Denis Perret-Gallix, physicien

“Les Japonais misent sur la recherche fondamentale”

Parce qu'ils savent que les révolutions viennent de la science, les Japonais investissent dans des infrastructures de premier plan mondial.

DENIS PERRET-GALLIX, 59 ans, physicien des particules, est directeur de recherche au CNRS. Après avoir dirigé le bureau du CNRS à Tokyo (2000-2004), il est revenu au Japon en 2006 pour prendre la direction du Laboratoire franco-japonais de physique des particules (FJPPL) et comme chargé de la coopération Asie-Pacifique à l'IN2P3 *(lire Repères p. 56)*.

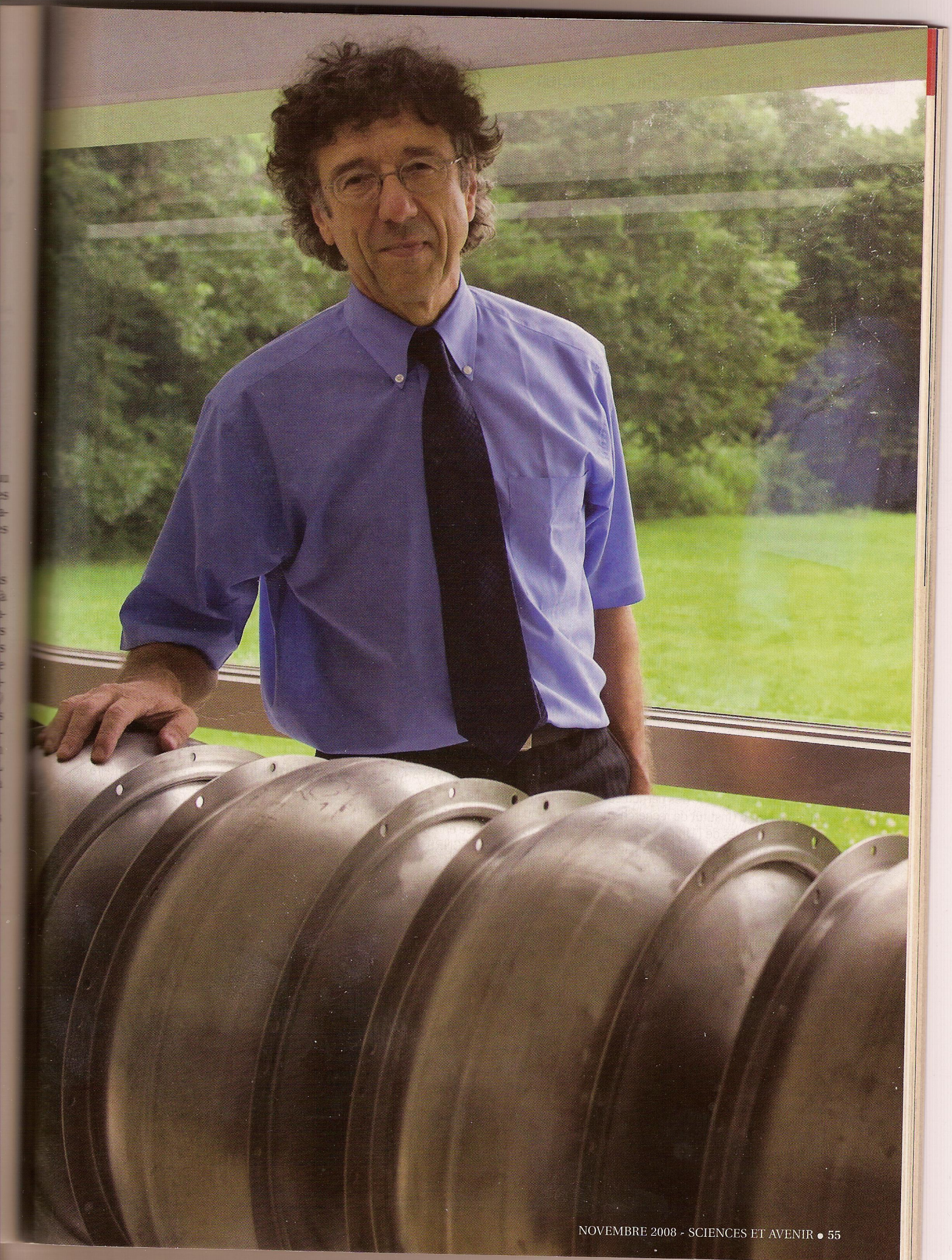
Aujourd'hui, tous les regards sont tournés vers la Chine, même en matière de recherche… un peu comme si on avait oublié le Japon, deuxième puissance économique mondiale. Grave erreur ?
La Chine est effectivement dans une phase d'accession aux technologies de pointe et très active dans le cadre d'applications à court terme. Elle commence à avoir de la recherche fondamentale, notamment dans des laboratoires en physique des particules. Mais cette dernière ne se développera que lorsque la Chine aura véritablement acquis l'infrastructure technologique nécessaire.
En science, il faut en effet faire la différence entre la recherche fondamentale à long terme et ce qu'on appelle la recherche finalisée ou industrielle – ou à « application sociétale », ce qui fait plus moderne. Pour les besoins de la première, la Chine est en train de faire rentrer ses scientifiques qui se sont formés pour l'essentiel aux Etats-Unis, et aussi en Europe. Elle compte également beaucoup sur le Japon, qui est à sa porte : il y a 120 000 étudiants étrangers au Japon parmi lesquels environ deux tiers sont chinois. Ils peuvent profiter de la grande compétence scientifique nippone et de conditions de travail très agréables dans un pays privilégié. Le Japon est donc au premier plan de la recherche fondamentale en Asie. *(Lire les prix Nobel 2008, p. 26.)*

