



**Ambassade de France au Japon**  
**Service pour la Science et la Technologie**  
4-11-44, Minami-Azabu, Minato-ku,  
Tokyo, 106-8514, Japon  
Tel: 81-3-5798-6034  
Fax: 81-3-5798-6050  
<http://www.ambafrance-jp.org>

<b>Domaine</b>	: Robotique
<b>Document</b>	: Rapport de mission
<b>Titre</b>	: Chirurgie, robotique, culture japonaise : une première esquisse
<b>Auteurs</b>	: Marie-Christine Pouchelle
<b>Date</b>	: Avril 2008
<b>Contact</b>	: Pierre Dauchez ( <a href="mailto:attache.stic@ambafrance-jp.org">attache.stic@ambafrance-jp.org</a> )

<b>Mots clés</b>	: Robotique, Chirurgie, Relation Homme-Robot, Anthropologie
------------------	---

<b>Résumé</b>	: Le Japon est sans nul doute l'un des leaders actuels dans le domaine de la recherche en robotique. De plus les robots et les machines font partie de l'univers quotidien du japonais, quel que soit son milieu social. Une des applications modernes de la robotique est la chirurgie. Comment le Japon se situe-t-il dans cette optique ? Ce document apporte quelques éclairages sur la question, au travers d'une synthèse de divers entretiens et observations d'une anthropologue qui a rencontré lors d'une mission menée fin 2007, différents acteurs du domaine. Les principales conclusions d'une mission antérieure destinée à comparer les hôpitaux japonais et les établissements français en matière de chirurgie robotique, sont également présentées. Au-delà de l'utilisation du robot en chirurgie, d'autres aspects de la relation homme-robot au Japon sont abordés.
---------------	---

NB : Toutes nos publications sont disponibles auprès de l'Agence pour la Diffusion de l'Information Technologique (ADIT), 2, rue Brûlée, 67000 Strasbourg (<http://www.adit.fr>)

Marie-Christine Pouchelle

Directeur de recherches au CNRS

Institut Interdisciplinaire d'Anthropologie du Contemporain

Unité Mixte de Recherche 8177 (CNRS/Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales)

Centre Edgar Morin (ex-CETSAH), 22, rue d'Athènes, 75009 Paris

<http://www.ehess.fr/centres/cetsah>

## **Chirurgie, robotique, culture japonaise : une première esquisse**

Mission réalisée avec le concours de  
l'Ambassade de France au Japon

18 novembre-3 décembre 2007

Tokyo, Nagoya

Anthropologue, spécialiste de la culture hospitalière et chirurgicale française et intéressée depuis plusieurs années par la civilisation japonaise, l'auteur livre ici des éléments qui demandent à être complétés et précisés par des travaux ultérieurs. En juin 2008, elle fera partie, avec trois roboticiens français, de l'équipe chargée par l'Ambassade de France (Pr. Pierre Dauchez, Attaché pour la Science et la Technologie) de faire le point sur la situation de la robotique chirurgicale au Japon.

### **QUELQUES OBSERVATIONS ANTERIEURES**

*Lors d'une précédente mission, en mars et avril 2007, l'auteur avait souhaité comparer les hôpitaux japonais avec les établissements français en matière de chirurgie robotique. Une difficulté s'était présentée d'emblée : bien que le Japon soit le pays phare en matière de robotique, la robotique chirurgicale (système da Vinci, chirurgie mini-invasive avec télémanipulateur, [www.intuitivesurgical.com](http://www.intuitivesurgical.com)) est peu utilisée au Japon, n'ayant pas reçu l'agrément du Ministère de la Santé. Ainsi lui fut-il dit que l'Hôpital de l'Université Keio (Tokyo) venait d'abandonner les essais de chirurgie robotique. Il y aurait 4 systèmes da Vinci au Japon, à titre expérimental. La demande d'agrément a été déposée auprès du*

Ministère en 2002<sup>1</sup>. D'après l'une des personnes rencontrées au Japon, l'un des freins à l'acceptation résiderait dans les relations entre domaines pharmaceutiques et médicaux, les dispositifs robotiques dépendant de la pharmacie. Il y a aussi la difficulté de mener suffisamment d'études cliniques : trop chères et trop longues. On peut d'autre part se demander si l'origine étrangère (américaine) du système da Vinci n'est pas aussi en cause, et si le Japon n'entend pas développer sa propre stratégie en matière de chirurgie assistée par ordinateur. Ceci dit, certains chirurgiens sont habilités à utiliser le système, sous leur propre responsabilité.

Par l'intermédiaire du Dr Yves MIAUX, Attaché pour la Science et la Technologie et d'un de ses contacts au Japon (le Pr HIGUCHI), fut rencontré à l'hôpital universitaire de Kyushu, le Pr HASHIZUME Makoto, chirurgien, directeur du Centre de Médecine avancée et de l'Innovation technologique, qui a opéré une centaine de patients avec le système da Vinci (estomac, rate, colon, vésicule biliaire). Les patients se sont avérés très preneurs de la procédure robotique : il n'y a pas eu un seul refus. Le Pr HASHIZUME introduisit ensuite l'auteur auprès de son confrère, le Dr ETO Masatoshi, chirurgien urologue, qui, entraîné aux USA en 2006, a lui aussi expérimenté le système da Vinci.

Le Pr HASHIZUME a beaucoup pratiqué la chirurgie endoscopique (30% de son activité). Il s'intéresse à la réalité augmentée et aux méthodes de navigation. Est en cours dans son laboratoire le projet MRI (Movement Resolution Image guided robotic surgery) : il s'agit de réduire la déformation des images par le champ magnétique, ou encore de superposer les images en 3 D et en 2D, en temps réel, et d'obtenir pour le chirurgien une stabilisation visuelle correspondant à la synchronisation, sur le site opératoire, du mouvement des instruments et de celui des organes. L'excellence de la précision obtenue permettrait d'utiliser un très petit robot esclave. Est aussi en cours un projet de capsule-robot à ingérer par le patient. C'est le projet NOTAES (Natural Orifice TransAbdominal Endoscopic Surgery). Cette chirurgie de moins en moins invasive et traumatique conviendrait particulièrement à une population de plus en plus âgée, et permet d'envisager de supprimer l'hospitalisation classique, au profit de l'ambulatoire. L'avenir, pour le Pr HASHIZUME, c'est la NanoRobotSurgery.

