

**LES SCIENCES HORS D'OCCIDENT
AU XX^e SIÈCLE**

**SÉRIE SOUS LA DIRECTION
DE ROLAND WAAST**



VOLUME 5

**SCIENCES
ET
DÉVELOPPEMENT**

MARTINE BARRÈRE
ÉDITEUR SCIENTIFIQUE

CRISTOM
éditions

**LES SCIENCES HORS D'OCCIDENT
AU XX^e SIÈCLE**

20TH CENTURY SCIENCES:
BEYOND THE METROPOLIS

VOLUME 5

**SCIENCES
ET
DÉVELOPPEMENT**

SCIENCES AND DEVELOPMENT

La matière des ouvrages de cette série doit beaucoup au colloque « Les sciences hors d'Occident au XX^e siècle », qui s'est tenu à l'Unesco en septembre 1994. Nos remerciements vont à ses co-organisateurs :

- ✱ à l'Orstom, en particulier à MM. Levallois et Winter, alors président et directeur général : sans leur volonté, cet événement n'aurait pas eu lieu ;
- ✱ et à l'Unesco, en particulier à M. Sasson, directeur général adjoint, dont l'activité fut inlassable.
- ✱ ainsi qu'aux organisateurs des Ateliers du Colloque, découvreurs de la bonne matière : A. Cauty, P. Calame, R. MacLeod.

Merci à tous ceux qui firent de cette réunion la promesse de rencontres futures : en particulier à Isaline Buisson, à Claude Monnet et Jean-Yves Martin, coordinateurs ; ainsi qu'à Laurence Porgès, responsable du secrétariat administratif, C. Depont et M^{me} Rouby qui l'ont assuré.

Merci enfin à l'équipe en charge de la publication des Actes du colloque et à tous les membres du Comité de lecture, qui ont dirigé le choix des textes et veillé longuement à leur re-travail.

Direction scientifique: Martine Barrère †, Christophe Bonneuil, Yvon Chatelin, Jacques Gaillard, Anne-Marie Moulin, Patrick Petitjean, Terry Shinn, Roland Waast.

Coordination éditoriale: Marie-Lise Sabrié.

Secrétariat: Corinne Dimey, Isabelle Vieira.

Traducteurs: Françoise Arvanitis, Olivier de Broca, Sébastien Mollet.

Révision des textes: Nicholas Flay (pour l'anglais), Marie-Lise Sabrié (pour le français).

Illustration cartographique: Catherine Valton – ORSTOM LCA.

Photo de couverture: Tom Van Sant / Geosphere project, Santa Monica : Science Photo Library.

Couverture et maquette: Marie-Agnès Bray.

Mise en page: Atelier Christian Millet.

**LES SCIENCES HORS D'OCCIDENT
AU XX^e SIÈCLE**

20TH CENTURY SCIENCES:
BEYOND THE METROPOLIS

**SÉRIE SOUS LA DIRECTION
DE ROLAND WAAST**

VOLUME 5

**SCIENCES
ET
DÉVELOPPEMENT**

SCIENCES AND DEVELOPMENT

MARTINE BARRÈRE
ÉDITEUR SCIENTIFIQUE

ORSTOM Éditions

L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION
PARIS 1996

Cet ouvrage a pu être publié grâce au soutien
des organismes suivants



l'Institut français
de recherche scientifique
pour le développement
en coopération



Organisation des Nations Unies
pour l'éducation, la science
et la culture



Centre Technique
de Coopération Agricole
et Rurale ACP-UE

Le Centre technique de coopération agricole et rurale a été fondé en 1983 dans le cadre de la Convention de Lomé entre les États membres de l'Union européenne et les États du groupe ACP (Afrique, Caraïbes, Pacifique). Le CTA est à la disposition des États ACP pour leur permettre un meilleur accès à l'information, à la recherche, à la formation et aux innovations dans les domaines du développement agricole et rural et de la vulgarisation. Pour atteindre cet objectif, le CTA commande et publie des études ; organise et apporte son soutien à des conférences, ateliers et séminaires ; édite ou coédite une grande diversité d'ouvrages, comptes rendus, bibliographies et annuaires ; renforce les services de documentation dans les pays ACP ; et propose un important service de documentation.

© ORSTOM Éditions 1996

ISBN : 2-7099-1294-5 (édition complète)	ISBN : 2-7099-1297-X (volume 3)	ISBN : 2-7099-1300-3 (volume 6)
ISBN : 2-7099-1295-3 (volume 1)	ISBN : 2-7099-1298-8 (volume 4)	ISBN : 2-7099-1301-1 (volume 7)
ISBN : 2-7099-1296-1 (volume 2)	ISBN : 2-7099-1299-6 (volume 5)	

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

VOLUME V

SCIENCES ET DÉVELOPPEMENT

Avant-propos : Hommage à Martine Barrère	7
Martine Barrère , <i>Chercheurs et citoyens. Science et société : quelle raison partager ?</i>	9

I STRATÉGIES

Table ronde autour de Martine Barrère , <i>Faut-il au Tiers monde des sciences ou des techniques ?</i>	29
avec la participation de : Larbi Bouguerra, Christian Comélieu, Alain Darthenucq, David Kaplan, José Leite Lopes, Jean-Jacques Salomon.	
José Leite Lopes , <i>L'éducation scientifique est la base révolutionnaire du développement</i>	43
David Kaplan , <i>Science and Technology in a Democratic South Africa</i>	49
Ian Inkster , <i>Into the 20th Century: Patterns in the Relations between Science, Technology and the State during the Early Industrialisation Process</i>	67
Stephen Hill , <i>Les atouts du petit joueur : comment tirer profit de la mondialisation de la technologie lorsqu'on est un pays en développement ?</i>	97
Table ronde autour de Pierre Calame , <i>Difficile dialogue entre chercheurs et acteurs de développement</i>	113
avec la participation de : Rigas Arvanitis, Jean-Paul Duchemin, Pierre Gazin, Mr Greslou, Bernard Hours, Bernard Husson, Michel Levallois, Gus Massiah, Anne Querrien, Alain Ruellan.	

