



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ambassade de France au Japon
Service pour la Science et la Technologie

Rapport d'Ambassade

L'informatique quantique au Japon

Etat de l'art de la recherche

Rédacteur : Emma-Louise SCAPPATICCI, Chargée de mission

Sous la direction de :

Sébastien CODINA, Attaché, Numérique et Technologies Vertes

Relecture : Evelyne ETCHEBEHERE, Sébastien CODINA

Service pour la Science et la Technologie (SST)

28/11/2017



Ambassade de France au Japon
Service pour la Science et la Technologie

Contenu

I – Introduction sur l'informatique quantique : notions et problématiques.....	2
II – Historique de l'étude de l'IQ au Japon.....	4
Années 1900	4
Années 1920 – 1940	4
Années 1950 – 1980	5
Années 1990 – 2000	5
III – Contexte actuel.....	6
III.1. Avancées de la recherche	6
III.2 – Centres de recherches publics	11
III.3 – Programmes de recherche	15
III.4 – Universités	19
III.5 – Entreprises et laboratoires privés	20
IV – Historique des partenariats franco-japonais.....	23
JFLI : Japanese French Laboratory for Informatics	23
Projet JST – CNRS (2008-2011).....	24
Projet JST – ANR (2008)	24
Conclusions/Perspectives	25
Acronymes	26



Ambassade de France au Japon Service pour la Science et la Technologie

I – Introduction sur l'informatique quantique : notions et problématiques

L'informatique quantique est un sujet relativement récent. Il s'agit à la fois d'un héritage et d'une évolution des recherches et découvertes menées tout au long du XX^{ème} siècle en mécanique quantique, physique des particules et de la matière, électronique et électromagnétisme, et bien d'autres domaines encore. Ces recherches ont déjà permis la conception et l'industrialisation des ordinateurs tels que nous les connaissons ainsi que les immenses progrès des dernières décennies en nanotechnologies.

Ces mêmes progrès ont permis d'entrevoir les nouvelles possibilités offertes par les ordinateurs quantiques. L'émergence même du concept d'ordinateur quantique est due à plusieurs facteurs :

- Le constat que la « course à la miniaturisation » des composants électroniques entraîne des effets qui ne relèvent pas de la mécanique classique et qui limitent, à terme, le fonctionnement des ordinateurs classiques, mais offrent aussi de nouvelles possibilités
- Le constat que les ordinateurs usuels, même ceux capables de très hautes performances, ne sont pas en mesure de résoudre certains types de problèmes dans un temps raisonnable (typiquement les problèmes combinatoires ou la factorisation)
- La découverte en 1994 par Peter Shor d'un algorithme permettant de résoudre ce type de problèmes au moyen d'un ordinateur quantique dans des délais très courts, qui laisse envisager l'éventualité d'annuler toutes les formes de protection basées sur ces mécanismes dans un futur proche (algorithmes de cryptographie utilisés dans les communications)

Récemment, une entreprise s'est distinguée en annonçant la commercialisation des premiers ordinateurs quantiques. Il s'agit de D-Wave, basée au Canada, et qui a déjà fourni des géants du Web tels que Google. Leurs ordinateurs quantiques sont basés sur la théorie développée par Hidetoshi Nishimori, chercheur japonais à l'origine de la théorie sur le calcul quantique adiabatique pour les ordinateurs quantiques. Le caractère quantique de ces appareils est cependant encore discuté au sein de la communauté scientifique.

De manière générale, l'informatique quantique est un domaine en plein développement. La plupart des grands centres de recherche publics et privés ont créé, ces dernières années, des équipes et des laboratoires sur ce thème.

L'informatique quantique réunit plusieurs disciplines et domaines de recherches :

- **Métrologie quantique** : le fait de pouvoir mesurer un unique photon ou un unique spin constitue le cœur de beaucoup de technologies quantiques.
- **Horloges optiques** : les standards de mesure de temps ultra-précis sont la fondation de toute forme de communication optique et des technologies GPS. Ils permettent aussi d'explorer les fondements physiques qui lient deux concepts « piliers » de la science moderne, la mécanique quantique et la relativité.
- **Communications quantiques** : beaucoup de recherches sont menées afin de concrétiser la cryptographie quantique des communications au moyen de photons individuels. Ces recherches sont le résultat du besoin de plus en plus urgent de



Ambassade de France au Japon Service pour la Science et la Technologie

sécuriser les réseaux de communication actuels. Or les caractéristiques des états intriqués pourraient apporter une réponse à ce besoin.

- **Ordinateurs quantiques** : les ordinateurs quantiques peuvent prendre deux formes : numérique ou analogique. Les ordinateurs quantiques numériques requièrent des technologies de pointe, encore peu accessibles et difficilement réalisables, tandis que les ordinateurs quantiques analogiques pourront certainement être réalisés dans un futur proche. Les ordinateurs quantiques analogiques utilisent le condensat de Bose-Einstein et leur réalisation est plus à portée de main puisqu'ils ne nécessitent pas le contrôle individuel des portes logiques quantiques. L'informatique quantique numérique requiert la manipulation de qubits individuels, et aura très certainement un impact considérable sur le long terme.
- **Optique quantique** : l'optique quantique utilise les propriétés des interactions entre les photons et les atomes pour concevoir des qubits. Une des principales applications envisagée pour ces systèmes serait la cryptographie (« cryptographie quantique »).
- **Chimie quantique** : la chimie quantique applique les principes de la mécanique quantique aux molécules afin de mieux comprendre leur comportement et les interactions électroniques et nucléaires. La compréhension et la maîtrise de ces phénomènes est fondamentale pour l'informatique quantique.
- **Quantum bio informatics** : il s'agit d'un domaine d'application des capacités de l'informatique quantique lié aux sujets de recherche en santé et biologie qui doivent faire face à des problèmes combinatoires, comme la recherche de nouveaux médicaments.



Ambassade de France au Japon Service pour la Science et la Technologie

II – Historique de l'étude de l'IQ au Japon

L'informatique quantique (IQ) se base sur les mécanismes de la physique, l'électrodynamique quantiques et les comportements des particules. Au Japon, l'informatique quantique est un sujet relativement récent, qui peut être daté aux années 1990. Cependant, le pays a été le foyer de nombreux chercheurs et physiciens de renom au cours du XX^{ème} siècle qui ont fait des découvertes majeures en physique quantique et en sciences des particules¹.

Années 1900

Hantaro Nagaoka est le pionnier de la physique japonaise. En 1903, il est le premier à proposer un modèle d'atome contenant un nucléus entouré d'un anneau d'électron (modèle saturnien de l'atome). L'existence du nucléus sera effectivement validée par sa découverte en 1911 par Ernest Rutherford.

Années 1920 – 1940

Yoshio Nishina est connu pour avoir calculé la probabilité qu'un photon soit réfléchi sur un électron. Cette interaction est fondamentale dans le cadre de la théorie émergente de l'électromagnétisme de l'époque, et qui est de nos jours connue sous le nom d'électrodynamique quantique.

On lui doit aussi la formule de Klein-Nishina.

Il a de plus fondé un laboratoire au RIKEN dans une tentative de créer un environnement favorable à l'étude de la mécanique quantique et construit des cyclotrons pour l'institut.

Pendant la guerre, il lui a été demandé par l'armée de faire des recherches sur la faisabilité de la construction d'une bombe atomique. En 1943, il a été capable de conclure que cela était possible si les moyens nécessaires étaient investis.

Shinichiro Tomonaga était un collaborateur de Nishina, dont il a rejoint l'équipe au RIKEN en 1932. Ils ont travaillé ensemble sur l'électrodynamique quantique.

Tomonaga a été professeur à l'Université Tokyo Burinka (désormais l'Université de Tsukuba). Il a aussi collaboré avec **Masao Kotani** de l'Université de Tokyo. Ensemble ils ont développé la théorie du fonctionnement des magnétrons (initialement pour la marine).

Tomonaga est à l'origine de la « *super many time theory* », publiée en 1943 dans le journal scientifique du RIKEN Il a reçu le Prix Nobel de Physique en 1965 (partagé avec Schwinger et Feynman) pour ses travaux fondamentaux en électrodynamique quantique.

