réfrigérateurs. Et Embraco est devenue la compagnie de compresseurs la plus grande au monde. Mais les gens ne savent pas cela ! Elle a été achetée, il y a 7 ans, par Whirlpool, a été dénationalisée, mais continue à faire des recherches à Santa Catarina, en collaboration avec l'université⁴⁶.

Jean-Pierre : Cette histoire est moins connue.

Luiz : Mais c'est super, hein ! Bien sûr, un exemple plus connu est celle de Petrobras, qui a eu des prix internationaux pour la technologie de recherche et d'extraction de pétrole en eau profonde. Et là, par exemple, il y a des mathématiciens de l'IMPA⁴⁷, qui travaillent sur cela, sur des équations différentielles... C'est un autre superbe exemple. Il faut chercher mais il y a beaucoup d'exemples au Brésil de succès internationaux. Qu'est-ce que ça montre ? Ça montre que si on applique la politique correcte, de formation des personnels et d'interaction avec les industries, ça marche au Brésil. Ça marche très bien.

Jean-Pierre : L'Embrapii⁴⁸, qui a été créée récemment, est-ce que tu penses que ça commence à fonctionner, à donner des résultats ?

Luiz : Oui, oui, elle commence à avoir des résultats. Il y a beaucoup d'entreprises qui sont appuyées par l'Embrapii et avec une intensification de la recherche entre l'académie et les entreprises. L'Embrapii a été inspirée par le Fraunhofer allemand⁴⁹.

Jean-Pierre : Et par ailleurs le nom Embrapii est une référence à l'Embrapa et sa « success story ». Alors, je pensais aussi à comment un problème peut donner lieu à des solutions et devenir un leader, lors de la première crise du pétrole des années 70, le Brésil qui n'avait pas beaucoup de pétrole à ce moment-là, a investi à fond dans les biocarburants, notamment le bioéthanol à partir de la canne à sucre, et est devenu leader du domaine. Et toutes les voitures sont « flex »⁵⁰ ici. C'est un bel exemple de comment, à partir d'un problème, s'en sortir par le haut.

Luiz : Bien sûr. Autre exemple de ce type, la séparation d'isotopes qui est faite à São Paulo. Ça c'est intéressant parce que c'est un exemple de l'innovation qui est motivée par l'interdiction. La marine voulait enrichir l'uranium, pas pour faire des armes de guerre, mais pour des centrales nucléaires. Pour cela, il fallait avoir des fibres de carbone, pour construire les ultra-centrifugeuses. Ils ont essayé d'en acheter mais c'était interdit. Ils ne pouvaient pas acheter aux États-Unis, ils ne pouvaient pas acheter en Europe, parce que ça pouvait aussi être utilisé pour faire des missiles. Alors qu'est-ce qu'ils ont fait ? À São Paulo, ils ont construit une industrie des fibres de carbone. Je l'ai visitée. Ils ont fait eux-mêmes de la fibre de carbone. Ils ont construit les ultra-

centrifugeuses eux-mêmes. C'est une technologie très sophistiquée, c'est superbe. Parce que la vitesse de rotation est très importante, alors il ne faut pas appuyer mécaniquement et donc on utilise des champs électromagnétiques, ça flotte, avec des servo-mécanismes de contrôle. C'est un autre exemple et ça marche très bien. Bien sûr, c'est très contrôlé par l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique, qui contrôle l'entrée et la sortie de l'uranium, pour vérifier l'enrichissement et l'utilisation.

Jean-Pierre : Ça a donné lieu à une technologie spécifique.

Luiz : C'est cela ! Et on fabrique ça maintenant au Brésil, grâce à la prohibition ! J'ai eu le privilège de visiter les installations. Ils m'ont invité. Ils m'ont raconté des histoires curieuses. Parce qu'il y a un groupe international, de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique, qui est venu pour vérifier les installations. Alors, les gens de la Marine ont dit « On ne veut pas qu'ils apprennent notre technologie ». Alors ils ont mis des panneaux autour des ultra-centrifugeuses pour les empêcher de voir la technologie. Alors, un des membres de la commission, un espagnol, comme il y avait un petit espace entre les panneaux et le sol, il s'est allongé sur le sol pour regarder. Il a été arrêté et immédiatement expulsé du pays ! À moi, ils m'ont tout montré !