II TRANSFERTS ET APPROPRIATION

Deborah Fitzgerald , <i>Who Is Developing Whom ? Reflections on American Science Abroad</i>	131
Jean Ruffier , <i>Savoirs, cultures et stratégies de communication dans les transferts de technologies</i>	139
Robert Kargon and Stuart Leslie , <i>Translating American Models of the Technical University to India and South Korea</i>	153
Arturo Lara Rivero , <i>Le transfert du savoir-faire technologique : les entreprises japonaises au Mexique</i>	167
Table ronde autour de Geoffrey Oldham , <i>Femmes, science, technologie et développement</i>	179
avec la participation de : Jeanne Bisilliat, Renée Clair, Suzanne El Kenz, Maria Margaret Lopes, Beatriz Ruivo.	

III DÉMOCRATISATION

1) Didactique

André Cauty , <i>L'ethno-éducation en Colombie</i>	201
Paulus Gerdes , <i>On Ethnomathematics and the Transmission of Mathematical Knowledge in and outside Schools in Africa South of the Sahara</i>	229
Paulo dos Santos Rodrigues & Leopoldo de Meis , <i>Challenges for Science Education in the Western Hemisphere : A Brazilian Perspective</i>	247

2) Popularisation

Maria Margaret Lopes , <i>Le rôle des musées, de la science et du public au Brésil</i>	261
Roy MacLeod , <i>Museums in the Pacific : Reflections on an "Introduced Concept" in Transition</i>	275
Madangaraly P. Parameswaran , <i>Kerala Sastra Sahitya Parishad : Yesterday, Today, Tomorrow</i>	281

AVANT-PROPOS

Hommage à Martine Barrère

Martine Barrère nous a quittés.

Nous l'avions priée de nous aider à organiser le Colloque *Sciences hors d'Occident au XX^e siècle*. Elle était inquiète du lien de ces sciences avec leur société. Ses interpellations constantes (sur la démocratie, la didactique, la citoyenneté) résonnaient à toute force. Il fallait prendre le point de vue des femmes, s'interroger sur l'enseignement et la popularisation des sciences, faire le bilan des contributions au développement, s'inquiéter du rapport des scientifiques avec d'autres que les gouvernants... Sur ces thèmes, Martine a pris en charge une entière session. Elle en a conçu ateliers et tables rondes. Elle a donné un ton, imposant de parler vrai. Elle a choisi des intervenants, qui n'ont pas esquivé les débats. Elle-même a dirigé une table ronde mémorable. On en lira plus loin la teneur ; mais comment rendre l'animation des discussions, et la satisfaction dont bruissait l'assemblée qu'elles aient été si explicites ?

Le Colloque fini, Martine a participé au petit cercle chargé de la publication. Elle a contribué à la sélection de la bonne matière, à sa répartition en fascicules ; elle s'est chargée d'éditer le volume *Sciences et développement*. Elle a mené à bien les tâches les plus ingrates : la proposition de lecteurs anonymes et critiques ; le suivi des auteurs retenus, priés de réélaborer leurs textes. Restait à rédiger l'introduction de ce livre, pour donner une perspective d'ensemble. Elle n'a pas eu le temps de le faire.

Nul ne pouvait la remplacer. C'est à *Global Chance* (un journal et un mouvement, qu'elle avait co-fondés), que nous devons la révélation d'un ultime article, resté impublié. Le texte traite non du tiers-monde, mais du monde en sa diversité : et de la place sociale et culturelle, que la science aujourd'hui s'y crée. Nous y avons retrouvé toutes les préoccupations qui ont décidé Martine à se joindre à nous. Nous le présentons en exergue de son ouvrage. Merci à J.-Y. Barrère, qui l'a permis ; et à la revue *Esprit*, qui nous en a donné l'aimable autorisation.

Martine nous manque. Son livre témoigne de l'esprit qui animait son action. Notre vœu est que le lecteur s'en empare ; et qu'il lui donne ses prolongements.

Sciences hors d'Occident
Le Comité éditorial

CHERCHEURS ET CITOYENS

**Science et société :
quelle raison partager ?**

Martine Barrère

« Il faut construire une autre science, fondée sur de nouveaux rapports entre les scientifiques et les citoyens », écrivait récemment Martine Barrère. A l'origine, le texte dans lequel elle tenait ses propos, et que nous reproduisons ici, devait paraître dans un ouvrage collectif intitulé « Organisation de la recherche et conformisme scientifique ». Il a finalement été refusé par ses commanditaires, sans doute parce que jugé trop... anticonformiste. Il paraîtra prochainement dans la revue Esprit, qui s'était engagée auprès de Martine à le publier. G.C.

La science n'existe pas sans communication. Cette caractéristique la distingue de toutes les activités conduites dans la société. Bien plus, la science est fondamentalement communication. Une avancée théorique ou un résultat expérimental n'acquiescent valeur de science que par leur communication à d'autres scientifiques, et par là même la confrontation à la critique. L'installation de la science moderne au cours des cinquante dernières années avec la création d'organismes de recherche structurés, dotés de budgets, de personnels qualifiés et d'objectifs planifiés s'est accompagnée de la mise en place systématique de publications spécialisées qui ont formalisé cette communication publique des résultats scientifiques. La validité d'un résultat a dès lors été conditionnée à sa publication écrite, après avoir subi l'examen d'arbitres pris parmi les pairs. C'est cette pratique qui donne à la science sa légitimité et sa dimension universelle.

En parallèle, et comme en réponse, se sont développées les initiatives de vulgarisation scientifique, principalement dans la communication écrite. Les publications se sont multipliées dans le monde pour tenter de distribuer le savoir que les scientifiques amassaient dans leurs laboratoires. C'est ainsi, en caricaturant, que deux formes de communication de la science cheminaient de concert. L'une qui était sa raison d'être, et l'autre qui lui donnait sa justification sociale. En effet, l'institutionnalisation des revues spécialisées a eu pour conséquence l'exclusion de la science du regard social. Elle en a fait une activité fonctionnant principalement sur une logique interne dont la poursuite

ininterrompue des connaissances est le credo, ce qui par là même en consacre la neutralité et l'isolement par rapport à la société.