Parmi ses élèves, Tomonaga a compté **Yoichiro Nambu**, lui aussi lauréat du Prix Nobel de Physique, et qui a poursuivi sa carrière aux Etats-Unis.

Hideki Yukawa était un proche de Tomonaga. Il a d'abord travaillé à l'Université d'Osaka sur le problème de self énergie infinie des électrons. Il a ensuite concentré ses recherches sur la nature de l'interaction entre protons et neutrons.

Il a découvert que le champ d'une force est inversement proportionnel à la masse de la particule qui la transmet. Il a aussi mis en évidence qu'une particule nucléaire doit avoir un spin de zéro afin de conserver son moment cinétique. Ces observations ont été publiées en

¹ <https://www.scientificamerican.com/article/physicists-in-wartime-japan/>



Ambassade de France au Japon Service pour la Science et la Technologie

1935 dans un premier papier dans le journal « *Proceedings of the Physico-Mathematical Society of Japan* ».

En 1947 il prédisait l'existence d'une nouvelle particule, le pion. En 1949 il reçoit le Prix Nobel de Physique (il est le premier Japonais à le recevoir) après la découverte effective de cette particule.

Shoichi Sakata et **Takeshi Inoue** (élèves de Tomonaga) suggérèrent, en 1942, qu'Anderson et Neddermeyer n'avaient pas détecté le pion mais une autre particule, le muon, une particule issue de sa dégénérescence.

En 1946, Sakata proposait un moyen de gérer le problème de self énergie infinie de l'électron en contrebalançant sa force électromagnétique avec une force inconnue, ce qui a conduit plus tard le groupe de travail de Tomonaga à la méthode de renormalisation.

Kazuhiro Nishijima a introduit en 1947 (dans le même temps que Murray Gell-Mann et avec la collaboration d'autres chercheurs japonais) le concept d'« étrangeté » des particules.

Années 1950 – 1980

En 1959, **Leo Esaki**, à l'époque élève doctorant de l'Université de Tokyo, présenta une thèse sur le comportement quantique des semi-conducteurs. Ces travaux ont mené au développement des transistors. Il a lui aussi remporté un Prix Nobel de Physique en 1973, partagé avec Ivar Giaver et Brian D. Josephson.

Années 1990 – 2000

Masanori Ohya est considéré comme le pionnier de l'informatique quantique au Japon². Il a étudié pendant une trentaine d'années une grande variété de sujets liés à l'entropie quantique, l'informatique quantique, les sciences de la vie et la dynamique du chaos.

- *Elucidation of Mathematical Bases of Quantum Channels*,
- *Formulation of Quantum Mutual Information (Entropy)*,
- *Information Dynamics*,
- *Analysis of Quantum Teleportation*,
- *Quantum Algorithm*,
- *Proposal of Adaptive Dynamics*,
- *Applications to the life sciences*.

“Quantum Entropy and its Use”, **M.Ohya** and D.Petz (1993) , Springer-Verlag, TMP Series.

“Information Dynamics and Open Systems”, R.S.Ingarden, A.Kossakowski and **M.Ohya** (1997), Kluwer Academic Publishers.

“Mathematical foundation of quantum computer”, **M.Ohya** (1999), Maruzen Publishing Company.

En 1998, **Hidetoshi Nishimori** et ses collègues du *Tokyo Institute of Technology* ont montré qu'on obtenait de meilleurs résultats avec le recuit simulé quantique qu'avec le recuit simulé classique.

Depuis, cette méthode a été largement reconnue comme le modèle ayant permis la réalisation d'ordinateurs quantiques commercialisables³.

² *Selected Papers of Masanori Ohya*, M. Ohya, N. Watanabe

³ http://www.titech.ac.jp/english/research/stories/faces13_nishimori.html



Ambassade de France au Japon Service pour la Science et la Technologie

Selon lui⁴, le Japon fait actuellement surtout de la recherche fondamentale dans le domaine de l'informatique quantique. Il n'existe pas de projets d'ordinateurs quantiques en cours, ou même de prototypes expérimentés.

"Critical properties of dissipative quantum spin systems in finite dimensions", K. Takada and **HN** (2016)
"Mean field analysis of quantum error correction", S. Matsuura, **HN**, T. Albash, and D. A. Lidar (2016)
"Adiabatic approximation for the imaginary-time Schrödinger equation and its application to simulated annealing", K. Kaneko and **HN** (2015)

En 1999, **Yasunobu Nakamura** qui travaille à l'époque aux laboratoires de NEC, publie un papier qui révèle le potentiel des qubits supraconducteurs qui sont encore à ce jour considérés les plus aboutis en termes de contrôlabilité et de protection contre les erreurs.

"Coherent control of macroscopic quantum states in a single-Cooper-pair box", Yasunobu Nakamura, Yu. A. Pashkin, J. S. Tsai (1999)

III – Contexte actuel

III.1. Avancées de la recherche

Ces dernières années, si on peut toujours soutenir que la recherche en informatique quantique est toujours active au Japon, le contexte n'est cependant pas le même comparé aux années 2000 durant lesquelles les sujets y ayant trait bénéficiaient par exemple du soutien de nombreux programmes gouvernementaux.

Néanmoins, l'informatique quantique et l'électrodynamique quantique restent des sujets très largement traités par des laboratoires ou des groupes de recherche des plus grandes institutions du pays.

Le Japon est particulièrement prolifique en recherche fondamentale. On peut cependant mettre en avant quelques expérimentations récentes qui ont été couronnées de succès :

- En novembre 2017, l'entreprise NTT a dévoilé un prototype d'ordinateur quantique développé conjointement avec des chercheurs du National Institute of Informatics, l'Université de Tokyo et d'autres partenaires dans le cadre du programme ImPACT soutenu par le Cabinet du Premier Ministre⁵
- En septembre 2017, le professeur Akira Furusawa et l'assistant professeur Shuntaro Takeda de l'Université de Tokyo ont publié les résultats de leurs recherches dans le US Journal Physical Review Letters sur un nouveau modèle de circuit quantique qui

⁴ Nous avons eu l'occasion de rencontrer très brièvement, à l'occasion d'une conférence, le Pr Nishimori.

⁵ <https://asia.nikkei.com/Tech-Science/Tech/Japan-enters-quantum-computing-race-and-offers-free-test-drive>