Jean-Pierre : Pour terminer, as-tu des recommandations pour la coopération scientifique entre le Brésil et la France ?

Luiz : Je pense qu'on doit faire attention aux jeunes. Parce qu'ils vont être la nouvelle génération et ça c'est très important. Il faut penser à des programmes de coopération, mais avec les jeunes, des bourses sandwich⁵¹, ce type de choses. Entre le Brésil et la France et dans les deux directions. Il faut dire qu'on a eu des étudiants français, de l'École Normale, qui ont visité notre groupe, passer deux mois ici, c'est très bien. Et l'expérience a été très bonne. Mais il faut essayer d'augmenter ces échanges, dans différentes disciplines. Je pense qu'il faut se concentrer sur les jeunes. On peut faire cela avec des étudiants de doctorat français et brésiliens, qui vont faire un séjour sandwich d'échange. Qu'est-ce que la France peut offrir aux étudiants brésiliens, bien sûr des labos bien équipés et des manip très intéressantes. Ici, qu'est-ce qu'on peut offrir, on a aussi des manip très intéressantes et on a aussi un travail théorique qui peut les intéresser. À l'occasion des cours que j'ai donnés au Collège de France sur la métrologie quantique, on a discuté de la métrologie quantique au niveau des manip qui étaient faites là-bas, en France. Et ça a donné lieu à un papier. Parce qu'ils faisaient la manip, mais j'ajoutais des éléments théoriques de métrologie quantique. Ainsi on a eu papier ensemble. Cette interaction, je pense il faut la pousser au niveau des jeunes.

Notes

1 Academia Brasileira de Ciências (ABC), localisée à Rio de Janeiro.

2 Qui était alors Professeur à l'Université de Rochester, sur la côte est des Etats-Unis.

3 École Polytechnique de Zürich.

4 À l'Université Fédérale du Minas Gerais (UFMG), à Belo Horizonte, dans l'État du Minas Gerais.

5 Pontifícia Católica Universidade do Rio de Janeiro (PUC-Rio), une université jésuite très réputée.

6 Fils de Moysés Nussenzveig.

7 Au Laboratoire Kastler-Brossel, Unité Mixte de Recherche (UMR) entre le CNRS, L'École Normale Supérieure (ENS), l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC), le Collège de France et l'Université d'Evry Val d'Essonne. C'est un des laboratoires majeurs en physique quantique. Claude Cohen-Tannoudji et Serge Haroche en sont également des membres.

8 Au Brésil, la terminologie laboratoire de recherche (par opposition à groupe ou équipe de recherche) désigne un laboratoire physique (une ou plusieurs salles) pour faire des expérimentations, avec des équipements et des chercheurs. Ainsi, le laboratoire d'optique quantique (expérimental) fait partie du groupe d'optique quantique, qui inclut des théoriciens et des expérimentateurs, avec des réunions hebdomadaires et des collaborations très régulières.

9 Universidade Federal Fluminense, à Niterói, en face de Rio de Janeiro, de l'autre côté de la baie.

10 Le Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) est la plus importante et la plus ancienne agence brésilienne de financement de la recherche au Brésil. Son siège est à Brasília. Il dépend du Ministère de la Science, de la Technologie et de l'Innovation (MCTI).

11 Projet International de Coopération Scientifique (PICS), un des outils du CNRS pour la coopération scientifique internationale.

12 Il s'agit d'un poste d'accueil temporaire de chercheur associé, étranger invité dans un laboratoire du CNRS.

13 À l'ENS-Paris, au Laboratoire Kastler-Brossel.

14 Un Maser (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) est un dispositif permettant d'émettre un faisceau cohérent de micro-ondes. Il est analogue aux lasers (qui généralisent le type de rayonnement) et historiquement antérieur.