---

<sup>1</sup> D'une manière générale, les délais d'autorisation de mise sur le marché des médicaments et des dispositifs médicaux sont très longs au Japon (4 ans en moyenne). Le 6 mars 2008, dans une conférence à l'Ambassade du Japon à Paris, Monsieur SAKURAI Jun, directeur adjoint à la division des affaires économiques du service de la politique de santé au Ministère de la Santé du Travail et du Bien-Etre, a fait état de la volonté du Ministère de raccourcir sensiblement ces délais (*The Japanese Strategy for Innovation, and Pharmaceutical Industry: with Reform of the Pharmaceutical Distribution*).

*En ce qui concerne la chirurgie assistée par ordinateur, le Pr HASHIZUME voit dans le “robot” da Vinci un outil décevant parce qu’imparfait en matière de retour d’effort et ayant l’inconvénient de nécessiter la présence d’un assistant auprès du patient. C’est “just a tool”. Cependant cette chirurgie possède un avantage par rapport à la chirurgie endoscopique ordinaire : c’est la liberté du geste. Le Dr ETO insiste lui aussi beaucoup sur ce point : pour la chirurgie de la prostate, la chirurgie endoscopique est mal commode, plus difficile que la chirurgie ouverte classique, alors que da Vinci s’avère extrêmement utile.*

*La première expérience de télé-chirurgie éloignée au Japon a été menée le 8 août 2002, entre Tokyo et le Mont Fuji avec une liaison par téléphone. D’autres ont suivi avec une liaison Internet, entre Fukuoka et la Corée, puis entre Fukuoka et Bangkok. L’un des enjeux est de former le personnel qui agira concrètement sur le patient (anesthésie, pose des trocars, etc.). Ce pourrait même être des infirmières, d’après le Pr HASHIZUME. Cette réflexion n’est pas anodine, puisque les infirmières japonaises font en général assez peu d’actes techniques. Elle témoigne peut-être de l’influence américaine (serait-ce un argument de vente utilisé par Intuitive Surgical ?).*

*L’enseignement à distance est envisagé. Parallèlement est soulignée l’importance de la simulation pour l’apprentissage (simulation de patients), conception qui devait être retrouvée à l’automne chez le Pr FUKUDA.*

*Dans ces perspectives, le rôle futur du chirurgien serait, estime le Pr HASHIZUME, celui d’un chef d’orchestre, placé au centre d’actions multiples, dont certaines éloignées dans l’espace. Le chirurgien n’aurait plus à toucher directement le corps, le toucher étant remplacé par la vision et différents modes d’information (ce qui permet de contourner le problème du retour de force).*

*Lors de cette première mission, d’autres chirurgiens furent rencontrés. En particulier l’auteur a assisté à deux opérations chirurgicales, l’une par le Pr ODA Makoto, directeur du service de chirurgie thoracique et membre du département de Téléchirurgie et de Géomédecine (Hôpital Universitaire de Kanazawa), l’autre par le Pr TSURUMARU Masahiko, chef du service de chirurgie oesophagienne et gastro-entérologique (Hôpital Juntendo, Tokyo).*

*A Kanazawa, hôpital récemment reconstruit (2005), où les salles d’opération sont très équipées en informatique (transmission de l’imagerie, accès au dossier du patient,*

*entrées de données), le Pr ODA est spécialisé en endo-chirurgie. Il souligne l'intérêt de la vidéo pour mieux voir le site opératoire et faire son geste plus rapidement, ainsi que pour l'apprentissage des jeunes chirurgiens. En revanche il trouve trop long de faire complètement la procédure avec la vidéo. Le Pr ODA a suivi un entraînement sur la console da Vinci en 2006 à Strasbourg (Ircad-EITS).*

*Le service de chirurgie cardiaque (Pr WATANABE Go) dispose depuis 2006 d'un système da Vinci, mais au printemps 2007 l'usage de ce dernier était limité à la dissection de l'artère mammaire. Il était envisagé de s'en servir dans le futur pour les pontages coronariens et, en chirurgie thoracique, pour l'exérèse des tumeurs du médiastin. A été manifestée une grande réticence à l'utiliser pour les organes mobiles, par crainte d'hémorragies impossibles à arrêter immédiatement. Ceci dans un contexte où les plaintes des usagers sont de plus en plus redoutées (d'après les praticiens le nombre de procès intentés par les usagers serait en forte augmentation, surtout en chirurgie et en pédiatrie). Des expérimentations animales sont en cours : les Professeurs ODA et WATANABE font partie de l'équipe qui a publié, dans le Journal of Thoracic Cardiovascular Surgery, "Robot-assisted endoscopic airway reconstruction in rabbits, with the aim to perform robot-assisted thoracoscopic bronchoplasty in human subjects"(octobre 2007).*

## **LA MISSION DE L'AUTOMNE 2007**

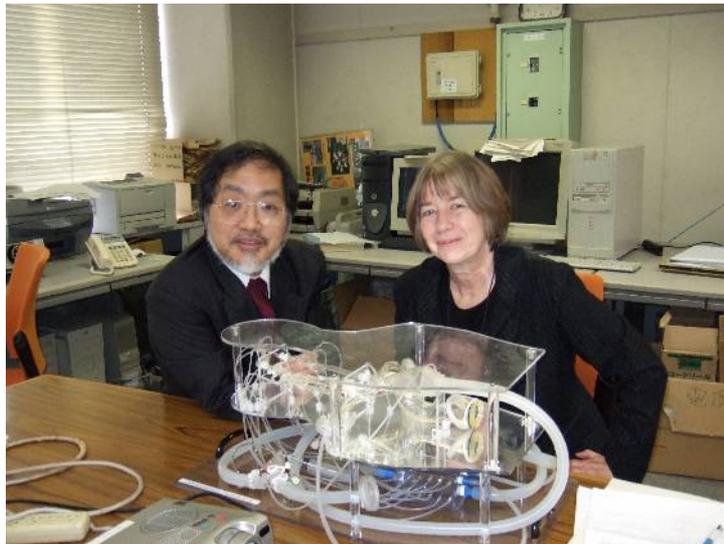
Cette mission avait pour objectif de continuer à poser des jalons pour explorer les conditions d'utilisation de la robotique chirurgicale au Japon et les directions dans lesquelles s'engage actuellement la recherche dans ce domaine.