Les Français se tournent-ils aussi vers le Japon ?
Ces quinze à vingt dernières années, les choses ont bien changé. Jadis, ceux qui étaient attirés par le Japon étaient surtout les chercheurs en sciences humaines ; ils s'intéressaient aux différences de culture, aux spécificités nippones… Et puis, les Français ont commencé à se tourner vers certaines technologies et domaines des « sciences dures » qui n'existaient pratiquement pas hors du Japon. En particulier, la robotique ou ce qui concerne la miniaturisation, pour laquelle les Japonais ont toujours été leaders. Ils ont aussi pu trouver dans l'archipel des laboratoires réunissant l'ensemble des technologies nécessaires à une recherche, comme au LIMMS *(lire Repères p. 56 pour tous les sigles cités dans le texte)* à l'université de Tokyo, alors qu'en France il fallait se déplacer sur plusieurs sites.
C'est un peu pour ces deux raisons qu'une vingtaine d'équipes franco-japonaises sont actuellement actives au Laboratoire franco-japonais de physique des particules (FJPPL), sur les plates-formes de test du futur accélérateur linéaire, les programmes neutrinos ou les grilles informatiques.

Un exemple en robotique ?
La coopération étroite entre le CNRS et l'AIST japonais a donné naissance au Joint Robotics Laboratory (JRL), à la fois à l'AIST et au Laboratoire d'architecture et d'analyse des systèmes (LAAS) à Toulouse. Les chercheurs français peuvent y travailler sur des robots chers, qu'ils auraient eu du mal à acheter. La plate-forme robotique mise en place est de toute première qualité, le robot humanoïde HRP-2 *(lire aussi* S. et A. *n° 724, juin 2007)* est l'un des plus perfectionnés qui soient. Les Français développent des algorithmes de mouvement et de reconnaissance pour ces machines. Après une collaboration avec Sony sur le petit chien Aïbo, les équipes du JRL étaient même parvenues à faire jouer un match de foot à plusieurs de ces petits robots !