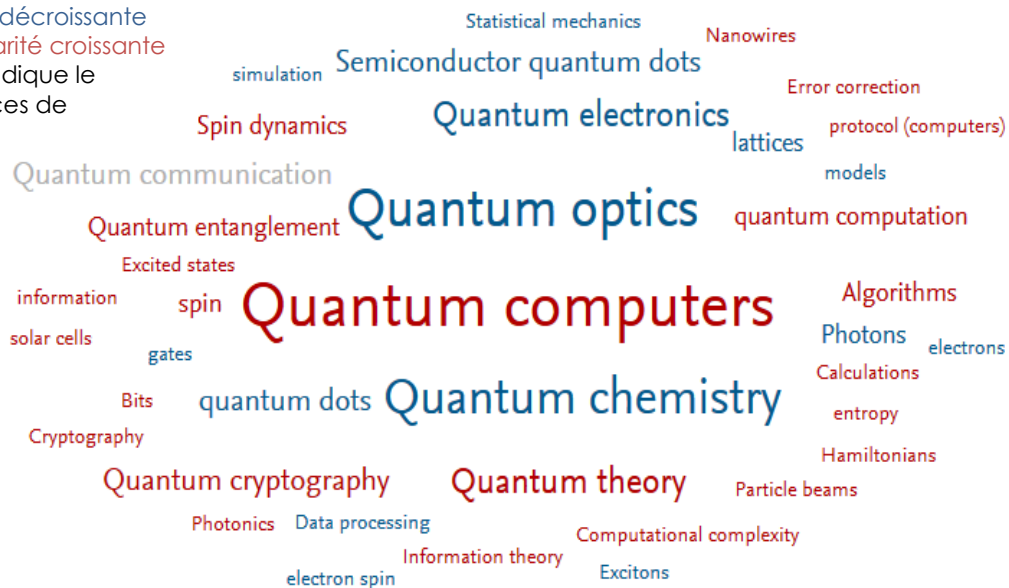


Ambassade de France au Japon Service pour la Science et la Technologie

- démultiplierait le nombre de calculs possible par rapport aux modèles d'ordinateurs quantiques existants⁶
- En juillet 2017, le NICT (National Institute of Information and Communication Technologies) a réalisé une démonstration de communication quantique à l'aide d'un microsatellite qui constitue une première mondiale⁷
 - En décembre 2016, des chercheurs du RIKEN dévoilaient le résultat de leurs expériences démontrant la possibilité de créer un qubit à partir d'un atome de silicium naturel, et non purifié⁸
 - En septembre 2016, des chercheurs de l'Université de Tokyo sont parvenus à maintenir dans un état intriqué pendant une durée record un cluster de plus d'un million de systèmes physiques différents⁹
 - En mai 2015, des chercheurs du RIKEN faisaient part de leurs constatations concernant un état quantique inédit observé dans un matériau à deux dimensions créé à partir d'oxyde de zinc soumis à un potentiel électrique offrant de nouvelles perspectives à l'informatique quantique¹⁰

Tendances dans le domaine de l'informatique quantique¹¹

Mots clés popularité décroissante
Mots clés à la popularité croissante
*La taille de police indique le nombre d'occurrences de



⁶ <https://www.nature.com/articles/20170711-1> based-quantum-computing-technique/#.WfaWltZgh80

⁷ <https://www.nict.go.jp/en/press/2017/07/11-1.html>

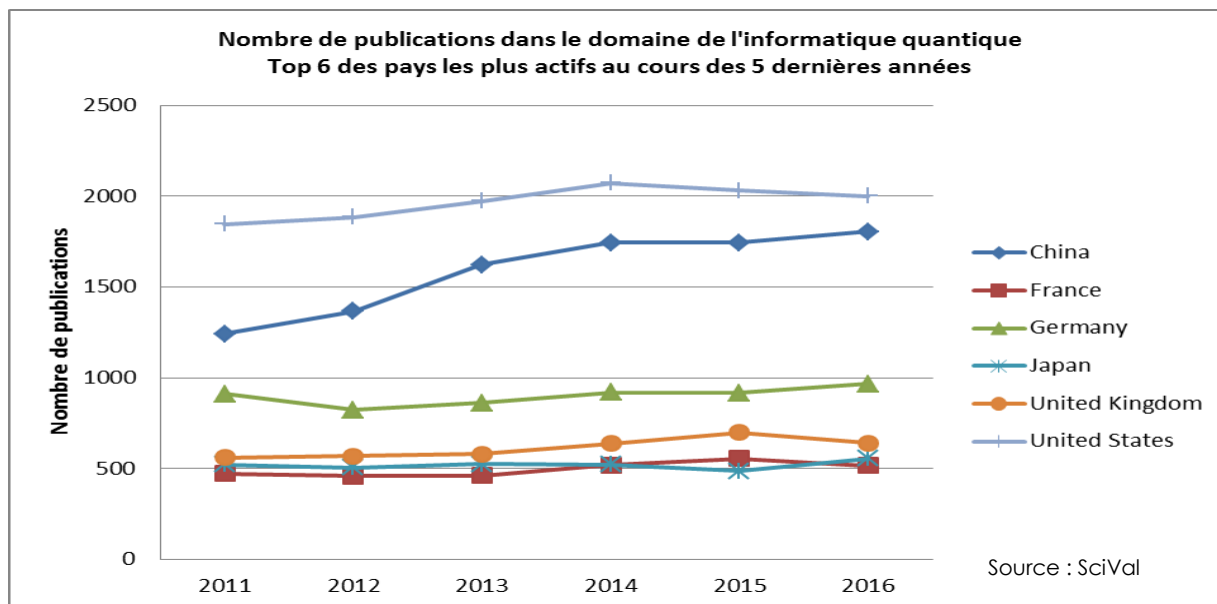
⁸ <http://advances.sciencemag.org/content/2/8/e1600694>

⁹ <http://aip.scitation.org/doi/full/10.1063/1.4962732>

¹⁰ <http://www.riken.jp/en/research/rikenresearch/highlights/8030/>

¹¹ Données issues du logiciel SciVal, le domaine étant défini avec les mots clés suivants : informatique quantique, information quantique, communications quantiques, ordinateur quantique, simulateur quantique et q-bits

Ambassade de France au Japon Service pour la Science et la Technologie



Top 16 des institutions les plus actives au Japon					
Données SciVal			Données Incites		
Institution	Scholarly Output	Field-Weighted Citation Impact	Institution	Scholarly Output	Field-Weighted Citation Impact
University of Tokyo	495	1,38	University of Tokyo	702	1.46
Kyoto University	319	1,29	Japan Science & Technology Agency	515	1.25
Tohoku University	241	1,23	RIKEN	504	1.83
RIKEN	222	2,01	Kyoto University	465	1.23
Osaka University	218	1,12	Tohoku University	342	0.95
Japan Science and Technology Agency	211	1,38	Osaka University	280	1.04
Nippon Telegraph & Telephone	210	1,27	Nagoya University	252	1.35
Nagoya University	178	1,59	NTT	237	1.98
Tokyo Institute of Technology	156	1,84	Tokyo Institute of Technology	190	1.25
Research Organization of Information and Systems National Institute of Informatics	136	0,9	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology	184	1.07
Japan National Institute of Information and Communications Technology	125	1,83	Research Organization of Information and Systems	156	1.89
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology	101	1,46	National Institute of Informatics	154	1.91
Keio University	96	2,05	NICT	135	2.19



Ambassade de France au Japon
Service pour la Science et la Technologie

University of Tsukuba	96	1,73	University of Tsukuba	132	1.85
Hokkaido University	90	0,66	Keio University	129	1.77

Top 5 des chercheurs les plus actifs au Japon (dix dernières années)							
Données SciVal				Données Incites			
Author	Affiliation	Scholarly Output	Field-Weighted Citation Impact	Author	Affiliation	Scholarly Output	Field-Weighted Citation Impact
MUNRO, William John	Hewlett-Packard	60	0,82	NORI, Franco	RIKEN	143	2,55
NEMOTO, Kae	Research Organization of Information and Systems National Institute of Informatics	60	0,59	IRLE, Stephan	Nagoya University	61	1,00
NORI, Franco	University of Michigan	49	3,97	MOROKUMA, Keiji	Kyoto University	55	1,17
DEVITT, Simon J.	Research Organization of Information and Systems National Institute of Informatics	42	0,63	NEMOTO, Kae	NII	43	1,69
IRLE, Stephan	Nagoya University	42	1,08	SASAKI, Matsuhide	NICT	38	1,89

Organisations les plus actives dans ce domaine de recherche					
Données SciVal (nombre de publications depuis 2011) ¹²			Données Incites		
Universités	Instituts publics	Entreprises/Labo privés	Universités	Instituts publics	Entreprises/Labo privés
1. University of Tokyo 2. Tokyo Institute of Technology 3. Kyoto University 4. Nagoya University 5. Keio University	1. Research Organization of Information and Systems National Institute of Informatics 2. Japan Science and Technology Agency 3. RIKEN 4. Japan Atomic Energy Agency 5. Japan National Institute of Information and Communications Technology	1. Nippon Telegraph & Telephone 2. IBM Research 3. Fujitsu 4. Honda Motor Co., Ltd. 5. Mitsubishi Electric Corporation	1. University of Tokyo 2. Kyoto University 3. Tohoku University 4. Osaka University 5. Nagoya University	1. JST 2. RIKEN 3. AIST 4. ROIS 5. NII	1. NTT 2. NEC 3. Toshiba 4. Fujitsu & Fujitsu Laboratories 5. Hitachi