Mais, depuis une vingtaine d'années, insidieusement, la situation a changé. Le « toujours plus loin » de la science s'est traduit par la mise en place d'une science de plus en plus étroite et spécialisée, de chercheurs de plus en plus nombreux, de besoins techniques de plus en plus sophistiqués et, en corollaire, de besoins financiers de plus en plus élevés. Aujourd'hui, les responsables politiques hésitent à se lancer dans des investissements lourds pour le budget des États et cherchent l'aval d'une opinion publique bien mal préparée à s'exprimer sur le sujet. Après avoir puisé dans les ressources militaires, la science recourt maintenant à celles du secteur industriel. La contrepartie est immédiate : les brevets remplacent ou devancent les publications primaires dans de nombreux secteurs de recherche. En outre, le mode de développement libéral qui se généralise dans le monde impose la bataille pour la première place. La science n'échappe pas à cette évolution : les publications rapides dans les grands médias et le courrier électronique prennent le pas sur la rigueur scientifique et la publication dans les revues à comité de lecture. L'accréditation par les pairs n'est plus le moteur de la science et sa communication interne son mode de fonctionnement principal. Les fondements traditionnels des processus de production de la science vacillent. D'autres se dessinent ; ils s'appuient, en tout état de cause, sur de nouveaux modes de communication avec la société. C'est sur l'histoire de cette évolution récente, particulièrement en France, que nous allons nous pencher. Entendons-nous bien, la communication n'est pas comprise avec l'étiquette restrictive que nous lui donnons souvent aujourd'hui, symbolisée par une flèche allant de « l'enseignant » à « l'enseigné ». Nous nous intéressons à « la mise en relation », dans les deux sens, entre la société et la science.

La demande sociale : de la rue au Parlement

Mai 1968. La France est en émoi : contestation de la société, grèves ouvrières, mal universitaire. La science n'échappe pas à la remise en question ; elle apparaît à certains comme un objet élitiste, ne répondant pas aux besoins du plus grand nombre. La « demande sociale » envers la science fait son apparition dans les discours, des scientifiques se lancent dans la contestation des institutions scientifiques et de la production des connaissances par le biais de journaux (*Impascience*, *Labo-contestation...*) ou d'associations (Groupe des scientifiques pour l'information sur l'énergie nucléaire, Boutiques des sciences...). La communication de la science sort de la sphère fermée des laboratoires pour s'ouvrir sur la société ; des scientifiques s'expriment publiquement sur leur pratique ou sur les enjeux de la science et des techniques, d'autres divulguent leurs connaissances. La période feutrée de la science est passée : si celle-ci apparaît encore le plus souvent comme un élément de progrès, son image de neutralité est en revanche mise en cause.

Juin 1982, le gouvernement de gauche de Pierre Mauroy est au pouvoir. Transparence, information et communication sont les mots clés de tous les discours politiques. Le ministre de la Recherche, Jean-Pierre Chevènement, organise un grand colloque national. Les scientifiques sortent de leurs laboratoires, sur la demande des autorités poli-

tiques cette fois, les processus de production de la science sont mis à plat, les perspectives examinées, et la demande sociale réapparaît aux premières loges.

Des instances de consultation en matière de science et de technologie sont créées en 1983 et 1984 : Comités d'éthique pour les sciences et les techniques de la vie, Conseil supérieur de la sûreté et de l'information nucléaires (1), Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. L'installation de centres de culture scientifique et technique est subventionnée. Le projet de la Cité des sciences, lancé par l'ancien président de la république, Valéry Giscard d'Estaing, est repris et mis sur les rails par son successeur, François Mitterrand. Les grands médias suivent le mouvement, tout du moins à Paris, et la science s'installe enfin dans un rubricage à part entière dans les quotidiens comme dans certains hebdomadaires. Elle y acquiert une place toujours modeste, certes, mais enfin régulière.

La science gagne en fait une deuxième jeunesse dans cette effervescence. Les « révoltés » de 68 et les « rationalistes » peuvent se regrouper sous une même bannière qui met la science au rang des premières priorités de l'État et lui attribue des fonctions nouvelles pour la société. Le 15 juillet 1982, le gouvernement promulgue la loi d'orientation et de programmation pour la recherche et le développement technologique (appelée communément LOP par les initiés). Son article 5 en précise le projet : « La politique de la recherche et du développement technologique vise à l'accroissement des connaissances, à la valorisation des résultats de la recherche, à la diffusion de l'information scientifique et technique et à la promotion du français comme langue scientifique ». Son article 24 définit le statut afférent du chercheur : « Les métiers de la recherche concourent à une mission d'intérêt national. Cette mission comprend :

- le développement des connaissances ;
- leur transfert et leur application dans les entreprises, et dans tous les domaines contribuant au progrès de la société ;
- la diffusion de l'information et de la culture scientifique et technique dans toute la population, et notamment parmi les jeunes ;
- la participation à la formation initiale et à la formation continue ;
- l'administration de la recherche ».

La loi incite donc officiellement le chercheur à inscrire sa pratique dans la vie publique, et ce faisant, elle décline l'idée de la communication sous ses différents aspects. Comment ne pas se souvenir des expériences malheureuses tentées par le gouvernement à la fin des années 70 ? A l'époque, les chercheurs étaient dans la rue pour s'opposer à un accord que le délégué général à la recherche scientifique et technique, Pierre Aigrain, voulait signer entre le CNRS et une entreprise privée, Rhône Poulenc. Ils l'accusaient « de vouloir conduire la recherche par l'aval », de mettre l'argent public au service de bénéfices particuliers, d'aller à l'encontre de la liberté de la recherche et des chercheurs.