Le Japon continue-t-il d'investir beaucoup plus que les autres pays en recherche ?
L'un des avantages de ce pays par rapport à la France vient effectivement de ce niveau de financement qui atteint 3,4 % du PIB, au-dessus de la fameuse barre des 3 % visée en Europe (la France était à 2,13 % en 2007) ! Or, le PIB du Japon étant largement supérieur, plus du triple de celui de la France, cela fait en définitive une très grosse différence pour la recherche. Cela prend bien sûr en compte la forte participation des industriels, bien trop faible dans l'Hexagone. Pour ce qui concerne les équipements et les infrastructures, c'est donc désormais à l'Europe qu'il faut comparer le Japon. Capable de dégager de très gros budgets, le gouvernement a ainsi investi plus d'un milliard d'euros à Tokai-Mura dans la construction d'un accélérateur de protons pour la recherche fondamentale. Il s'agit de faire de la recherche nucléaire et de physique des particules dans une collaboration KEK-JAEA (Japan Atomic Energy Agency).

Sur quoi, précisément, portera cette recherche ?
J'en connais deux directions. La première sera de mener des études sur l'aval du cycle des combustibles ●●●



> « Ce que les Japonais savent très bien, c'est que les nouvelles applications se développent à partir de la recherche fondamentale »

●●● nucléaires. L'idée est la transmutation, c'est-à-dire transformer les déchets nucléaires en les bombardant avec des neutrons produits par des faisceaux intenses de protons. C'est une importante contribution à l'objectif, proposé naguère par le prix Nobel de physique Carlo Rubbia, de les transmuter en radioéléments de durée de vie plus courte, tout en créant de l'énergie. L'autre direction concerne la physique du neutrino, cette particule très singulière qui passionne les physiciens parce qu'elle « oscille » entre plusieurs états signant une valeur non nulle de leur masse. Cette fois, un faisceau de neutrinos de très haute intensité sera dirigé vers le grand détecteur souterrain Super-Kamiokande et permettra la mesure des oscillations neutrino sur 300 kilomètres de long. En découleront des estimations sur leur masse, informations très importantes pour l'évaluation de la matière noire dans l'Univers.

Y a-t-il d'autres exemples d'investissements massifs ?

Lorsque les Japonais ont voulu s'attaquer réellement à l'étude du génome, ils ont créé à Yokohama un grand centre véritablement *ex nihilo* – sur des friches industrielles. Au même endroit ont été concentrés un campus, une université, des laboratoires où ont été installés pas moins de 16 systèmes de RMN (résonance magnétique nucléaire) de très haute fréquence. Il n'y en avait pas autant dans toute la France !

Autre installation de tout premier plan mondial, toujours dans la région de Yokohama : fin 2001, a démarré *Earth Simulator*, un ordinateur construit par NEC (Nippon Electronic Corporation) qui a porté, pendant presque trois ans, le titre d'ordinateur le plus puissant du monde (35 téraflops, *lire Repères)*. Un projet de 700 millions d'euros a été lancé depuis pour mettre au point des systèmes dits de nouvelle génération, et atteindre un niveau record en pétaflops. Actuellement, les Japonais sont les seuls, avec les Américains, à avoir une industrie du microprocesseur.

La machine à fusion Iter a aussi donné lieu à une bagarre internationale terrible parce que les Japonais voulaient l'avoir sur leur sol…

Oui, ils se sont battus comme des lions jusqu'au bout et étaient prêts à mettre 50 % du budget ! Le fait que cette machine ait un rapport avec l'énergie était évidemment très important, mais il y avait aussi une autre dimension cruciale : si Iter avait été installé non en France (à Cadarache) mais dans le nord du Japon – vers Tokai (préfecture d'Aomori) où il y a déjà une usine de retraitement nucléaire –, cela aurait été une manière pour le Japon d'être très visible au plus haut niveau international en science. Il faut cependant rappeler que, dans le même temps, de nombreux Japonais étaient opposés au projet Iter. A cause de l'énorme financement prévu – plusieurs milliards d'euros – ils y voyaient la mort de nombreux pans de la recherche japonaise.

REPÈRES

L'IN2P3 (Institut national de physique nucléaire et de physique des particules-CNRS) et l'**IRFU** (Institut de recherche des lois fondamentales de l'Univers-CEA) sont les deux grandes organisations engagées, aux côtés des universités, dans la recherche nucléaire et en physique des particules en France.

LE FJPPL (Laboratoire de physique des particules franco-japonais), créé par l'IN2P3 et l'Irfu, est le premier d'une série de laboratoires similaires en Chine, Corée et prochainement au Viêt Nam.