¹² SciVal – Elsevier, Quantum Computing/Japan

Ambassade de France au Japon
Service pour la Science et la Technologie

Top 16 des institutions françaises les actives dans la collaboration avec le Japon					
Données SciVal			Données Incites		
Institution	Scholarly Output	Field-Weighted Citation Impact	Institution	Scholarly Output	Field-Weighted Citation Impact
CNRS	50	1,94	CNRS	109	2.24
CEA	21	2,75	Université Paris Saclay	42	3.16
Université Grenoble Alpes	17	2,22	CEA	33	3.74
Université Paris-Sud	15	4,36	Université Grenoble Alpes	31	2.25
Université Paris Saclay	10	4,48	Université Joseph Fourier	29	2.37
Université Paris-Diderot	9	3,55	UPMC	21	2.57
Aix Marseille Université	8	3,17	Université de la Sorbonne	21	2.57
Ecole Polytechnique	8	3,92	Université Paris Sud	19	3.05
IN2P3 Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules	8	7,1	PSL Research University Paris	18	1.83
Université Paris 6	8	1,31	Université de Toulouse	12	2.47
Institut de Physique Nucléaire Orsay	7	5,25	Université Sorbonne Paris-Cité	12	6.62
Université de Strasbourg	7	1,6	Ecole Centrale de Lyon	11	1.2
Université de Toulouse	7	1,32	Ecole Normale Supérieure Paris	10	2.07
TELECOM Paris	6	1,24	Université de Lyon	10	0.97
Université de Nantes	5	2,4	Université d'Aix-Marseille	10	3.5
Université Pierre et Marie Curie	5	1,66	Université Paris-Diderot	9	5.19

Top 5 des chercheurs français les actifs dans la collaboration avec le Japon							
Données SciVal				Données Incites			
Author	Affiliation	Scholarly Output	Field-Weighted Citation Impact	Author	Affiliation	Scholarly Output	Field-Weighted Citation Impact
MARTIN, Jean Michel	Ecole Centrale de Lyon	6	1,82	KUBO, Y.	CNRS	7	5.08
BÄUERLE, Christopher	Université Grenoble Alpes	5	1,36	BERTET, P.	CEA	7	5.08
MINFRAY, Clotilde	Ecole Centrale de Lyon	4	1,95	COLLINS, Benoît	CNRS	6	1.57
NECHITA, Ion	Université de Toulouse	4	1,64	NECHITA, Ion	CNRS	5	1.73
SILVESTRE, Catherine	Université Grenoble Alpes	4	1,15	ESTEVE, D.	CEA/ Université Paris-Saclay	5	5.08



Ambassade de France au Japon Service pour la Science et la Technologie

Un entretien avec une des spécialistes les plus reconnues du Japon, le Pr. Kae Nemoto, professeur et responsable d'un groupe de recherche au NII et co-directeur du JFLI (cf III.2 et IV), a montré que la recherche est essentiellement fondamentale et trop faible sur la partie expérimentale. Par conséquent, les technologies de QI ne sont pas très développées au Japon. Il serait important de combiner les aspects physique théorique et dispositifs (sur l'exemple de ce qui se fait en France à Grenoble).

Les architectures de systèmes quantiques sont selon elle un domaine à fort potentiel. Il ne s'agit plus seulement de faire du design et l'activité expérimentale, mais d'intégrer plusieurs technologies ou dispositifs dans un système.

Concernant les financements, le programme CREST de la JST (cf. page 17) soutient des projets sur l'informatique quantique, pour le côté public. Le *Cabinet Office* (service du Premier ministre) avait consacré un programme sur le sujet, entre 2007 et 2012. Du côté du privé, c'est essentiellement NTT (*Basic Laboratories*) qui est actif, ainsi que Fujitsu (en collaboration notamment avec le NICT sur le QKD) et NEC à plus petite échelle (appareils/hardware). NTT travaille sur les aspects de l'optique quantique (nano-cristaux et ondes à électron unique), les systèmes mécaniques, la nano-mécanique et les q-bits. NTT a conçu une puce expérimentale à Bristol. Hamamatsu photonics travaille sur les nouveaux diamants et la QKD (Quantum Key Distribution).

A l'étranger, à Cambridge, Toshiba et Hitachi ont mis en place des laboratoires travaillant sur l'informatique quantique.

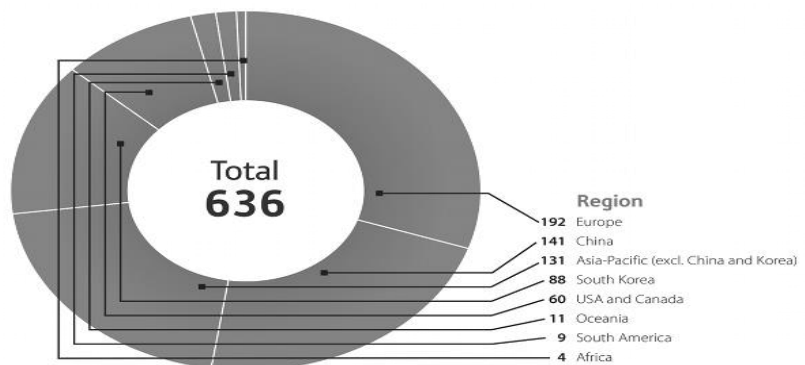
III.2 – Centres de recherches publics

RIKEN - Rikagaku Kenkyusho

A propos

Le RIKEN, ou plutôt *Rikagaku Kenkyusho*, est un institut de recherche scientifique japonais de renommée internationale. Fondé en 1917, il a d'abord eu le statut d'établissement privé. Il avait le statut d'administration publique indépendante depuis 1958 et a désormais le statut de « *National Research and Development Agency* » (NRDA¹³).

Il compte aujourd'hui plus de 3000 employés répartis dans les nombreux campus japonais. Le RIKEN accueille notamment parmi ses effectifs de nombreux chercheurs étrangers, ce qui, en plus de l'excellence des recherches qui y sont menées, contribue à sa renommée à l'international.



¹³ Institution sous l'autorité du Ministère de la Recherche japonais (MEXT)



Ambassade de France au Japon
Service pour la Science et la Technologie

Le RIKEN est structuré en centres de recherche et en clusters eux même réunis sous l'autorité d'entités plus globales¹⁴ :

Strategic Research Centers	Center for Emergent Matter Science
	Center for Advanced Photonics
	Center for Sustainable Resource Science
	Quantitative Biology Center
	Center for Developmental Biology
	Brain Science Institute
	Center for Integrative Medical Sciences
	Center for Advanced Intelligence Project
Research Infrastructure Centers	BioResource Center
	Center for Life Science Technologies
	Advanced Institute for Computational Science
	SPring-8 Center
	Nishina Center for Accelerator-Based Science
Cluster for Industry Partnerships	Cluster for Industry Partnerships
	Innovation Center
	RIKEN-DAIKIN Wellness Life Collaboration Program
	Preventive Medicine & Diagnosis Innovation Program
	Program for Drug Discovery and Medical Technology Platforms
Cluster for Science and Technology Hub	Cluster for Science and Technology Hub
	Compass to Healthy Life Research Complex Program
	Medical Sciences Innovation Hub Program
Chief Scientist System, etc.	Chief Scientist Laboratories
	Associate Chief Scientist Laboratories
	Distinguished Senior Scientist Laboratories
	Initiative Research Units / Special Research Units
	Research Groups
	Global Research Cluster
	Advanced Center for Computing and Communication
	Interdisciplinary Theoretical and Mathematical Sciences Program

Parmi ces laboratoires, un certain nombre s'intéresse à l'informatique quantique et plus particulièrement, les groupes de recherche appartenant à la « *Quantum Information Electronics Division* », sous-division du « *Center for Emergent Matter Science* »¹⁵ :

Quantum Information Electronics Division	Quantum Functional System Research Group	Seigo TARUCHA
	Quantum Condensed Matter Research Group	Franco NORI
	Quantum Condensate Research Team	Masahito UEDA
	Superconducting Quantum Electronics Research Team	Yasunobu NAKAMURA

¹⁴ <http://www.riken.jp/en/research/overview/>

¹⁵ <http://www.riken.jp/en/research/labs/cems/>



Ambassade de France au Japon
Service pour la Science et la Technologie

	Emergent Phenomena Observation Technology Research Team	Daisuke SHINDO
	Quantum Nano-Scale Magnetism Research Team	Yoshichika OTANI
	Quantum System Theory Research Team	Daniel LOSS
	Spin Physics Theory Research Team	Gen TATARA
	Emergent Matter Science Research Support Team	Hikota AKIMOTO
	Quantum Effect Device Research Team	Koji ISHIBASHI
	Quantum Condensed Phases Research Team	Kimitoshi KONO
	Superconducting Quantum Simulation Research Team	Jaw-Shen TSAI

NICT - National Institute of Information and Communications Technology

Le NICT est l'institut national des technologies de l'information et de communication au Japon dépendant du Ministère des Affaires Intérieures et des Communications (MIC).