Quelques années plus tard, le rapport avec l'industrie devient une obligation et une façon pour les scientifiques de prouver leur utilité sociale. Autre temps, autre comportement. Ironie de la situation qui voit un gouvernement de gauche concrétiser le projet, libéral par excellence, de « marchandisation » de la science. Information et formation

deviennent aussi des devoirs (2). La loi incite ceux qui participent à l'accroissement des connaissances à les diffuser, elle institutionnalise donc en corollaire le droit de tout citoyen à être tenu informé en matière de science et de technologie. Que recouvrent ces mots, science et technologie ? Des connaissances, bien sûr : des gènes, des particules, des étoiles..., mais aussi une construction sociale : l'argent, le pouvoir, les rivalités, la compétition internationale... Certains parmi les scientifiques, les industriels, ou les hommes politiques aimeraient se contenter des premières. Divulguer la seconde est risqué : les citoyens pourraient ne plus se contenter d'ouvrir grand leurs oreilles aux merveilles de la science et de la technologie, et vouloir donner leur avis sur leurs processus de production et les priorités de choix. Car l'entrée des sociétés dans les paysages décisionnels dérange, particulièrement en France, un système centralisateur et des cercles d'élites peu perméables à des influences qui n'ont pas forcément comme credo un progrès de l'humanité inéluctablement lié au progrès scientifique et technologique. Comme en avant goût à la démocratie participative que promettait la gauche, la loi est pourtant passée. Mais, comme en nostalgie d'un passé qui ne veut pas s'éteindre, malgré toutes les évidences données par la réalité, elle s'est appuyée fondamentalement sur le précepte classique, sinon magique, du « progrès de la société ». Elle est ainsi chargée de cette ambiguïté, dénoncée plus haut, qui autorise chacun à la définir à sa manière et qui est porteuse des conflits caractérisant aujourd'hui les rapports entre science et société.

Rio : un tournant pour la science

Dernière étape dans cette rapide traversée de l'histoire récente, nous sommes en juin 1992 : à Rio de Janeiro se tient la conférence des Nations-Unies sur l'environnement et le développement. Au-delà de sa portée politique, l'événement a consacré deux décennies d'efforts des chercheurs pour attirer l'attention des responsables politiques sur la dégradation de la terre et l'épuisement de ses ressources naturelles. Il a aussi implicitement pris en charge l'inquiétude d'une opinion publique troublée par les atteintes à l'environnement et les inégalités du développement. La prise de conscience de l'état de la terre par les populations avait été accélérée par la succession d'accidents technologiques qui ont touché le monde, de Bhopal à Tchernobyl, en passant par Bâle ou Sévès. Des accidents aux conséquences graves pour l'environnement, mettant aussi en évidence les limites des réalisations technologiques et les dangers que leur développement sans frein présentaient pour la vie sur terre. Mais alors que des scientifiques, des industriels, des politiques et des représentants des populations, par l'intermédiaire des organisations non gouvernementales, reconnaissent unanimement par leur présence à la conférence la responsabilité des activités humaines liées au développement industriel sur l'état de la terre, un appel de scientifiques était lancé aux chefs d'États réunis à Rio.

Dit « Appel d'Heidelberg » du nom de la ville où il a été élaboré, celui-ci pourrait relever de l'anecdote tant les caractéristiques de neutralité, de capacité à sauver l'humanité et de faculté unique à détenir la rationalité qu'il revendique pour la science paraissent aujourd'hui surprenantes. Nous allons cependant nous y attarder car il traduit, au-delà des mots, la coupure qui partage aujourd'hui les scientifiques. Les signataires

et les sympathisants de l'appel, d'un côté, et, de l'autre, ceux qui sont conscients du fait que les progrès scientifiques et technologiques n'ont guère permis le progrès de l'humanité, comme la tradition du siècle des Lumières en avait imprégné nos esprits (3). Ces progrès n'ont en rien aidé à enrayer le chômage, l'exclusion sociale, les atteintes à l'environnement, les intégrismes culturels ou religieux ou même la faim dans le monde (comme le proclame l'Appel). Parfois, ils ont même participé au processus. L'absence dans l'Appel de scientifiques ayant vraiment travaillé sur l'environnement n'est sans doute pas due au hasard. Les incertitudes qui accompagnent les implications à long terme pour la terre de leurs expériences et de leurs modèles sont telles qu'elles sont visibles publiquement et que les controverses qui agitent le milieu scientifique ne peuvent y rester confinées. Impossible dans ce secteur de cacher que la vérité scientifique n'existe pas, qu'une mesure n'est que ponctuelle dans le temps et dans l'espace, qu'un modèle est seulement une image parmi d'autres, tributaire des hypothèses que le scientifique choisit. A l'Appel d'Heidelberg ont répondu de multiples contre appels d'autres scientifiques (4). Derrière le conflit se dessine une approche différente des rapports de la science, et des scientifiques, avec la société. « Nous demandons que la prise en compte, le contrôle et la préservation des ressources naturelles soient fondés sur des critères scientifiques et non sur des préjugés irrationnels » réclament les signataires de l'Appel d'Heidelberg. Ce combat contre l'irrationnel revient à défendre la science comme seul garant de décisions rationnelles. Est-ce à dire que toutes les autres valeurs émanant de la société ne sont pas dignes d'être facteurs de prises de décisions puisqu'elles ne sont que « préjugés irrationnels » ? Si tel est le cas, la très grande majorité de la population est exclue de la vie politique. Ce point renvoie à la discussion sur la loi d'orientation et de programmation de la recherche. Car 37 % des signataires de l'appel, lors de sa citation première à Rio, étaient français. Une proportion tout à fait inhabituelle dans une pétition internationale ! La question soulevée ici n'est pas de revendiquer l'application de la loi mais de souligner que son ambiguïté traduit la réalité des conceptions différentes que les chercheurs ont de leur métier et le fait que les politiques ne sont pas arrivés à s'abstraire des connivences qu'ils entretiennent avec les communautés de scientifiques et d'ingénieurs. Les politiques ont choisi de donner une nouvelle chance à la science et non de fournir aux citoyens les moyens de peser sur la définition d'une science au service de la société.