Invitée dans un Symposium (Université de Chiba, 23-24 novembre 2007), l'auteur a prolongé son séjour, aidée par un soutien financier de l'Ambassade, grâce au Pr. Pierre DAUCHEZ (Attaché pour la Science et la Technologie). Ainsi a-t-elle pu, en particulier, se rendre deux jours à Nagoya, pour visiter le Département du Pr FUKUDA Toshio et rencontrer une spécialiste japonaise des systèmes cognitifs (Pr WATANABE Masako).

D'autre part elle a été, par l'intermédiaire du Dr Yves MIAUX, déjà cité à l'occasion de la mission précédente, invitée deux jours par la Fondation Honda à l'occasion de la remise du prix Honda à un chirurgien français.

### Entretiens, contacts, visites

- **Mme AKIYAMA Masako**, directrice du Centre White Cross (infirmières à domicile), Tokyo. Observation d'un soin au domicile d'une personne âgée.
- **Pr FUKUDA Toshio, Directeur de l'Institute for Advanced Research, Department of Micro-Nano Systems Engineering, Department of Mechanical Science and Engineering**, Université de Nagoya. Entretien. Visite de son laboratoire avec le Pr WATANABE Masako, rencontre avec son équipe. Rapport d'activité 2006 : *Robotics and Mechatronics*, Laboratory of Micro-Nano System Control, Université de Nagoya.



Pr FUKUDA Toshio et l'auteur. En premier plan EVE (système vasculaire)

- **Mme KITANAKA Junko**, anthropologue, Université McGill, Department of Social Studies of Medicine, Canada (projet de travail sur les simulateurs destinés à l'apprentissage des anesthésistes).
- **Mme OKAMOTO Yuko**, infirmière (chirurgie cardiothoracique), Faculté des Sciences Infirmières, Université de Chiba.

- **M. Benoît OLIVIER** (par le Pr WATANABE Masako), Directeur de l'Alliance Française à Nagoya.
- **Pr SAKAI Shizu**, Directeur du département d'Histoire de la Médecine, Université Juntendo, Tokyo.
- **Pr TSURUMARU Masahiko**, chef du service de chirurgie oesophagienne et gastro-entérologique de Hôpital de l'Université Juntendo (Tokyo).
- **Pr WATANABE Masako**, Professeure associée au Department of Educational Sciences, Graduate School of Educational and Human Development, Université de Nagoya. Champs de recherche : sociologie, psychologie expérimentale, pédagogie (par exemple comparaisons entre les systèmes d'apprentissage scolaire japonais, américains et français).

### **Recherche documentaire**

**Prix de la Fondation Honda** : Philippe Mouret, pionnier de la chirurgie endoscopique (*Laparoscopy: another means to see in surgery, another means to appraise surgery*), Hôtel Impérial, Tokyo, 19 novembre 2007. Discours de Philippe Mouret, publié par la Fondation Honda et disponible sur le Web ([www.hondafoundation.jp](http://www.hondafoundation.jp)).

**Visionnage de l'enregistrement d'une émission TV (NHK, juillet 2007) consacrée à un jeune pionnier constructeur de robots**, avec traduction et commentaires du Pr WATANABE Masako.

**Visite de *The Great Robot Exhibition*, Musée de la Nature et de la Science, Tokyo (grand public)**, visite avec une anthropologue et une infirmière japonaises (Université de Chiba). Achat du catalogue, photographies de l'auteur.

**Visite de l'Exposition *Apprendre avec Jean-Henri Fabre*, Musée de la Nature et de la Science, Tokyo.**

**Visite du Salon IREX, *International Robot Exhibition*, Tokyo International Exhibition Center, (professionnels)**, visite avec le Dr ONAGA Eimei, président de *Innovation Matrix* (Californie), et le Pr MAKINO Hiroshi, Université Yamanashi, pionnier de la robotique, consultant pour *Makino Automation*. Documents papier, DVD de *Barrett Technology Inc. (Advanced Robotics Arms and Hands)*. Photographies de l'auteur.

En ce qui concerne le **Musée des Robots** de Nagoya dont la visite était initialement prévue dans la mission, il a été fermé *sine die* le 1er octobre 2007. Quelques aperçus via Internet.

## SYNTHÈSE & QUESTIONS

L'anthropologie ne s'intéresse pas seulement aux faits et aux événements en eux-mêmes (pour autant qu'il en existe), mais au climat intellectuel, social, professionnel et affectif - en un mot culturel - dans lesquels ils sont produits ou se produisent. Les usages de la robotique en chirurgie au Japon sont à replacer dans l'évolution de la culture chirurgicale japonaise et dans l'ensemble des outils techniques aujourd'hui à la disposition des chirurgiens. Ils sont aussi à intégrer dans le large panorama de la robotique et des rapports privilégiés que la société japonaise entretient avec ce domaine.<sup>2</sup>

Le plaisir et le rêve sont communément associés aux robots, c'était visible au Salon IREX comme dans l'exposition du Musée de la Science et de la Nature, mais cela a été aussi explicitement mentionné par le Pr FUKUDA et ses collaborateurs, ainsi que par le créateur de robots interviewé par la NHK. La robotique est "bonne à imaginer", cela rejoint l'observation de Jean-François Sabouret : "*la quasi-totalité des ingénieurs japonais nés après la guerre reconnaît sa dette à l'égard de Tezuka*" et de son robot au coeur d'enfant, Astro Boy (*Tetsuwan Atomu* en japonais)<sup>3</sup>. Bien que les robots soient plutôt considérés comme des "*affaires de garçons*", le Pr WATANABE Masako se souvient encore de la chanson d'Astro Boy maintes fois entendue dans son enfance (tournant des années 60/70) : "*C'était aussi connu que la Marseillaise pour les Français*". Il n'est peut-être pas indifférent que TETSUKA Osamu, le grand créateur des *manga*, ait été médecin au départ et qu'il ait

---

<sup>2</sup> A signaler à ce propos l'ouvrage récemment dirigé par Jean-François Sabouret, *L'Empire de l'Intelligence. Politiques scientifiques et technologiques du Japon depuis 1945*, Paris, CNRS Editions, 2007. Voir en particulier Etienne Barral, "Robots au Japon. Le futur se conjugue au présent", pp. 97-106.