15 Il s'agit d'une blague classique au Brésil, pour désigner un mousseux moins onéreux fabriqué au Brésil, devenu d'assez bonne qualité bien qu'inférieur à un vrai champagne et ne pouvant d'ailleurs utiliser cette appellation. En l'occurrence, à Paris, c'était un Champagne national, français !

16 Programa de Apoio a Núcleos de Excelência, promus par les États.

17 À l'Université Fédérale du Minas Gerais (UFMG), à Belo Horizonte.

18 Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, localisé à Rio de Janeiro. Il dépend du Ministère de la Science, de la Technologie et de l'Innovation (MCTI).

19 Towards the Ultimate Precision Limits : An Introduction to Quantum Metrology, Conférencier invité, 4 conférences du 4 au 26 février 2016. https://www.college-de-france.fr/site/jean-dalibard/p31889753331570643_content.htm

20 À l'Université Fédérale de Santa Catarina (UFSC), à Florianópolis, dans l'État du Santa Catarina.

21 Le programme de bourses Marie Skłodowska-Curie de la Commission Européenne.

22 Vidigal est une favela située après au bord de la mer et en hauteur, à côté de Leblon, un des quartiers les plus chics de Rio de Janeiro. Elle bénéficie d'une vue particulièrement belle sur les plages de Leblon, Ipanema et Arpoador !

23 Vidigal, comme une bonne partie des favelas de Rio de Janeiro, bénéficie d'un programme appelé UPP (Unité de Police Pacificatrice) et ainsi d'une présence policière permanente.

24 La communauté est de manière générale une unité sociale. Dans les villes, en particulier à Rio de Janeiro, elle est utilisée en particulier par les habitants d'une favela pour se désigner eux-mêmes.

25 La semaine précédente, Luiz a participé à une Conférence sur la science au Chili.

26 L'intrication quantique est un phénomène observé en mécanique quantique dans lequel l'état quantique de deux objets doit être décrit globalement, sans pouvoir séparer un objet de l'autre, bien qu'ils puissent être spatialement séparés. L'intrication quantique a un grand potentiel d'applications dans les domaines de l'information quantique, tels que la cryptographie quantique, la téléportation quantique ou l'ordinateur quantique. En même temps, elle est au cœur des discussions philosophiques sur l'interprétation de la mécanique quantique.

27 C'est l'idée qu'on a un champ avec un bruit petit dans une des dimensions (quadratures) du champ. Et avec l'autre quadrature, le bruit doit augmenter. On utilise cette quadrature avec un bruit réduit pour faire les mesures.

28 Il s'agit d'une échelle intermédiaire (entre les particules et notre monde macroscopique), où c'est l'objet lui-même, et pas seulement son matériau qui doit être décrit par la mécanique quantique. Les nanotechnologies permettent de fabriquer de tels matériaux, avec un comportement quantique « à leur propre niveau global » (c'est-à-dire, décrits par une fonction d'onde quantique globale). Un exemple célèbre est celui des condensats de Bose-Einstein gazeux, ensemble d'atomes qui doivent être décrits par une fonction d'onde quantique globale.

29 Université d'État de Rio de Janeiro (UERJ) qui dépend institutionnellement et pour son financement de base de l'État de Rio de Janeiro, un des États brésiliens actuellement en grave difficulté financière.

30 La Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ). Chaque État ayant sa propre fondation d'appui à la recherche, en complément des agences fédérales comme le CNPq.

31 Barack Obama, The way ahead, *The Economist*, 8 October 2016.

32 De 2000 à 2014, 14 nouvelles universités fédérales ont été créées par le gouvernement brésilien.

33 Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação. Luiz a été le Secrétaire général de la 4^{ème} (et dernière) édition, en 2011.

34 Outre plusieurs universités fédérales en Amazonie (à Belem, à Manaus...), il y a des centres de recherche fédéraux renommés, tels que l'INPA (Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia), à

Manaus, et le Museu Paraense Emílio Goeldi, à Belém.

35 Ancienne Directrice générale, puis Présidente du CNRS, puis Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences. Elle est actuellement, notamment Ambassadrice déléguée à la science, la technologie et l'innovation.