La lecture de l'Agenda 21 est utile pour mettre une fin à ce combat d'arrière garde d'une communauté scientifique en mal d'élitisme. Ce document rassemble les recommandations signées à Rio par les représentants, chefs d'États ou de gouvernements, de quelques 160 pays du monde, dont la France, pour permettre l'émergence d'un développement durable au *xxi^e* siècle (5). La communauté scientifique et technique, et la science, y tiennent une place de premier rang. Une série de chapitres sectoriels déclinent la masse de connaissances qui manquent encore pour une meilleure compréhension de la terre et de son évolution. D'autres s'accordent à définir les rapports de la science avec la société. Citons par exemple : « Il faudrait élargir et approfondir la coopération entre la communauté scientifique et le public pour parvenir à un véritable partenariat... Les sciences devraient notamment fournir l'information nécessaire pour améliorer la formulation et la sélection des politiques d'environnement et de dévelop-

pement en vue de la prise de décision... Il est nécessaire d'améliorer la communication entre les scientifiques, les décideurs et le grand public... Il faut assurer la participation de la population à la définition des priorités – en matière de recherche – et à la prise de décisions concernant le développement durable » (6). La science en quête de connaissance ! Cet objectif est prioritaire dans les recommandations de la conférence de Rio. Il était déjà présent dans le document qui avait initié la réflexion en 1988 sur cette réunion, intitulé « Notre avenir commun », où madame Gro Harlem Brundtland, premier ministre de Norvège, écrivait : « Ce sont les découvertes scientifiques et le savoir technologique qui nous ont donné le pouvoir de modifier la nature et la capacité de détruire la vie sur la terre. La science et la technologie doivent maintenant être parties prenantes dans la résolution des problèmes ». L'Agenda 21 va plus loin en affirmant que la recherche de connaissances doit être orientée par les besoins de l'humanité, pour son présent et son devenir. Il ne s'agit plus de faire éventuellement profiter les populations des connaissances acquises par les scientifiques mais d'arriver à une définition commune de celles qu'il faut rechercher. La rationalité, scientifique, devient un critère, parmi d'autres, pour une nouvelle conception du monde et de la recherche.

Quand science et culture divergent

Au fil des ans, les assises de la science, installées par les scientifiques, se sont ainsi ébranlées. La communication de la science a évolué, en parallèle, vers un tableau très contrasté. Le premier trait marquant est la prolifération des revues spécialisées. Il est significatif de la croissance de la communauté scientifique et, en corollaire, de sa spécialisation. Le nombre des revues dépasse aujourd'hui 100 000. Leur qualité très inégale ne garantit pas leur valeur, et leur accroissement tend encore à diminuer la qualité moyenne ; en effet, le système d'évaluation par les pairs se dilue par une demande trop importante. Par ailleurs, leur nombre rend impossible toute lecture systématique par les chercheurs. Il semble que 80 % des utilisateurs d'une bibliothèque consultent en moyenne 10 % des revues de bonne qualité qu'elle contient ; plus de 50 % ne sont presque jamais regardées. De la consultation des revues à la lecture des articles, il y a encore un pas. Car le nombre de publications croît en parallèle. C'est ainsi que le nombre des articles publiés dans le secteur biomédical, par exemple, est passé au cours de la décennie 80 de 20 000 à 400 000 par an. Cette situation a progressivement consacré le système d'évaluation de l'impact des périodiques mis en place par Eugene Garfield aux États-Unis dès 1961 au sein de son Institut pour l'information scientifique. Il étudie aujourd'hui 3 300 revues et 600 000 articles environ, en attribuant un facteur d'impact basé sur le nombre moyen de références consacrées à un article dans les deux années suivant sa publication. La sélection des revues réalisée par Garfield a toujours été controversée. L'argument majeur étant qu'elle accordait la part belle aux revues anglo-saxonnes, pour ne pas dire américaines, biaisant ainsi d'entrée de jeu le système d'évaluation en tablant sur une idée *a priori* de leur supériorité. Nous n'entrerons ici dans le débat que pour constater que, ce faisant, les seules données quantitatives disponibles de comparaison entre les revues scientifiques font état, pour 90 % de leur contenu, des travaux scientifiques conduits dans les pays occidentaux. Ceci reflète, peut être, la réalité de la production scientifique dans le monde en ce qui concerne la recherche considérée

par les pays occidentaux comme digne d'intérêt, mais rend certainement invisible la production scientifique conduite dans les autres pays (7). Tel est le cas, bien sur, des pays en développement mais aussi des pays de l'Est. En outre, cette situation exclut des pans entiers de recherche menées dans les pays occidentaux eux-mêmes en dehors des grands sentiers à la mode, ou (et bien souvent) qui ne s'expriment pas dans la langue de diffusion quasi institutionnelle pour la science qu'est devenu l'anglais. Pour conclure ce point sur la prolifération des revues, il semble que la grande majorité des articles ne sont pas lus et que les chercheurs publient donc *a priori* pour satisfaire leur besoin propre ou la nécessité du « publier ou périr » qui régit encore leur carrière administrative. Il apparaît, par ailleurs, que la science internationale, réglementée aujourd'hui principalement par le système des publications primaires, n'a d'universelle que ramenée à la pensée occidentale et dénie toute autre culture.