<sup>3</sup> *Op. cit.* p.13 et 106.

non seulement inventé Astro Boy, mais un personnage de chirurgien extraordinaire, Black Jack, ayant entre autres miracles fabriqué une femme-enfant à partir d'une tumeur...

Du côté chirurgical sont en question les conditions socio-professionnelles de l'adoption de nouvelles techniques. Un praticien français (chef de service de chirurgie cardiaque, CHU, entretien décembre 2007) pense par exemple qu'au Japon les freins principaux à l'utilisation du "robot" d'Intuitive Surgical sont :

- d'une part le "*népotisme*" qui conduirait au refus d'innovations portées par de plus jeunes et à l'étroit contrôle des activités des praticiens non chefs de service ;
- d'autre part l'existence d'une "*pléthore de chirurgiens*", d'où résulterait que chaque chirurgien opère peu et a donc peu d'occasions de s'approprier une nouvelle technique.

## **I. ENDOSCOPIE ET CHIRURGIE DIGESTIVE : UN PARCOURS FRANÇAIS.**

Un point de comparaison pourrait être fourni par les conditions dans lesquelles ont été adoptées les procédures endoscopiques en chirurgie digestive, car la robotique, comme les procédures endoscopiques, est en effet susceptible de remettre en cause les équilibres socio-professionnels et les repères culturels des praticiens<sup>4</sup>. En ce qui concerne la situation française, Philippe Mouret, lors de la remise de son prix par la Fondation Honda, a largement évoqué les difficultés qu'il a rencontrées au sein du milieu chirurgical, en tant que porteur d'innovation travaillant en clinique privée, à Lyon, et n'appartenant ni au sérail des professeurs d'Université, ni au secteur public (Centre Hospitalier Universitaire), ni au milieu parisien. Il montre aussi, par exemple, combien la notion d'*agression chirurgicale* était taboue chez les chirurgiens dans les années 70, 80 (sauf exceptions telles René LERICHE dès 1917 puis après la Seconde Guerre mondiale Henri LABORIT). Par conséquent, personne ne voyait alors l'intérêt d'une chirurgie préoccupée d'ouvrir le moins possible, et d'autant plus que, dans la mythologie chirurgicale, la grande ouverture faisait (et fait encore pour certains) le grand chirurgien... Enfin il y avait aussi que mêler l'endoscopie et la chirurgie c'était provoquer le choc de deux mondes, culture médicale et culture chirurgicale, qui

---

<sup>4</sup> Marie-Christine Pouchelle, "La robotique en chirurgie cardiaque : avancées technologiques et vacillements professionnels", Paris, Seuil, 2007, *Communications*, n°81, "Corps et Techniques", pp.183-199.

entretiennent, en France en tous cas, des rapports problématiques, assez souvent conflictuels.

D'après Philippe Mouret, les chirurgiens japonais seraient les seuls au monde à avoir adopté le procédé de suspension de la paroi abdominale qu'il a inventé en 1988, procédé qui remplace l'insufflation et permet une plus grande souplesse dans le choix ensuite de la démarche opératoire. Il serait intéressant de comprendre les raisons de la spécificité japonaise sur ce point précis, qui n'est pas un simple détail. Il est probable que là comme ailleurs, les arguments purement techniques ne sont pas seuls en cause. Par exemple on pourrait se demander si les Japonais ne sont pas sensibles au côté économique, au sens large, de la procédure, c'est-à-dire à sa simplicité, autant qu'à la souplesse déjà évoquée. Cela permettrait peut-être de mettre en perspective les attitudes des chirurgiens japonais, au moins ceux qui sont aujourd'hui au pouvoir (les plus de cinquante ans) vis-à-vis de la robotique : dans un premier temps, celle-ci n'apparaît-elle pas comme inutilement compliquée, allongeant les temps opératoires (et chère) ? Qu'en pensent les jeunes chirurgiens ?

Le discours de Philippe Mouret se termine sur une mise en garde : il regrette que ses confrères soient aujourd'hui plus intéressés par les nouvelles avancées technologiques pour elles-mêmes que par le perfectionnement de leur métier (gestes et cheminement opératoire). Qu'en est-il chez les chirurgiens japonais, alors que les Japonais en général sont souvent décrits comme fascinés par la science et la technologie ?

## **II. LES TRAVAUX DU DEPARTEMENT DES MICRO-NANO SYSTÈMES À L'UNIVERSITÉ DE NAGOYA, DIRIGÉ PAR LE PR FUKUDA TOSHIO.**

Le rendez-vous a été pris par le Pr WATANABE Masako, qui accompagne l'anthropologue lors de cette visite. Pierre DAUCHEZ, de l'Ambassade de France, roboticien lui-même, avait par ailleurs appuyé la demande. Le Pr FUKUDA a une vision très transversale des nouvelles technologies et des activités de son laboratoire, où travaillent des jeunes chercheurs orientaux de diverses nationalités (de l'Égypte à la Chine). Il ne souhaite pas se trouver enfermé dans une spécialité. Parmi les axes de recherche actuels, la dimension médico-chirurgicale la plus évidente est évoquée en dernier dans le rapport d'activité 2006 (pp.44-49). Mais certains autres travaux (manipulation de cellules par exemple) pourraient donner lieu à des applications diagnostiques ou thérapeutiques (p.43).