Le NICT est une institution administrative indépendante fondée en 2004 avec la fusion du Laboratoire de Recherche sur les Communications du Japon et la *Telecommunications Advancement Organization (TAO)*.

Applied Electromagnetic Research Institute
Network System Research Institute
Wireless Networks Research Center
Universal Communication Research Institute
Center for Information and Neural Networks
Advanced Speech Translation Research and Development Promotion Center
Cybersecurity Research Institute
Advanced ICT Research Institute
Advanced ICT Device Lab

L'*Advanced ICT Research Institute*¹⁶ possède un laboratoire dédié sur les technologies de l'information et de communication quantique, le *Quantum ICT Advanced Development Center*.

Quantum Optics, Quantum Information Theory	Masahiro TAKEOKA	Director
Quantum Optics, Quantum Cryptography	Masahide SASAKI	Distinguished Researcher
Atomic Physics	Kazuhiro HAYASAKA	Research Manager
Quantum Cryptography, Optical Detection Technology	Mikio FUJIWARA	Research Manager
Quantum Optics	Kentaro WAKUI	Senior Researcher
Physical Layer Security, Free Space Optical	Toshiyuki ITO	Researcher

¹⁶ https://www.nict.go.jp/en/advanced_ict/index.html



Ambassade de France au Japon
Service pour la Science et la Technologie

Communication		
Information Theoretic Security	Jinxiao ZHU	Researcher

Publications récentes

"On the Throughput Capacity Study for Aloha Mobile Ad Hoc Networks," IEEE Transactions on Communications Vol. 64, Issue 4, pp. 1646--1659, Apr. (2016)

"Bounds on entanglement distillation and secret key agreement for quantum broadcast channels," IEEE Transactions on Information Theory Vol. 62, Issue 5, pp. 2849--2866, Apr. (2016). has been added to the list of publications.(2016/6/21)

"Progress towards practical device-independent quantum key distribution with spontaneous parametric down-conversion sources, on-off photodetectors, and entanglement swapping," Phys. Rev. A Vol. 93, Issue 4, pp. 042328-1--042328-11, Apr. (2016)

"Free-space optical channel estimation for physical layer security," Optics Express Vol. 24, Issue 8, pp. 8940--8955, Apr. (2016)

"Chip-to-chip quantum photonic interconnect by path-polarization interconversion," Optica, vol.3, no.4, pp. 407--413, Apr. (2016)

NII – National Institute of Informatics

Le *National Institute of Informatics* est un institut de recherche japonais fondé en 2000 dont le but premier est de promouvoir et de transmettre les connaissances et la recherche en informatique. De taille relativement modeste (une centaine de personnes), il réunit des chercheurs de tout premier niveau qui ont généralement une double affiliation avec une université. Il héberge notamment le JFLI (laboratoire franco-japonais présenté plus bas).

Divisions de recherche¹⁷ :

Principles of Informatics Research Division
Information Systems Architecture Science Research Division
Digital Content and Media Sciences Research Division
Information and Society Research Division

Centres de recherche¹⁸:

Research and Development Center for Academic Networks
Research Center for Knowledge Media and Content Science
GRACE Center: Center for Global Research in Advanced Software Science and Engineering
Research Center for Community Knowledge
Global Research Center for Quantum Information Science

¹⁷ <http://www.nii.ac.jp/en/research/>

¹⁸ <http://www.nii.ac.jp/en/research/centers/>



Ambassade de France au Japon
Service pour la Science et la Technologie

Global Research Center for Cyber-Physical Systems
Global Research Center for Big Data Mathematics
Center for Cloud Research and Development
Center for Dataset Sharing and Collaborative Research
Research Center for Financial Smart Data

Plus de détails sur le *Global Research Center for Quantum Information Science*¹⁹:

Quantum Information Systems	Yoshihisa YAMAMOTO
Spin Quantum Computers	Seigo TARUCHA
Quantum Standards	Hidetoshi KATORI
Superconducting Quantum Computing	Jaw Shen TSAI
Quantum Simulation	Yoshiro TAKAHASHI
Quantum Communication	Nobuyuki IMOTO

En plus :

Quantum Information Science Theory Group ²⁰	Kae NEMOTO
---	------------

III.3 – Programmes de recherche

Programme ERATO

Le programme ERATO (*Exploratory Research for Advanced Technology*) de la *Japanese Science and Technology Agency* (JST) a été mis en place en 1981 afin de promouvoir la recherche fondamentale en sciences et technologies. Le but du programme était de faire du Japon un leader mondial dans ces deux secteurs.

En 2002, suite au master plan du gouvernement japonais pour les sciences et technologies (2001-2006) et les stratégies mises en place par le Conseil pour la Science et la Technologie, le programme ERATO a été complètement réformé et placé sous l'intitulé de « programmes de recherche fondamentale stratégiques » par le gouvernement.

Le but de ce programme est de soutenir la recherche fondamentale orientée vers la résolution de problèmes de société ou économiques propres au pays, tout en restant en accord avec les politiques nationales en sciences et technologies. Des directeurs de recherche (issu du privé ou du public), ont été désignés sur chaque thématique prioritaire du programme afin de définir l'axe des recherches, recruter les chercheurs, manager les équipes, etc.

Cela fait maintenant plus de 30 ans que le programme ERATO est en place au Japon. Il est désormais reconnu parmi les chercheurs à l'échelle nationale et internationale comme l'un des plus prestigieux programmes japonais.

¹⁹ <http://www.nii.ac.jp/qis/first-quantum/e/>

²⁰ <https://qis1.ex.nii.ac.jp/niiqist/index.html>



Ambassade de France au Japon
Service pour la Science et la Technologie

Spin Quantum rectification	Eiji SATOH	en cours
Quantum-Beam Phase imaging	Atsushi MOMOSE	en cours
Quantum Computation and Information	IMAI	complété
Single Quantum Dot	MASUMOTO	complété
Quantum Wave	SAKAKI	complété
Quantum Magneto Flux Logic	GOTO	complété

Programme FIRST

Le programme FIRST (Funding Program for World-Leading Innovative R&D on Science and Technology) a été lancé en 2009 par le gouvernement japonais via la *Japan Society for the Promotion of Science (JSPS)*²¹. Il a duré de 2009 à 2013 et a bénéficié d'un budget total de 100 milliards de yens.

Le but du programme était de renforcer la compétitivité japonaise et de contribuer à la croissance de l'économie nationale en soutenant en tout 30 projets scientifiques et technologiques.

Concernant les modalités, chaque chercheur avait la possibilité de désigner l'institution de son choix comme partenaire et support de recherche, ce qui était à l'époque sans précédent au Japon.

Quantum Science on Strong Correlation	Yoshinori TOKURA	The University of Tokyo	RIKEN
Quantum information processing project	Yoshihisa YAMAMOTO	National Institute of Informatics, Research Organization of Information and Systems	National Institute of Informatics
Research and Development of Ultra-low Power Spintronics-based Logic VLSIs	Hideo OHNO	Tohoku University	Tohoku University

Programme CREST

Le programme CREST²² a été mis en place afin de prendre la relève du programme FIRST. Il est basé sur la vision future des besoins sociaux et économiques du pays et la résolution des questions qui y sont liées. C'est le MEXT, le ministère de l'enseignement et de la recherche japonais, qui définit les objectifs de recherche prioritaires, appelés « *Strategic Objects* ».