LE LEP (Large Electron-Positron) est un collisionneur e+e- : un anneau de 27 km de circonférence où circulaient dans des sens opposés des faisceaux d'électrons et d'antiélectrons (positron en anglais). Cet anneau reçoit maintenant le LHC *(lire* S. et A. *n° 735, mai 2008)* qui a démarré en septembre, les électrons et positrons ont été remplacés par des protons.

AIST (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology) et le grand institut national de recherche japonais réorganisé en 2000 ; une des références a été le CNRS français pour sa pluridisciplinarité.

LIMMS (Laboratoire des systèmes de micro-mécatronique intégrés), premier laboratoire international associé (LIA) implanté au Japon.

RIKEN (Rikagaku kenkyûjo ou Laboratoire de recherche en physique et chimie). Créée en 1917, cette institution a une histoire complexe. Privatisé puis redevenu public, le Riken a toujours eu des liens très forts avec le gouvernement et bénéficié de gros budgets.

KEK (Ko Enerugi Kasokuki Kenkyu Kiko), le laboratoire de physique des particules et de recherche sur les accélérateurs japonais.

NEUTRINO. Cette particule élémentaire qui n'interagit que très peu avec le reste de la matière, existe sous trois formes (neutrino électron, muon ou tau) entre lesquelles elle oscille. Le Japonais Masatoshi Koshiba a reçu le prix Nobel 2002 pour la détection des neutrinos cosmiques au laboratoire Super-Kamiokande.

PÉTAFLOPS. De « péta », « un million de milliards » et « flops », « floating point operations per second », autrement dit le nombre d'opérations par seconde que peut effectuer l'ordinateur, mesure de sa rapidité et de sa puissance. Les plus puissants ordinateurs se mesurent actuellement dans cette unité, comme le Roadrunner d'IBM (1,026 Pflops).

RAYONNEMENT SYNCHROTRON. Rayonnement électromagnétique (des photons) émis lorsque des électrons tournent dans un accélérateur circulaire, il est devenu un outil majeur en biologie.

Grands accélérateurs, Iter, décryptage du génome, ordinateur hyperpuissant... Pourquoi le Japon privilégie-t-il ainsi de grosses infrastructures ?

La recherche a besoin, maintenant, de grands équipements. Il y a une trentaine d'années, en biologie, vous pouviez travailler avec un microscope électronique. Aujourd'hui, il vous faut des accélérateurs à rayonnement synchrotron *(lire Repères)* tel Soleil à Saclay (350 m de circonférence) ou Spring8 (Harima, Japon), un des plus grands systèmes de rayonnement synchrotron au monde (900 m), équivalent de l'équipement européen installé à Grenoble ESRF (European Synchrotron Radiation Facility, 844 m). A chaque fois que la recherche fondamentale avance, il faut créer de nouveaux instruments pour repousser encore plus loin les frontières.

Y a-t-il, en Asie, volonté de regroupement entre Japon, Corée, Chine ou autres autour de certains grands projets ou infrastructures, tel le Cern en Europe ?

Faire un parallèle entre l'Asie et l'Europe est difficile car, entre les pays, les niveaux de population, de formation et de recherche sont différents, de même que le niveau de croissance – celui de la Chine est bien plus fort que celui du Japon. Créer une sorte d'Asie-Pacifique de la recherche, comme cela a pu être fait en Europe dans des structures comme le Cern ou l'EMBL (regroupement pour la recherche en biologie moléculaire sur plusieurs sites), demeure très compliqué. En même temps, ce serait un premier pas vers une entente politique plus forte, entente souhaitable pour de futurs projets mondiaux.

Prenons l'exemple de l'accélérateur linéaire à construire après le LHC *(lire aussi* S. et A. *n° 735, mai 2008)*, qui sera la première infrastructure véritablement mondiale... Il ne pourra pas exister si un équilibre n'est pas établi sur un triangle de base, constitué des trois grandes régions du monde : Amérique du Nord, Europe, Asie. Voilà pourquoi, pour 2009, en physique, nous travaillons à mettre en place un symposium entre l'Europe et l'Asie car leurs échanges sont beaucoup trop faibles.