En ce qui concerne la place de la chirurgie robotique dans le laboratoire, on

notera que sur Internet la page d'accueil du laboratoire présente un coeur (en partie ouvert) où circulent des micro-systèmes robotisés (image de synthèse, novembre 07, [www.mein.nagoya-u.ac.jp/index.html](http://www.mein.nagoya-u.ac.jp/index.html)). Le choix de cette image du futur fait question en raison de l'impact de l'imaginaire du coeur, dans le public comme chez les professionnels. Pour les chirurgiens occidentaux, les interventions intra-cardiaques sont les plus valorisantes et correspondent à la dimension traditionnellement démiurgique de leur métier. Comment se placent exactement les chirurgiens et les roboticiens japonais dans ce domaine ?

Le Pr FUKUDA mentionne spontanément le rêve (*dream*) à propos de la robotique. Il évoque sa lecture des mangas (*Gundam*) quand il était enfant. Dès 13-15 ans, il a acheté des livres expliquant le fonctionnement des robots. Il aimait la mécanique caractéristique des robots et aurait souhaité fabriquer un Gandara (dragon guerrier). Il souhaitait surtout "*créer quelque chose qui n'existe pas dans la nature*". Compte tenu de l'importance que revêt aussi l'imitation de la nature pour le Pr FUKUDA comme pour les chercheurs japonais en général, c'est un trait qui reste à interpréter, sachant qu'il n'y a pas au Japon de tabou sur la démiurgie comme on en connaît en Occident (Etienne BARRAL, "Robots au Japon", in SABOURET, *op. cit.*, pp103,104).

Le rapport d'activité (2006) souligne une "*strong collaboration with industries and other research institutes*". Le laboratoire participe à de vastes projets nationaux ("*Micro-machine Technology, Intelligent Manufacturing System, SAKIGAKE research 21, Humanitarian demining project*"). Il organise tous les ans un Symposium International de *Micromechatronics and Human Science*.

L'impression générale retirée de la visite c'est, indépendamment des articulations institutionnelles Université/Industrie, un mélange intéressant entre recherche fondamentale, forte dynamique scientifique, position philosophique voire métaphysique et éthique, empirisme, aspects pratiques. A relever une certaine méfiance envers la spéculation théorique : on ne peut pas prouver le Big Bang, mais on peut faire fonctionner un robot. Le tout avec une certaine coloration ludique.

Axes de recherche présentés dans le Rapport d'Activité 2006 (§ 1 à 10) :

- *Self-organizing robotic system*. Comment faire travailler ensemble des unités robotiques (modèle : l'organisation des fourmis).
- *Machine Learning of Intelligent Robotic System*. Comment apprendre à

un robot à s'adapter à son environnement, conception d'un "robot apprenant" (modèle : le cas particulier du déplacement brachial des gibbons de branche en branche).

- *Dynamically dexterous robots with multiple kinds of locomotions*. Robot capable de divers modes de locomotion (modèle : le gorille).
- *Intelligent Human Machine Interface Considering Interactive Adaptation*: contrôle des engins (grues) en terrain accidenté.
- *Intelligent Control by Soft Computing* (modèle : l'apprentissage chez les bébés) : fabrication de programmes d'apprentissages hiérarchisés pour les robots.
- *Humanitarian Demining Robot*.
- *Microrobotic System and Micromechatronics* : par exemple micro-systèmes robotiques mobiles se déplaçant dans des tuyaux. Travail avec des silicones.
- *Bio-micro Manipulation System and Bio-MEMS* : manipulation directe et indirecte de cellules, de microbes et de molécules ADN.
- *NanoLaboratory based on Nanorobotic Manipulation Stem* : par exemple nano-pipette de verre pour l'analyse d'une cellule isolée (p.42).
- *Medical Assistance System for Intravascular Neurosurgery* (voir ci-dessous).

Parmi les axes des recherches antérieurement menées dans le laboratoire (§ 11 à 28), on peut relever la télé-manipulation et le délai de transmission qu'elle implique, le contrôle de l'intensité de l'impact entre le robot et son environnement. A été aussi travaillée l'adaptation des robots à leur environnement humain, l'inclusion de paramètres émotionnels dans la programmation des systèmes (§ 23, 26, 28), ainsi que la mesure visuelle de la fatigue (expressions du visage, mouvements) chez l'homme (p.27).

### **Thèmes abordés lors de l'entretien avec le Pr FUKUDA :**

**Déplacement d'un robot avec les bras (singe) :** coordination de l'appréciation visuelle et du mouvement (vidéo).

### **Coopération des robots entre eux (sur le modèle des fourmis)**

La coopération est un modèle de comportement social de base au Japon, et le Pr WATANABE Masako y insiste (voir plus loin). Pour sa part le Pr FUKUDA illustre

l'efficacité de ce modèle en citant une célèbre histoire d'un seigneur japonais dont le pouvoir reposait sur trois fils : trois flèches réunies sont plus difficiles à casser qu'une seule, commente-t-il. Il s'agit donc pour les humains de travailler ensemble (et manifestement il entretient autour de lui une équipe chaleureusement soudée). Même chose pour les robots.

Dans cette perspective sont alors censées converger harmonieusement les lois de la physique, de la socio-biologie et de la robotique<sup>5</sup>. Est montré un film vidéo où l'on voit la manière dont se mélangent deux flux de "boules" : le mélange se fait spontanément par l'avancée boule par boule de chaque flux alternativement. Le Pr FUKUDA considère qu'il existe des phénomènes socio-biologiques comparables et prend les fourmis comme modèle. Il s'agit d'"apprendre" aux robots qui doivent travailler ensemble à se comporter comme les fourmis.

### **Manipulation des cellules**

Passage de micro-outils concrets (micro-main en acier) au laser, ou à la modification de champs magnétiques (expériences sur des levures). Vidéo sur la *Danse des cellules [de levure]*. Les cellules sont attrapées par des micro-perles dirigées par un laser. Deux microperles poussent une cellule. En organisant un "collier" de micro-perles, il est possible d'isoler une cellule.