A la prolifération des revues, se sont ajoutés les progrès des technologies de l'information pour instituer de nouvelles formes de communication des résultats scientifiques, à savoir les bases et banques de données et le courrier électronique. Permettant une communication rapide, sélective, moins coûteuse à terme, elles attirent particulièrement les jeunes chercheurs qui y trouvent, par ailleurs, un moyen d'atténuer la lourdeur de leurs institutions ou le mandarinat de leur directeur de laboratoire. En ce qui concerne les bases et les banques de données, chacun s'accorde à dire que leur limitation principale provient de la fraction réduite d'informations disponibles. Pour le courrier électronique, se pose le problème immédiat de la conservation des documents, mais surtout celui de sa restriction à des domaines très spécialisés. Cependant, le point qui apparaît majeur pour notre discussion est que le courrier électronique peut court-circuiter le système d'évaluation par les pairs. Là encore, ce système fait traditionnellement l'objet de multiples critiques. Sa lourdeur, son conformisme, son impérialisme sont amplement discutés mais il a le mérite d'exister. Il régule, avec un fonctionnement public, la circulation de l'information scientifique et en donne un gage de qualité. S'il disparaît, ne serait-ce que ponctuellement, quelles vont être les règles d'élaboration de la production scientifique ? Peut-être n'est-il pas, ou plus, légitime que la science ait une identité particulière, régie de façon autonome ; peut-être, aussi, la science est-elle un produit de la société, au même titre que tout autre, déterminé alors par le système démocratique et le jeu des lobbies ; peut-être, enfin, la science prend-elle plusieurs visages !

Le système de régulation de la recherche par les pairs est aussi battu en brèche par la tendance de certains scientifiques à privilégier les colloques publics, les conférences de presse ou les grands médias pour communiquer leurs découvertes. C'est ainsi qu'ont été annoncées au cours des dernières années les expériences conduites sur la supraconductivité, la fusion froide ou le sida. Le premier exemple est particulièrement significatif. C'est en janvier 1987, que Paul Chu dépose une demande de brevet aux États-Unis concernant les premiers résultats obtenus sur le phénomène fondamental de la supraconductivité à haute température. Vers le 15 février, il adresse une communication à *Physical Review Letters*, et, sans attendre l'accord de publication, le 25, il organise une conférence de presse. Signalons, de surcroît, que sa communication écrite était volontairement entachée de deux imprécisions, ou même erreurs diront certains.

Pour la fusion froide, c'est l'université d'Utah qui réunit la presse le 23 mars 1989 au mépris d'un accord passé entre les acteurs de la découverte, Stanley Pons et Martin Fleischmann, et un scientifique d'une autre université. Les deux chercheurs avaient envoyé la veille au *Journal of Electroanalytical Chemistry* une copie révisée d'un article accepté. Quant au sida, les querelles entre Robert Gallo et Luc Montagnier rebondissent suffisamment sur la place publique pour que chacun ait en mémoire le compromis scientifique passé entre le National Institute of Health américain et l'Institut Pasteur, et publié dans la revue *Nature* du 2 avril 1987. Cet accord fut officialisé par la poignée de main que se donnèrent quelques jours plus tard à Washington Jacques Chirac et le président Bush, garantissant ainsi le partage des redevances liées à la vente des tests sanguins anticorps. Aujourd'hui, c'est de plus en plus la rapidité de la communication publique des résultats qui prime. Il s'agit de clamer haut, vite et fort l'antériorité d'une découverte. La revue *Nature* semble avoir saisi l'importance du danger pour les publications spécialisées ; elle est entrée en guerre en décembre 1994 contre le *Sunday Times*, le premier journal du dimanche britannique. Le prétexte : le traitement du sida par ce périodique, qui accorde une place importante à une thèse scientifique contestant, à contre-courant du consensus scientifique, la responsabilité du virus HIV dans la maladie. *Nature* s'est engagée à porter chaque semaine un regard critique sur la façon dont le *Sunday Times* abordera le sujet.

Le dernier trait qui caractérise la communication de la science aujourd'hui est l'inculture scientifique et technique. Malgré la croissance de l'information dans les journaux, les livres, les expositions, en particulier, « l'illettrisme scientifique et technique », en reprenant l'expression anglaise imagée, va croissant d'après les sondages unanimes dans le monde. La grande majorité des citoyens vit dans l'incompréhension des développements scientifiques et techniques, qui sont pourtant des éléments moteurs des sociétés. Ne les comprenant pas, elle a tendance à les ignorer ou à les rejeter en bloc. Elle se tourne, en outre, vers d'autres solutions à ses angoisses, qu'elle va chercher dans ce que les scientifiques appellent les fausses sciences comme l'astrologie, la parapsychologie ou les médecines douces. Ces pratiques qui ont des adeptes de plus en plus nombreux sont rejetées en bloc au nom du rationalisme, sous-entendu scientifique. A force de brandir cette doctrine, les scientifiques portent une part de responsabilité dans la situation. Ils n'ont visiblement pas su, ou voulu, œuvrer pour partager leur savoir « rationnel ».

L'exemple de l'homéopathie est, à ce propos, assez significatif. Lorsque en juin 1988, la revue *Nature* publia les résultats de Jacques Benveniste, chercheur à l'Institut de recherche médicale (Inserm), la communauté scientifique française se gaussa. Son expérience consistait à diluer *in vitro* des cellules du sang avec des substances avec lesquelles elles réagissent naturellement. Il s'appuyait pour ce faire sur un modèle expérimental reconnu. De dilution en dilution, il parvint à un stade où il ne devait plus exister de molécule sauf de manière aléatoire. Or, la réaction persistait. Jacques Benveniste proposait une thèse pour interpréter le phénomène selon laquelle l'eau gardait en mémoire le souvenir de la molécule. C'était impensable, sauf à remettre en question les lois fondamentales de la science ! Cette histoire aurait pu se limiter à une querelle banale entre scientifiques, mais l'événement eut une autre portée dans la mesure où

l'expérience donnait des arguments scientifiques aux défenseurs de l'homéopathie. Elle devint donc largement publique. Refusant de prendre en considération le fait que deux Français sur trois ont recours aux soins homéopathiques, oubliant aussi que nombre d'entre eux ou de leurs proches absorbent ces fameuses petites pilules dans un espoir de soulagement voire de guérison, les scientifiques français ont joué les offensés et les défenseurs obtus de la « rationalité ». Ils ont accepté sans coup férir que *Nature*, après avoir publié les résultats, donc les avoir livrés au classique jugement par les pairs, vienne vérifier sur place la fameuse expérience. C'était une première, d'autant plus que les vérificateurs n'étaient autres qu'un magicien et un professionnel de la recherche... de fraudes. La vérification se conclut par un non-lieu. Ce résultat a été important pour Benvéniste qui fut autorisé à continuer ses travaux (8). L'intéressant pour notre histoire est que les scientifiques ont cautionné un tel traitement public pour l'un des leurs. Benvéniste s'était pourtant plié à la discipline scientifique. Que reste-t-il alors des règles de la science et comment les citoyens peuvent-ils comprendre la rationalité qui les guide ?