C'est la JST qui définit pour chaque « objet » le périmètre de recherche concerné. Un directeur de recherche est nommé pour chaque secteur de recherche ; il fixe les thèmes de recherche, sélectionne les propositions les plus pertinentes et suit l'avancement des projets et assure leur évaluation finale.

²¹ <http://www.jsps.go.jp/english/e-first/>

²² <http://www.jst.go.jp/kisoken/crest/en/about/index.html>



Ambassade de France au Japon
Service pour la Science et la Technologie

Le directeur de recherche ou chef de projet choisit un groupe de chercheurs et d'assistants pour chaque thème. Une équipe comprend entre 5 et 20 personnes. Pendant toute la durée de la recherche, c'est-à-dire cinq ans, le directeur de projet est responsable de la tenue du budget, des progrès sur le sujet et de l'exploitation des résultats finaux.

Creation of an innovative quantum technology platform based on the advanced control of quantum states	Yasuhiko ARAKAWA	en cours
Photonics and Quantum Optics for the Creation of Innovative Functions	Tatsuo IZAWA	Terminé
Quantum Effects and Related Physical Phenomena	Shinji KAWAJI	Terminé
New High-Performance Information Processing Technology Supporting Information-Oriented Society Aiming at the Creation of New High-Speed, Large-Capacity Computing Technology Based on Quantum Effects, Molecular Functions, Parallel Processing	Hidehiko TANAKA	Terminé

Programme IMPACT

Le programme ImPACT (*Impulsing PARadigm Change through Disruptive Technologies Program*), dépendant du CSTI²³, le Conseil pour la Science, la Technologie et l'Innovation rattaché au *Cabinet Office* du Premier Ministre, est le plus récent. Il a été mis en place en 2014 et veut mettre en avant l'innovation et l'avant-gardisme dans la recherche (philosophie *high-risk, high impact*).

Le programme se focalise sur des sujets de recherche pointus. Il s'inscrit dans la lignée du cinquième plan-cadre pour la science et la technologie 2016-2020 (*5th Science and Technology Basic Plan*) qui souhaite promouvoir les initiatives apportant des changements radicaux grâce à des avancées technologiques importantes, dans le domaine des technologies de l'information par exemple. Le « plan » vise ainsi à aligner harmonieusement nouvelles technologies et société avec l'émergence d'une « *super-smart society* ».

Advanced Information Society Infrastructure Linking Quantum Artificial Brains in Quantum Network	Yoshihisa YAMAMOTO
---	-----------------------

L'objectif du projet est présenté ainsi :

“De nombreux problèmes relevant de l'optimisation de l'analyse combinatoire trouvent des applications dans la société moderne. L'utilisation des techniques de « force brute » par les super-calculateurs existants prend beaucoup trop de temps et ne couvre pas toutes les combinaisons possibles. A la place de solutions exactes, ils fournissent des approximations. Ce programme vise à développer un nouveau type d'ordinateur basé sur la machine d'Ising et spécialisé dans le traitement de problèmes combinatoires. Cet ordinateur « miracle » fonctionnerait comme une intelligence artificielle quantique reliée à un réseau quantique. »

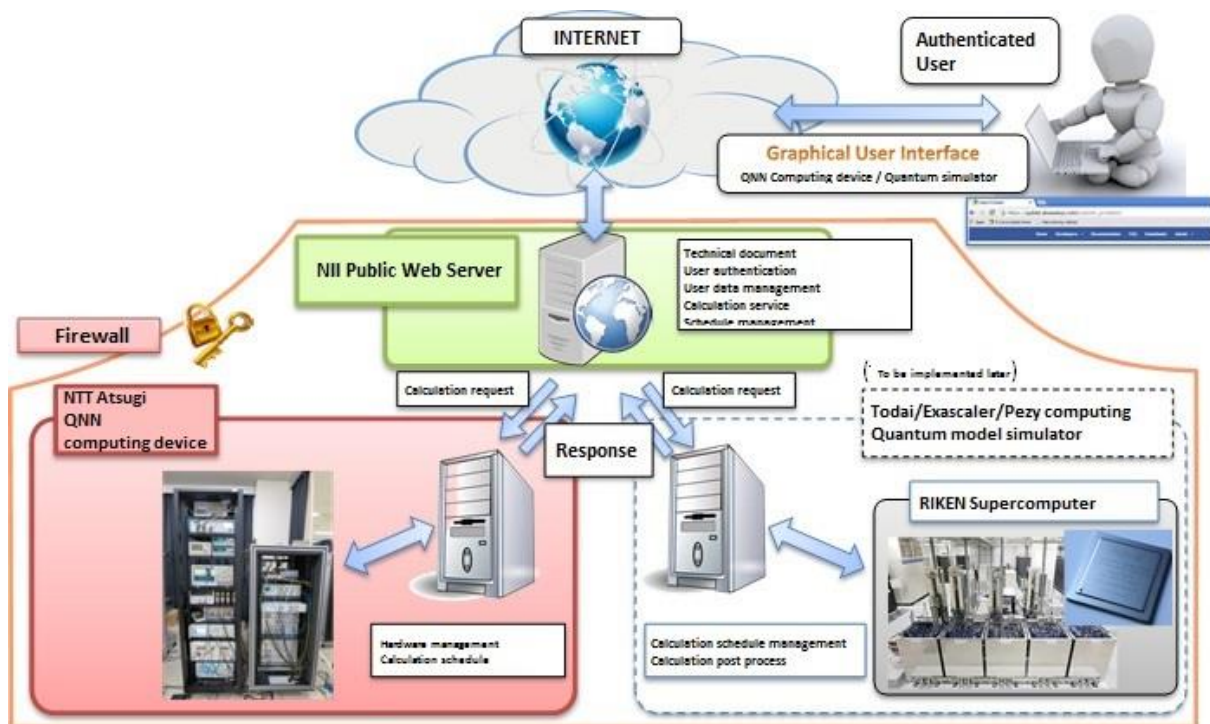
²³ <http://www.jst.go.jp/impact/en/intro.html>

Ambassade de France au Japon Service pour la Science et la Technologie

Comme évoqué précédemment, ce projet du programme ImpACT a abouti en novembre 2017 à la mise à disposition d'un prototype d'ordinateur quantique par les acteurs qui ont participé à son développement : NTT, le NII, l'Université de Tokyo et d'autres.

Le prototype en question repose sur des mécanismes de l'optique et serait, selon des estimations, 37 fois plus performant qu'un petit super-calculateur utilisé par le RIKEN et atteindrait un taux de précision plus élevé que l'ordinateur quantique commercialisé par le Canadien D-Wave. Contrairement à certains ordinateurs haute performance qui consomment parfois jusqu'à 10 000 kW, le prototype n'aurait besoin que d'1 kW, soit la consommation d'un gros appareil électroménager.

Pour permettre à un public plus large de chercheurs et d'ingénieurs d'utiliser et de tester le prototype, une plateforme d'utilisation via le cloud a été intégrée, appelée *Quantum Neural Network (QNN) cloud system*. L'accès vers cette plateforme serait disponible à partir du 27 novembre 2017²⁴.