### **Micro-chirurgie robotique**

Le Pr FUKUDA présente un prototype de "micro-robot" susceptible de traiter les anévrismes des artères cérébrales et mentionne qu'il y a à Pise un chercheur qui travaille sur des micro-robots susceptibles d'intervenir à l'intérieur du coeur. Le concept est bien présent dans le laboratoire (cf la page d'accueil déjà mentionnée).

Pour la cure des anévrismes, il s'agit d'introduire dans les vaisseaux, par l'intermédiaire d'un cathéter (1mm de diamètre) et d'une sonde, des "micro-robots" qui n'ont pas d'autonomie véritable puisqu'ils ne peuvent pas se déplacer tout seuls. Ils sont placés par la sonde. Un capteur de force mesure la pression du dispositif sur les vaisseaux, et fournit une "sensation tactile" jusqu'ici inaccessible aux médecins (p.6 du rapport).

Le traitement consiste à emboliser l'anévrisme en introduisant, par le "micro-robot", une "pelote" (*coil*) qui va remplir l'anévrisme et le protéger contre la pression du

---

5 Sur la problématique socio-biologique en génétique du comportement voir Sophie Houdart, *La Cour des Miracles. Ethnologie d'un Laboratoire Japonais*, Paris, CNRS Editions, 2007.

flux artériel. Le modèle en silicone permet de faire une simulation préalable de cette l'embolisation et permet la *vizualisation of vascular wall stress using photoelactic effects*. Ainsi est-il possible de choisir entre plusieurs stratégies opératoires.

Ce sont les chirurgiens qui manoeuvrent les cathéters. Le Pr FUKUDA travaille depuis 17 ans avec des chirurgiens à la *Haza University School*.

Le Pr FUKUDA signale les travaux du Pr IKUTA Koji sur la question de la robotique chirurgicale et le système maître/esclave. Spécialisé dans les micro-machines biomédicales (Bio-MEMS), il est l'inventeur du premier endoscope actif.

### **Modèle du système artériel en silicone : *Comprehensive Simulator for Endovascular Intervention***

L'expérimentation animale (chiens) n'ayant pas donné de résultats satisfaisants, il a fallu réaliser un modèle en 3 D du système artériel cérébral. Ce modèle en silicone, *EVE*, est maintenant fabriqué dans une entreprise créée par un ingénieur du laboratoire, la Fain-biomedical Inc., Nagoya ([www.fain-biomedical.com](http://www.fain-biomedical.com)) (rapport d'activité p.82). Cet artefact reproduit les propriétés physiques du tissu vasculaire (élasticité et coefficient de friction). Une pompe permet de simuler le flux sanguin.

*EVE*, "*Patient specific Endo-vascular Educator*" ("*a realistic endovascular surgery simulation*") reproduit une grande partie du système vasculaire, sauf la moitié inférieure des jambes. Ce modèle peut servir à l'apprentissage de la chirurgie endovasculaire en général. Il peut aussi permettre l'évaluation des compétences des praticiens confirmés, ainsi que le choix d'une stratégie thérapeutique. Le Pr FUKUDA insiste sur le fait qu'il y a beaucoup de robots sur le marché, mais peu de systèmes d'apprentissage, d'entraînement et d'évaluation. Un modèle spécifique (trois versions possibles) peut être fabriqué pour chaque patient à partir de données recueillies par l'imagerie médicale (IRM). *Patient-specific Model of Cerebral Artery*.

Certes le nom d'*EVE* est fortement connoté dans les esprits occidentaux. A la question de l'auteur le Pr FUKUDA répond qu'en l'occurrence la dénomination relève d'une erreur informatique : il était prévu de l'appeler EVENT. Quoi qu'il en soit le modèle présenté est féminin et a reçu en 2006 un prix de Design (cf. p.82 du Rapport d'activité du Laboratoire). Ceci est à mettre en relation avec d'autres exemples de mannequins-patients-robotisés à apparence féminine. Ainsi celui qui a été fabriqué dans les années 80 pour

l'apprentissage des manoeuvres de réanimation et qui était d'abord uniquement un torse d'homme. A la demande des premiers testeurs (les pompiers), il lui a été donné une apparence féminine et des jambes (entretien avec le Pr MIYAMOTO Hiroyuki, Université de Chiba, avril 2007, environ 500 exemplaires ont été commercialisés). Il faut aussi citer le robot humanoïde (Simroid) sensible à la douleur, qui, destiné à la formation des chirurgiens-dentistes, a aussi l'apparence d'une femme. Cet aspect entre en résonance avec les résultats des travaux de l'auteur sur la culture hospitalière en France, qui concluent au statut "féminin" de tout patient, quel que soit son sexe biologique, la thérapeutique, surtout chirurgicale, obéissant traditionnellement à un modèle guerrier, quel que soit le sexe du ou de la thérapeute<sup>6</sup>.

Le Pr FUKUDA souligne qu'habituellement les chirurgiens s'entraînent sur des animaux (cochons, chiens), puis passent directement aux sujets humains. Il trouve préférable qu'on se serve de simulateurs pour tester et s'entraîner avant de passer aux humains. De sorte que lorsqu'on fabrique un robot thérapeutique il faut l'accompagner d'un robot-patient : "*we should respect human dignity*". Il craint que les médecins et les chirurgiens ne soient pas toujours assez attentifs aux patients. "*We should think about the patient...*" (sur cette question voir la série de manga de SYUHO Sato, *Say Hello to Black Jack*, 2003, où est retracé le parcours difficile d'un jeune interne véritablement soucieux du patient). Il semble qu'il y a deux ou trois ans, des médecins japonais (hôpital universitaire) aient été jugés en raison de la mort d'un patient qu'ils avaient opéré (avec un système robotique ?) sans être suffisamment formés.