Nous espérons réunir des scientifiques porteurs de projets d'envergure et des financeurs. Nous comptons nous interroger sur les apports de la physique, non seulement en recherche fondamentale mais aussi dans sa dimension « sociétale ». Que peut-elle apporter dans d'autres champs : améliorer les technologies de compréhension du génome, les IRM (systèmes d'imagerie), les nanotechnologies... ? Les Japonais sont très bons pour ce genre de choses, ils ont été par exemple pionniers en radiothérapie par faisceaux d'ions lourds ou de carbone, à Chiba, où est installé un accélérateur exemplaire.

C'est le pragmatisme japonais ?

Oui, il faut comprendre aussi que certains de ces domaines touchent au nucléaire, domaine auquel les Japonais demeurent extrêmement sensibles, après les deux bombes qui ont frappé Hiroshima et Nagasaki. Mais ce que les Japonais savent très bien, c'est que les nouvelles applications se développent à partir de la recherche fondamentale. Comme le dit une phrase célèbre : *« Ce n'est pas en développant la technologie de la bougie qu'on a inventé l'électricité ! »* Cela signifie que les grandes révolutions viennent de la recherche fondamentale.

Parfois de façon directe : on découvre l'électron, on met en place la mécanique quantique et on a l'électronique d'aujourd'hui. Einstein découvre ses équations de relativité restreinte et généralisée. Elles sont aujourd'hui dans les GPS. Parfois, de façon détournée. L'exemple, c'est le World Wide Web. Cette technologie a été inventée au Cern pour les besoins de la physique fondamentale, pour la gestion de tous les documents qu'elle engendrait. Et puis, le Web est passé dans le domaine public, provoquant un véritable changement de civilisation. La recherche va très souvent au-delà de son objet, mais il ne faut pas être pressé.

Propos recueillis à Tokyo par Dominique Leglu
Photos : Hiroji Kubota/Magnum pour Sciences et Avenir

PETITE BIBLIOTHÈQUE JAPONAISE

"Jean-François Sabouret et Nicolas Bouvier"

CHRIS STEELE PERKINS/MAGNUM

Cerisiers en fleurs dans le parc d'Ueno, à Tokyo.

Voici trois livres pour aborder le Japon : *La Dynamique du Japon, de 1854 à nos jours.* Dirigé par Jean-François Sabouret, directeur de recherches au CNRS (1), ce passionnant ouvrage, avec cartes et tableaux historiques, explique aussi bien l'histoire de la modernisation du Japon, la politique d'acquisition des techniques au XIXe siècle ou le renversement de la politique de recherche après la Seconde Guerre mondiale. Il permet aussi de comprendre comment la littérature a évolué (romans, mangas), le rôle de la presse, la place de la femme ou de la religion dans cette société... *L'Empire de l'intelligence* (2) est plus spécialisé que le précédent. L'ouvrage est consacré aux *« politiques scientifiques et technologiques du Japon depuis 1945 »*. Également dirigé par Jean-François Sabouret, il explique la stratégie du Japon pour redevenir une grande puissance après la Seconde Guerre mondiale. Enfin, *Chronique japonaise*, de Nicolas Bouvier (3). Poétique, ce livre permet de retrouver les impressions de l'écrivain-voyageur qui fit son premier voyage au Japon en 1955 et qui s'installe ici à Araki-Cho. Extrait : *« Cho est un petit quartier ; ki le bois ou l'arbre ; et l'arbre ara une sorte de mûrier ; mais il n'y a plus de mûriers à Araki-Cho. Tournesols, bambous, glycines. Maisons penchées et vermoulues. Odeurs de sciure, de thé vert, de morue. A l'aube, un peu partout, le chant ébouriffé des coqs. Une publicité omniprésente et hideuse mariée à la plus belle écriture du monde. »*

(1) Avec une trentaine d'auteurs. Saint-Simon/CNRS éditions, 2008.
(2) CNRS éditions, 2007.
(3) Payot-Rivages, 2001.