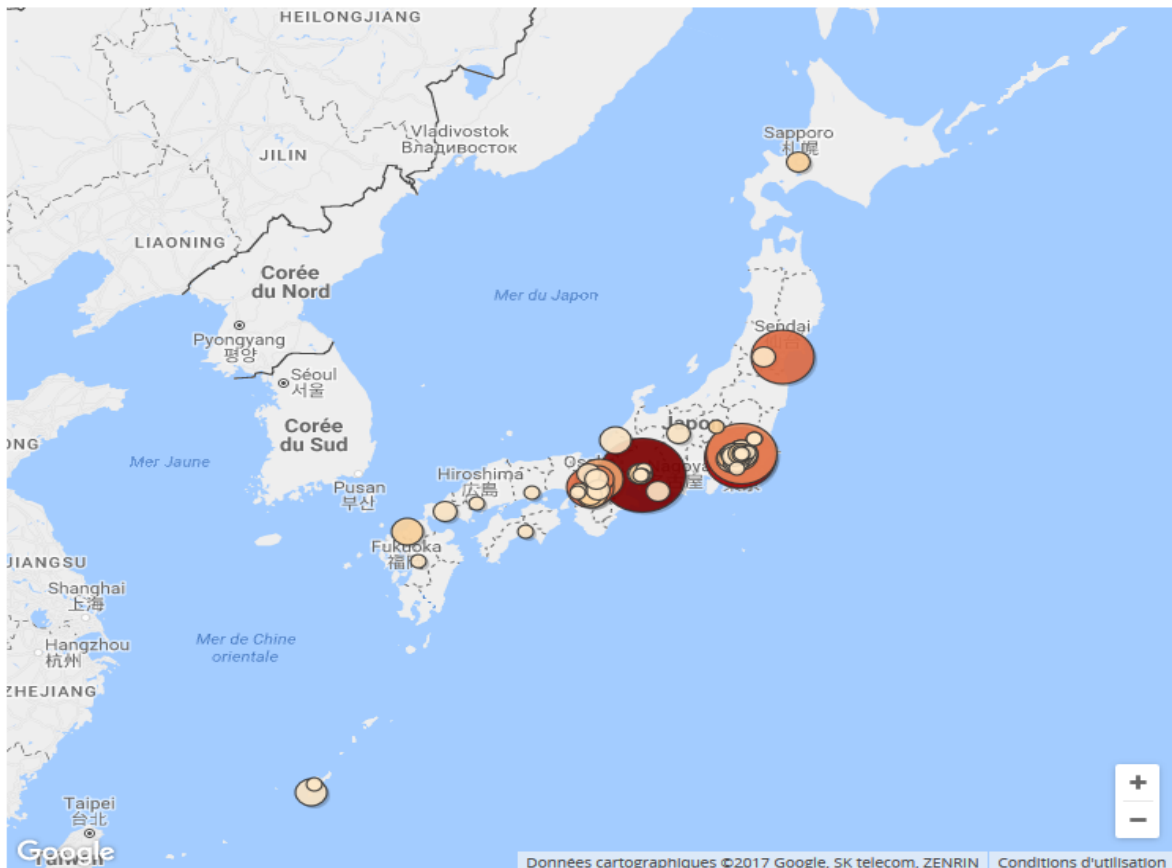
Configuration du QNN Cloud system – source : site officiel de NTT

²⁴ <http://www.ntt.co.jp/news2017/1711/171120a.html>


Ambassade de France au Japon
Service pour la Science et la Technologie

III.4 – Universités

Toutes les grandes universités japonaises sont actives dans le domaine de l'informatique quantique : Université de Tokyo, Université de Kyoto, Keio, *Tokyo Institute of Technology*, etc²⁵.



▼ Metrics details

- ○ ○ Size: **Scholarly Output** 
Types of publications included: all.
- ■ ■ Color: **Views Count**
Source: Scopus data.

De nombreuses universités hébergent des groupes de recherche et de travail animés par certains de leurs chercheurs et associant des élèves.

On peut citer entre autres le groupe de Kohei Ito de l'université Keio²⁶, les groupes Murao²⁷, Nomura²⁸, Arakawa-Iwamoto²⁹ de l'Université de Tokyo, le Kosaka Horikiri Lab³⁰ de la

²⁵ SciVal, Elsevier

²⁶ https://www.appi.keio.ac.jp/Itoh_group/

²⁷ <http://www.eve.phys.s.u-tokyo.ac.jp/indexe.htm>

²⁸ http://www.nlab.iis.u-tokyo.ac.jp/index_E.html

²⁹ <http://www.qdot.iis.u-tokyo.ac.jp/research/research1300-e.html>



Ambassade de France au Japon
Service pour la Science et la Technologie

Yokohama National University, et le « research group for quantum information sciences » de l'Université de Hokkaido³¹.

Kohei ITO	Université Keio
Junko HAYASE	
Shigeki TAKEUCHI	Université de Kyoto
Yoshiro TAKAHASHI	
Norikazu MIZUOCHI	
François LE GALL	
Harumichi NISHIMURA	Université de Nagoya
Masahito HAYASHI	
Francesco BUSCEMI	
Akira FURUSAWA	Université de Tokyo
Hiroshi OKAMOTO	
Hiroshi IMAI	
Yasunobu NAKAMURA	
Takao AOKI	Université de Waseda
Takeshi KOSHIBA	Université de Saitama
Hideo KOSAKA	Université Nationale de Yokohama
Hidetoshi NISHIMORI	Tokyo Institute of Technology
Akinori KAWACHI	
Mikio KOZUMA	
Kenji Omori	Institute for Molecular Science (Okazaki)
Akihito ISHIZAKI	
Yutaka SHIKANO	

Autres universités qui travaillent sur le sujet :

- Hokkaido University
- Tohoku University

III.5 – Entreprises et laboratoires privés

NTT Basic Research Laboratories

NTT (*Nippon Telegraph and Telephone*) est un leader des télécommunications au Japon. NTT Basic Research Laboratories en est une entité dédiée à la recherche fondamentale.

NTT *Basic Research Laboratories*³² conduisent des recherches dans les domaines des sciences des matériaux, des sciences physiques et des sciences optiques.

³⁰ http://kosaka-lab.ynu.ac.jp/index_e.html

³¹ <http://www.eng.hokudai.ac.jp/labo/hikari/qit/e-pages/index.html>

³² <http://www.brl.ntt.co.jp/E/index.html>



Ambassade de France au Japon
Service pour la Science et la Technologie

Ils collaborent avec de nombreux instituts de recherche et des universités à l'étranger aux Etats-Unis, en Europe et en Asie. Des conférences sont organisées sur la physique quantique et les nano-sciences dans leur centre de R&D à Atsugi.

Enfin, les laboratoires NTT sponsorisent une école, la « *Basic Research Laboratories School* », qui accueille des jeunes chercheurs du monde entier chaque année afin de profiter de l'enseignement de chercheurs invités de renom.

Materials Science Laboratory	Thin Film Materials Research Group	Kazuhide KUMAKURA
	Low dimensional Nanomaterials Research Group	Kazuhide KUMAKURA
	Molecular and Bioscience Research Group	Hiroshi NAKASHIMA
Physical Science Laboratory	Quantum Optical State Control Research Group	Akira FUJIWARA
	Hybrid Nanostructure Physics Research Group	Hiroshi YAMAGUCHI
	Quantum Solid State Physics Research Group	Koji MURAKI
Optical Science Laboratory	Quantum Optical State Control Research Group	Kaoru SHIMIZU Hiroki TAKESUE
	Theoretical Quantum Physics Research Group	William J. MUNRO
	Quantum Optical Physics Research Group	Hideki GOTOH
	Photonic Nano-Structure Research Group	Masaya NOTOMI

Toshiba

Toshiba est l'un des piliers de l'industrie japonaise. Leur branche Recherche et Développement comprend une filiale en Europe, *Toshiba Research Europe Limited* (TREL). Elle compte parmi ses laboratoires une équipe à l'Université de Cambridge³³ qui travaille sur les sujets liés à l'informatique quantique : distribution de clés quantique, cryptographie quantique, appareils quantiques (principalement liés à l'optique et aux semi-conducteurs).

Hitachi

Autre géant industriel japonais, Hitachi a aussi exporté une partie de sa branche Recherche et Développement à Cambridge, où l'entreprise maintient également un laboratoire dédié à la micro-électronique. Parmi les projets de recherche on retrouve l'informatique quantique³⁴. Les thèmes abordés sont la fabrication de qubits à partir d'atomes de silicium, la distribution de clés et les transistors à électron unique.

³³ <http://www.toshiba.eu/eu/Cambridge-Research-Laboratory/Quantum-Information-Group/>

³⁴ <http://www.hit.phy.cam.ac.uk/Projects/QIP.php>



Ambassade de France au Japon

Service pour la Science et la Technologie

Fujitsu Laboratories

Fujitsu Laboratories est la branche recherche et développement de Fujitsu Group. Elle est très active au Japon mais également à l'étranger, en Amérique et en Europe.