### III. CULTURE JAPONAISE ET ROBOTIQUE. QUELQUES ASPECTS.

#### III.1 *Top Runner*, série TV (NHK)

Destinée aux jeunes cette série présente des pionniers et des héros, probablement comme des modèles destinés à susciter l'enthousiasme d'une génération dont la démotivation inquiète les autorités, à en juger par l'article *Let's heat "cold" Japan* du Pr KITAZAWA Koichi, président de la JSTA (Japan Science and Technology Agency), (<http://sciencelinks.jp/content/view/577/33/>, page consultée le 16 mars 2008).

L'émission qui a été visionnée avec le Pr WATANABE et grâce à elle (enregistrée en

---

6 Marie-Christine Pouchelle, *L'Hôpital ou le Théâtre des Opérations*, Paris, Seli Arslan, 2008.

juillet 2007 par son mari), présente longuement un jeune ingénieur, M. TAKAHASHI (32 ans), créateur des robots *Kuroi* et *Cloino* (2004), *Astrid Robot*, *Néon* (2003), *Robovie* (2005, communique avec l'homme).

M. TAKAHASHI insiste sur la “gentillesse” dont doivent être dotés les robots. Le futur : les robots comme intermédiaires entre les hommes et les machines. Il pense que dans 15 ans chaque famille aura un robot à la maison.

Lorsque M. TAKAHASHI était enfant, son père, médecin, lisait *Astro Boy*, le manga de TETSUKA Osamu. C'est ainsi que TAKAHASHI l'a découvert et qu'il a voulu devenir un célèbre créateur de robot comme le personnage imaginé par TETSUKA, le Dr Akase OCHANOMIZU.

Entré en 1999 à l'Université de Kyoto, en ingénierie, M. TAKAHASHI se présente comme un créateur solitaire et, de manière apparemment atypique pour un japonais (?), revendique son isolement comme nécessaire, selon lui, à l'aboutissement de ses conceptions. Il est en cela proche du modèle de l'artiste (à la manière occidentale). Sa méthode de travail : rêve et empirisme :

- “*think about it lying on bed*” ;
- prend modèle sur la nature : quand il a des difficultés avec une articulation, il observe une cuisse de poulet ;
- ne fait pas de plan préalable. Observer, toucher, sentir valent mieux que la théorie.

Question de l'interviewer : “*Que sont les robots pour vous ?*”. TAKAHASHI : “*C'est un rêve*”.

Mais le plus important pour les jeunes en général c'est, d'après TAKAHASHI, de “*se servir de ses mains et de faire quelque chose. En touchant on évalue ce qu'on a fait*”. On notera ici que le créateur de robot est dans une position inverse de l'évolution de la robotique chirurgicale, où les chirurgiens seraient amenés à renoncer au toucher pour ne plus intervenir que sur le plan, tout virtuel, de la “réalité augmentée”.

### **III.2 Culture japonaise et modèles de comportement : les travaux du Pr WATANABE Masako.**

Le Pr WATANABE Masako, sociologue, professeur associée à la Graduate School of Education and Human Development de l'Université de Nagoya, a fait de nombreux commentaires au fur et à mesure du visionnage de l'émission consacrée à M. TAKAHASHI. Elle le considère comme "*un poète*". Si au Japon on peut être "*poète*" et guerrier, on peut être sans doute aussi bien "*poète*" et ingénieur. Voir plus loin le statut au Japon de notre entomologiste, Jean-Henri FABRE.

Elle insiste sur le côté atypique de M. TAKAHASHI, qui travaille en solitaire et le revendique, alors que le modèle dominant au Japon est celui de la coopération.

Actuellement le Pr WATANABE travaille sur les modes de perception des images de bandes dessinées en fonction des origines culturelles. Mais il y a quelques années, elle a mené des recherches comparatives (Japon, USA, France) sur la manière dont on apprend dès l'enfance à travailler ou non en équipe. Dans les écoles primaires, lorsqu'il s'agit d'exécution des tâches qui concernent tout le monde :

- au Japon les écoliers sont entraînés à faire ensemble un maximum de choses: les groupes d'enfants sont formés par décision de l'instituteur, sans rôles spécifiques attribués. Les enfants doivent observer le comportement de leurs condisciples, voire deviner leurs intentions. L'instituteur observe l'ensemble et attend. Au bout d'un mois les enfants savent s'organiser en fonction des compétences de chacun, et le groupe devient très efficace. Ce qui est d'abord valorisé, c'est la capacité des individus à former un groupe, capacité qui est considérée comme la condition nécessaire de l'efficacité. Dans un premier temps la réalisation de l'objectif est donc relativement secondaire. D'après le Pr WATANABE, l'idéal au Japon serait de coordonner sans donner d'ordres.
- Aux USA : l'instituteur attribue d'emblée un rôle à remplir à chaque élève. Il n'y a pas de recherche de coordination.
- En France : l'instituteur commence par demander aux enfants avec qui ils veulent travailler. Et s'ils veulent accomplir la tâche tout seuls c'est aussi possible. Ce serait impensable au Japon.

### III.3 *International Robot Exhibition (Tokyo, 28 novembre).*

De taille imposante, cette exposition tournait en majorité autour des robots industriels. Etaient aussi exposés des robots de service, avec parfois un côté ludique : robot capable de réordonner un Rubik's Cube, robot joueur de ping-pong, etc.

Relativement peu de choses sur la santé, en dehors de dispositifs destinés aux handicapés et quelques "robots" tels que :

un "bébé-robot" : *RealCare Baby* (3 kg, 50cm), destiné à l'apprentissage des gestes quotidiens pour les personnes ayant à s'occuper de bébés, commercialisé par Yamazaki (68000 yens).

Trois robots-thérapeutes (dimension psycho-physiologique) :

- *HERBY, Human Interface Robot Baby* (Université Waseda, Kabe Laboratory), destiné plutôt aux personnes âgées souffrant de la maladie d'Alzheimer. L'Université Waseda a en projet *TOCCO*, petit panda supposé pouvoir redonner le goût de vivre aux personnes âgées (*"The robot may raise the natural health control of the senior citizens, and provide "smile" to improve the immunity power for the disease"*).
- *PARO, "therapeutic robot"* (AIST, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology). Petit phoque blanc recouvert de fourrure artificielle "antibiotique". Il était également présent et abondamment caressé par enfants et adultes à l'Exposition du Musée de la Science et de la Nature. Spécialement construit sur une visée thérapeutique : ses effets sont conçus comme psychologiques (relaxation, motivation), physiologiques (amélioration des paramètres vitaux), sociaux (amélioration de la communication entre les patients hospitalisés et les soignants). Sur le site Internet, images d'un enfant en réanimation et de deux personnes âgées. *"It is said that 84 million people in the world will be suffering from dementia in 2040. The robot therapy using Paro has high potential to prevent dementia"* (<http://paro.jp>).