Les brevets contre les pairs

La rationalité n'est plus, vive la raison ! La science prétendue universelle n'est plus, vive la science ! Car, il faut bien sortir de ce chemin tortueux dans lequel la science est embourbée. Elle est tombée sans coup férir dans le piège que lui tendait la société, celui de l'argent. L'argent des militaires, tout d'abord, mais c'est une vieille histoire qui a installé la science socialement. Récemment, ce sont les explosions des bombes nucléaires sur Hiroshima et Nagasaki en août 1945 qui ont définitivement assis son image. Le mal, d'un côté ; le bien, de l'autre, avec les services que les utilisations civiles des réactions nucléaires faisaient miroiter à l'humanité. L'argent du profit commercial, en revanche, est une histoire récente, tout du moins dans sa généralisation. Elle était sous-jacente à l'Appel d'Heidelberg, qui a vu les industriels se cacher derrière les scientifiques au nom de la science et du progrès pour continuer d'avancer masqués. Elle est la clé qui permet de comprendre les conflits qui sont rendus publics autour de certaines recherches. Un des exemples les plus parlants se rapporte à un événement particulier de l'étude du génome humain. On s'en souvient, le National Institute of Health américain a provoqué un émoi dans la communauté scientifique internationale en déposant en juin 1991 une demande de brevets sur des centaines de fragments de génome humain. Sur le plan juridique, la question se pose de la légitimité de cette demande (9). Mais, c'est surtout le principe qui a indigné. Comment oser s'approprier, disaient les « puristes », ce qui relève du patrimoine commun de l'humanité ? C'est dans ce sens qu'avait tranché le comité d'éthique français en décembre 1991, alors que le Medical Research Council britannique suivait rapidement le mouvement déclenché par les américains. Les demandes de brevets sur le génome humain déposées auprès des organismes nationaux et de l'Office européen des brevets n'ont pas encore obtenu de réponse. Sans doute, les procédures seront-elles longues. Mais, on peut craindre que le brevetage autorisé en 1992 du premier être vivant, en l'occurrence la souris, n'ouvre à terme la voie à celui du génome humain, fût-il découpé en tronçons.

Cependant, dans le milieu scientifique, la querelle se poursuit. Les chercheurs se bagarrent à coup de bons sentiments. C'est ainsi que le 28 octobre 1992, lors d'une séance solennelle à l'Unesco, un porte-parole des généticiens français a annoncé que ceux-ci mettaient à la disposition de la communauté internationale l'ensemble de leurs découvertes (10). Une solennité étonnante, et même inquiétante, pour une déclaration qui réaffirme simplement les principes de fonctionnement de la science. Comme preuve de leur bonne foi, ils ont déposé deux mille séquences du génome humain au Laboratoire européen de biologie moléculaire, qui gère la principale base de données européennes sur le génome. Mais, la démarche était-elle si urgente que leur précipitation prête le flanc à la critique ? Leurs collègues américains ont, en effet, affirmé dans la revue *Science* du 19 mars 1993 que plus de la moitié de ces séquences seraient contaminées par des gènes étrangers et n'appartiendraient pas au patrimoine génétique de l'homme. La communication hâtive, au risque d'être erronée, contre la prise de brevet ! Il n'est pas sûr que le citoyen s'y retrouve en terme d'éthique scientifique. D'autant plus qu'aujourd'hui, la pratique la plus courante pour attester une découverte en biologie moléculaire, se ramène à la séquence d'actes suivante : la prise de brevet, l'annonce publique via la presse ou un colloque, ensuite la publication dans une revue spécialisée. Cette analyse s'étend à tous les secteurs scientifiques dont les résultats sont potentiellement porteurs de retombées commerciales et financières importantes. Les matériaux supraconducteurs, avec l'annonce récente par des chercheurs français de records de températures, nous en fourniront sûrement bientôt de nouveaux exemples.

La recherche d'argent est aujourd'hui la clé du travail du scientifique. Elle n'est pas simplement un moteur, à l'image du passé, mais le moteur sans lequel des pans entiers de recherche ne peuvent exister. Avec cette nouvelle base de fonctionnement, la science a perdu ses références. C'est pourquoi ce n'est pas seulement la « communication » de la science qu'il faut changer. Il ne suffit pas d'appliquer à la lettre la loi de programmation de la recherche de 1982 ; il ne suffit pas non plus d'amener « l'opinion publique à comprendre pleinement l'importance centrale, économique autant que culturelle, de la recherche scientifique, de la diffusion et de l'application de ses résultats pour le renforcement de notre société et de notre économie » comme l'avance un document ministériel de novembre 1993 (11). Il faut construire une autre science, fondée sur de nouveaux rapports entre les scientifiques et les citoyens.