36 C'est une allusion à ce pont sur l'Oiapoque (en français, Oyapock, il y a en effet plusieurs transcriptions possibles de ce mot d'origine Indienne Tupi-Guarani), entre le Brésil et la Guyane française, terminé en mai 2011, mais toujours pas inauguré ni même ouvert, même si la date de fin janvier 2017 est maintenant avancée. À suivre...

37 Petrobras est la principale entreprise de pétrole au Brésil (et une des principales dans le monde). C'est aussi l'acteur principal industriel parapublic de financement de la R&D, autour de la recherche de pétrole et de gaz (notamment en eau profonde), mais également de la recherche géologique, la simulation informatique, l'ingénierie, les impacts socio-environnementaux, etc. Outre son propre Centre de R&D CENPES, situé sur le campus de l'UFRJ à Rio de Janeiro, Petrobras finance de manière importante les principales universités brésiliennes.

38 L'Université d'État de Campinas est une des 3 universités rattachées à l'État de São Paulo. Elle est située dans la ville de Campinas (à environ 100 kilomètres de São Paulo) et est parmi les meilleures universités du pays, notamment pour sa priorité à la recherche.

39 Ou encore investidor-anjo, en anglais « business angel », en français « investisseur providentiel ».

40 Organisation de coopération et de développement économiques.

41 Ajustement budgétaire.

42 Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Elle a son siège à Brasília et dépend du Ministère de l'Éducation. Elle gère les enseignants-chercheurs répartis dans les départements des universités, qui constituent la grande majorité des cadres de la recherche brésilienne, et elle évalue les programmes de post-graduation.

43 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, qui est l'analogue brésilien de l'INRA.

44 Institut Technologique de l'Aéronautique, à São José dos Campos, dans l'État de São Paulo, le centre du pôle aéronautique brésilien où est également situé Embraer.

45 État de Santa Catarina.

46 Université Fédérale de Santa Catarina (UFSC), à Florianópolis.

47 Institut National de Mathématique Pure et Appliqués, à Rio de Janeiro. Voir l'article de Tatiana Roque « Les débuts de l'IMPA et l'internationalisation des mathématiques » dans ce même dossier et numéro.

48 Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial, créée en 2013, et ayant pour objectif de faciliter l'innovation dans les entreprises, via une interaction entre la demande des entreprises et l'offre des laboratoires de recherche.

49 La principale organisation de recherche européenne orientée vers les applications.

50 Un moteur de voiture flex a la capacité de fonctionner avec au moins deux types de combustible (essence et alcool), séparément ou même simultanément.

51 Un doctorat sandwich consiste en un doctorat comportant un séjour d'en général une année dans une université étrangère, en général au milieu du cursus. Il y a au Brésil des programmes de bourses spécifiques pour les doctorats sandwich, par opposition à des doctorats « pleins », intégralement effectués à l'étranger.

Pour citer cet article

Référence papier

Jean-Pierre Briot, « Entretien avec Luiz Davidovich, », *Histoire de la recherche contemporaine*, Tome VII N°2 | 2018, 180-196.

Référence électronique

Jean-Pierre Briot, « Entretien avec Luiz Davidovich, », *Histoire de la recherche contemporaine* [En ligne], Tome VII N°2 | 2018, mis en ligne le 15 avril 2019, consulté le 10 août 2019. URL : <http://journals.openedition.org/hrc/2425> ; DOI : 10.4000/hrc.2425

Auteur

Jean-Pierre Briot

Directeur de recherche CNRS, membre du Laboratoire d'Informatique de Paris 6 (LIP6), membre de l'équipe Systèmes Multi Agents (SMA), au sein du département de recherche DESIR. Chercheur invité permanent à l'Université PUC-Rio (Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro), dans le Laboratoire de génie logiciel

Articles du même auteur

Introduction : histoire et structure de la coopération scientifique entre le Brésil et la France [Texte intégral]

Paru dans *Histoire de la recherche contemporaine*, Tome VII N°2 | 2018

Organisation et évolution de la science au Brésil [Texte intégral]

Paru dans *Histoire de la recherche contemporaine*, Tome VII N°2 | 2018

Droits d'auteur

© Comité pour l'histoire du CNRS