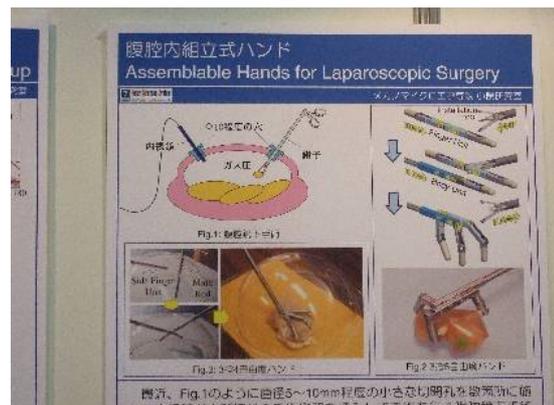
S'agissant du rapport aux animaux et à la santé, *Paro* est peut-être à mettre en relation avec le petit monument consacré à la première chienne thérapeute (Tokyo, non loin du théâtre national dédié au Kabuki). Ce monument voisine d'ailleurs avec un ensemble

illustrant très concrètement le système de la réflexologie plantaire... (26 novembre 2007).

### **Absence de la chirurgie, sauf deux exceptions :**

Etait présenté au Salon, par la compagnie Kokoro qui a antérieurement créé une réceptionniste-robot (*Actroid*), la patiente-robot *Simroid* déjà mentionnée, “patiente” aux dents sensibles, destinée à l’apprentissage des chirurgiens-dentistes (film vidéo sur le site Internet qui lui est dédié).

D’autre part, sur un stand placé sur une bordure peu passante de l’exposition, l’Institut de Technologie de Tokyo (Laboratoire du Pr KOMATA) présentait une “main” assemblable à l’intérieur du site opératoire (Assemblable Hands for laparoscopic surgery) ainsi qu’un système destiné aux sutures (Assemblable Pursestring Suturing Instrument) : photos ci-jointes.



### **III.4 Musée de la Science et de la Nature (Tokyo), deux expositions côte à côte : *The Great Robot Exhibition, Apprendre avec Jean-Henri Fabre.***

Le clou de l’exposition grand public consacrée aux robots était sans conteste le robot *Asimo* présenté dans une salle spéciale par Honda, avec séances de démonstration (longues files d’attente pour être admis). L’enthousiasme de mes accompagnatrices (une anthropologue et une infirmière) fut très significatif.

La couverture du catalogue de l’exposition est très suggestive : sur fond d’un décor archaïsant (motif du yin et du yang), une créature de rêve, style science-fiction, à allure féminine, possédant six bras (ou pattes) (comme certaines déités du panthéon bouddhique) et

Chirurgie, robotique, culture japonaise : une première esquisse

au “ventre” lumineux. Dispersés sur l’image, de la taille de son visage, trois automates anciens (*Karakuri*), *Atom*, sept robots récents humanoïdes (dont *Asimo*), *PaPeRo* (Partner Personal Robot, NEC Corporation), le chien *Aibo* de Sony, et un robot industriel (“bras” sur un socle).

Le catalogue est divisé en trois secteurs, qui correspondent aux trois dimensions de l’exposition : “*Karakuri*” (les japonais et les automates dans l’histoire), “*Robot*” (réalisations actuelles), “*Imagination*” (la part du rêve), qui commence évidemment par l’*Atom* (*Astroboy*) de OZUKA Tetsamu.

Une série impressionnante de “personnages” tirés des *manga* a retenu l’attention des visiteurs.



Du côté des robots de service : le robot *Myspoon* destiné à faire manger les personnes âgées et handicapées. Dans un cas de ce genre, le robot représente un soulagement pour la personne aidée : d’après une Japonaise (vivant à Paris) il est facile de “dire non” à un robot, alors que, compte tenu des codes de comportement au Japon, il est très difficile de refuser la proposition de quelqu’un.

Parallèlement à cette exposition s’en tenait une autre, consacrée à l’entomologiste français Jean-Henri FABRE et aux insectes : “*Apprendre avec Jean-Henri Fabre*”. Cette coïncidence n’est peut-être pas fortuite, FABRE étant d’ailleurs très célèbre au Japon où il a

été traduit dès 1922. Ses oeuvres complètes ont été rééditées en 2005. Il y a un Musée Fabre à Tokyo, et FABRE serait apprécié au moins autant comme “poète” que comme scientifique. L’exposition du Musée de la Science et de la Nature circule maintenant au Japon, dans le cadre du cent cinquantième des relations franco-japonaises : d’abord à Fukuoka, déc.2007-fév.2008 (Fukuoka qui se veut aussi dédiée à la robotique, cf. l’espace Robosquare visité au printemps 2007) et à Otsu, Musée du Lac Biwa, avril 2008-août 2008.

Ainsi avons-nous, à Tokyo, en cet automne 2007, d’un côté des robots “humanisés”, de l’autre côté un entomologiste qui a consacré toute sa vie à la vie biologique et sociale des insectes (ce qui n’a pas manqué de le faire parfois considérer comme un “extra-terrestre” par ses voisins provençaux). Dans notre imaginaire occidental les insectes (au sens large) sont les animaux les plus éloignés de l’humanité, mais leur vie sociale est parfois le modèle explicite, au Japon, de la coopération envisagée pour les robots (cf. plus haut le Pr FUKUDA). Certains robots tout-terrain sont d’ailleurs conçus sur le modèle des insectes (locomotion à pattes multiples), et pas seulement au Japon.