Le pôle de recherche japonais compte 1200 employés répartis dans des laboratoires : *Computer Systems, Software, Information Systems Technologies, IoT Systems, network, media processing, knowledge information processing, devices & materials, monozukuri technologies, applied innovation...*

Un groupe de recherche notamment traite les sujets liés à l'informatique quantique et l'intelligence artificielle³⁵.

³⁵ <http://www.fujitsu.com/jp/group/labs/en/business/leading-edge-basic-research/>



Ambassade de France au Japon Service pour la Science et la Technologie

IV – Historique des partenariats franco-japonais



JFLI : Japanese French Laboratory for Informatics – Quantum Computing Research Team (2009 ~)

Le JFLI³⁶ est un laboratoire conjoint franco-japonais situé à Tokyo qui a été créé en 2009 et qui réunit des chercheurs issus de l'Université de Tokyo, de l'Université Keio et du National Institute of Informatics (du côté japonais) et du CNRS, de l'UPMC, de l'Inria et de l'Université Paris-Sud (du côté français).

Le Pr. Kae Nemoto, co-directrice japonaise du JFLI aux côtés de M. Phong NGUYEN le co-directeur français, est spécialiste du domaine et travaille en lien avec le *Michelle Simmons Center* à Sydney, ainsi qu'avec l'Institut « *Communications and Computation* » à Vienne.

Pour le JFLI, l'informatique quantique est un sujet de recherche intéressant car interdisciplinaire : il associe la physique fondamentale, l'algorithmique, faisant ainsi se rejoindre la physique, les mathématiques et l'informatique fondamentale.

Le but de la collaboration franco-japonaise au JFLI est d'investiguer la puissance de l'informatique et du calcul quantique et d'étudier la faisabilité du traitement d'information quantique à grande échelle. Les sujets de recherche spécifique sont les suivants :

- *Quantum Cryptography and Communication:*
- *cryptographic primitives,*
- *Zero-Knowledge proofs,*
- *Quantum Algorithms, e.g. algorithms for graph properties,*
- *networks and quantum walks,*
- *Quantum computation and measurement,*
- *Feasibility of large scale Quantum computation:*
- *Robustness of QIP protocols and performances of fault-tolerance quantum computation.*

Cet institut combine des compétences théoriques et expérimentales et effectue du design de dispositifs quantiques.

³⁶ <http://jfli.cnrs.fr/>



Ambassade de France au Japon Service pour la Science et la Technologie

Concernant de potentiels partenariats de recherche avec la France, Mme Nemoto s'est dite intéressée en général par cette perspective de collaboration, bien que la complexité de l'organisation des laboratoires et universités français rende difficile les recherches de contact pour établir des collaborations.

Projet JST – CNRS (2008-2011)

La *Japan Science and Technology Agency* et le CNRS avaient temporairement formé un projet conjoint³⁷, de 2008 à 2011, associant des chercheurs français et japonais afin d'étudier les capacités fondamentales de l'informatique.

Le projet avait quatre sous-thématiques:

- *Quantum Cryptography and Communication*
- *Quantum Algorithms*
- *Quantum Computation and Measurement*
- *Feasibility and Advantages of Quantum Information Processing*

Kae Nemoto (leader équipe japonaise)	Iordanis Kerenidis (leader équipe française)
M. Murao	Miklos Santha
K. Iwama	Sophie Laplante
T. Koshiha	Frederic Magniez
A. Kawachi	Elham Kashefi
T. Oshima	Mehdi Malha
T. Karasawa	
S. Devitt	

Projet JST – ANR (2008)

Un accord a été signé entre l'ANR et la *Japanese Science and Technology Agency* (JST) en vue de faciliter le montage et la mise en œuvre de projets scientifiques de qualité proposés par des partenaires académiques français et japonais (dans le cadre du programme Blanc côté français).

L'objectif était de financer, pour une durée de trois ans, de nouveaux projets de recherche de grande qualité avec une contribution scientifique équilibrée entre partenaires académiques français et japonais.

Cet accord portait en priorité sur le domaine des Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication et en particulier :

- Robotique et intelligence artificielle;
- **Composants utilisant des effets quantiques;**
- *Micro Optical-Electro-Mechanical Systems (MOEMS) / Nano Optical-Electro Mechanical Systems (NOEMS);*
- *Micro Electro-Mechanical Systems (MEMS) / Nano Electro-Mechanical Systems (NEMS) / pour application Radio Fréquence (RF) et communication millimétrique;*
- Réseaux et calcul omniprésents;
- Grilles et calcul intensif;
- Réalité virtuelle;
- IPv6 ;
- Technologies pour évaluer la fiabilité des systèmes d'information ;
- Sécurité

³⁷ <https://qis1.ex.nii.ac.jp/jstcnrs/>



Ambassade de France au Japon Service pour la Science et la Technologie

Conclusions/Perspectives

L'informatique quantique reste un sujet de recherche relativement récent au Japon, puisque les chercheurs se sont inspirés des recherches menées à l'étranger. La recherche est essentiellement fondamentale et les technologies de QI ne se sont pas beaucoup développées au Japon.

Aujourd'hui, il s'agit d'inverser cette tendance, en combinant les résultats de ces recherches théoriques à des expérimentations concrètes, ce qui fait défaut à l'heure actuelle au Japon.

En France, de nombreuses institutions sont actives dans le domaine de l'informatique quantique. On peut citer entre autres le CEA, le laboratoire de l'ENS Cachan dédié à la photonique quantique et moléculaire, l'institut de recherche en informatique fondamentale du CNRS et de l'Université Paris Diderot, l'INRIA, Télécom ParisTech, le Campus de Paris Saclay, ATOS avec son projet appelé « Atos Quantum »).

A l'échelle européenne, de nouvelles initiatives sont lancées qui révèlent une détermination nouvelle pour parvenir à des résultats expérimentaux concrets. Elles sont exprimées dans le *Quantum Manifesto*³⁸.

Il existe déjà des liens entre l'Europe, la France et le Japon dans le domaine de l'Informatique quantique. Il s'agirait de les exploiter afin de faire naître une véritable collaboration. L'expertise japonaise en recherche fondamentale serait un atout indéniable à la recherche française et européenne. Une collaboration active permettrait aux deux pays d'accroître leur *leadership* dans ces technologies à l'échelle mondiale.

Dans le cadre d'un projet du programme CREST évoqué plus haut dans ce rapport, un workshop est organisé en décembre 2017 à Kyoto par la JST et auquel des chercheurs Français vont participer activement. Il s'agit là, avec l'annonce du lancement d'un appel conjoint en Janvier 2018 ANR-JST³⁹, de signes extrêmement encourageants d'une nouvelle dynamique de collaboration entre Français et Japonais en Informatique Quantique.

³⁸ https://msu.euramet.org/current_calls/fundamental_2017/documents/Quantum_Manifesto.pdf

³⁹ <http://www.agence-nationale-recherche.fr/informations/actualites/detail/une-delegation-francaise-a-kyoto-pour-le-second-symposium-technologies-quantiques-du-programme-crest/>



Ambassade de France au Japon
Service pour la Science et la Technologie

Acronymes

ANR	Agence Nationale de Recherche
CREST	Strategic Basic Research Program
CSTI	Council for Science, Technology and Innovation
ERATO	Exploratory Research for Advanced Technology
FIRST	Funding Program for World-Leading Innovative R&D on Science and Technology
IMPACT	Impulsing Paradigm Change through Disruptive Technologies Program
JFLI	Japanese French Laboratory of Informatics
JSPS	Japan Society for the Promotion of Science
JST	Japan Science and Technology Agency
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry
MEXT	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology
MIC	Ministry of Internal Affairs and Communication
NICT	National Institute of Communication Technologies
NII	National Institute of Informatics
NTT	Nippon Telegraph and Telephone
RIKEN	Rikagaku Kenkyusho / « Institut de recherche scientifique »