Du caractère « inutilisable » de l'information

Si la science a changé, la majorité des scientifiques persiste néanmoins à en perpétuer l'image ancienne et à valoriser ses apports comme remède à « l'ignorance ». La connaissance de la science et de la technologie est peut-être une antidote de l'ignorance pour les non-scientifiques, mais la connaissance des valeurs sociales, culturelles et éthiques est sûrement indispensable à tous pour vaincre l'ignorance et aux scientifiques pour imaginer une autre science. En outre, sans une prise en compte du monde pour construire la globalisation de la science, sans une reconnaissance, en contre-partie, des différentes cultures pour aménager ses spécificités, les scientifiques ne pourront donner de signification à leur pratique. Celle-là formalisera en termes de recherche les problèmes actuels de la société et les demandes des populations, et rendra intelligibles

sur le terrain les résultats acquis dans les laboratoires. Concevoir la science comme un phénomène réellement interactif avec la société ne concerne pas la seule recherche « applicable », elle peut aussi revivifier la recherche fondamentale. Deux raisons plaident en ce sens. Tout d'abord, la recherche fondamentale et la recherche appliquée se nourrissent l'une l'autre, renier l'une revient à nier l'autre. Deuxièmement, comprendre la finalité du monde est un besoin partagé par tout le monde, aussi faut-il que les connaissances soient diffusées. Dans le cas contraire, les appels des scientifiques risquent fort d'apparaître comme une défense corporatiste de leur outil de travail. C'est ainsi que peut être perçu le regret émis à l'automne dernier par les physiciens des hautes énergies travaillant au Laboratoire européen pour la physique des particules – le CERN installé à Genève – sur l'arrêt du projet américain d'accélérateur de particules (le *Superconducting Super Collider*). La course aux hautes énergies a traditionnellement régi les politiques de la science et de la technologie de part et d'autre de l'Atlantique. La disparition d'un concurrent revient pour les scientifiques à la perte d'un stimulant auprès de leurs autorités de tutelle. Sauf si les citoyens sont convaincus de l'importance des recherches. Les physiciens n'ont certes pas les armes dont disposent les praticiens de la santé qui savent si bien dans notre pays faire jouer la sensibilité publique sur le cancer ou la myopathie. Ils n'ont que la quête de la connaissance absolue à valoriser, mais c'est une belle ambition.

Une nouvelle « mise en relation » de la science avec la société repose sur la disponibilité d'informations. Les informations scientifiques et techniques sont en affluence : dans les médias, dans les livres, dans les expositions, dans les conférences, dans les publicités. La « surabondance de l'information » est devenue un propos à la mode en Occident. La notion est dangereuse. Car elle implique, *a contrario*, l'intérêt d'une réduction, donc d'une sélection de l'information distribuée, avec les risques inhérents de censure. Risque ou réalité ? La question mérite d'être posée, comme le montre l'histoire suivante. Le 25 mai 1992, l'Assemblée nationale a adopté en première lecture un projet de loi instituant le principe « d'une enquête auprès du public pour l'utilisation à des fins de recherche, de développement ou d'enseignement d'organismes génétiquement modifiés » (12). Le 15 juin suivant, 25 scientifiques français dénonçaient cette mesure, au nom de l'innovation et du progrès médical. « C'est toute la médecine, qu'il s'agisse de diagnostic ou de traitement qui, dans l'avenir, dépendra de techniques faisant appel au génie génétique ». Quatre Prix Nobel s'associaient à cette protestation. Quelques jours plus tard, les députés, acceptant ce faisant les suggestions du Sénat, substituaient au principe de l'enquête préalable celui de la transparence *a priori*. La nouvelle procédure adoptée implique que toute installation utilisant pour la première fois des organismes génétiquement modifiés devra déposer en mairie un dossier précisant l'activité du laboratoire et la finalité des recherches faisant l'objet d'agrément. En sera exclue toutefois « toute information couverte par le secret industriel et commercial, ou dont la divulgation pourrait porter préjudice aux intérêts de l'exploitant ». Le public pourra faire connaître ses observations à la Commission du génie génétique qui fixe les prescriptions techniques relatives au confinement des organismes. Cette commission pourra « le cas échéant » donner son avis sur le démarrage de l'installation qui sera soumis à un agrément administratif. Un laboratoire de recherche ne tombera

donc pas sous le coup de la loi qui soumet les laboratoires de production industrielle utilisant des organismes génétiquement modifiés à une enquête publique et à une étude d'impact. Alors même que c'est au nom du secret industriel que les scientifiques ont revendiqué le secret de la recherche ! Ajoutons que la procédure évoquée par le projet de loi ne concernait que les installations utilisant pour la première fois des organismes génétiquement modifiés et qu'elle était restreinte dans le délai d'un mois, à l'intérieur des trois mois de la demande d'autorisation. Dans ces conditions, ce ne peut être que le principe du regard public que les chercheurs craignent. Les parlementaires ont pris une lourde responsabilité en entrant dans leur jeu, celle « de déclencher une opposition au principe même des manipulations génétiques, puisqu'elles ne seront pas socialement contrôlables », pour reprendre un propos de la Fédération française de protection de la nature.

Seule la distribution large de l'information existante permet d'éviter qu'elle ne devienne un instrument de pouvoir entre les mains de ceux qui en disposent. Il ne s'agit plus de s'inquiéter de la surabondance de l'information mais de se demander si elle est utilisable. Répond-elle aux questions que chacun se pose ? Permet-elle de se forger un avis sur le sujet évoqué ? C'est là le vrai enjeu de la communication, discuté précédemment à propos de la Loi d'orientation et de programmation de la recherche. Il est au centre de vastes débats conduits aux États-Unis sous la houlette du républicain Georges Brown (13). Défendant l'idée que l'expertise en science n'implique pas forcément la sagesse en politique, il formule deux demandes principales à l'égard de la science. La première est d'identifier les nouveaux problèmes de société. La seconde est d'étudier les conséquences de décisions politiques de façon à s'assurer qu'elles se révéleront bénéfiques plutôt que neutres ou destructrices, étant donné qu'elles sont prises, par définition, dans des conditions d'incertitudes et de controverses. Cette démarche exige qu'un dialogue s'établisse entre les scientifiques et la société. Il faut dépasser les aléas des rencontres ponctuelles et fugitives, attribuables aux seules bonnes volontés, pour organiser des échanges systématiques permettant de définir des objectifs communs de recherche.

Pour un véritable partenariat entre les scientifiques et les citoyens

Les années 80 ont vu l'institutionnalisation des instances de consultation sur la science et la technologie. Celles qui ont été mises en place par le gouvernement souffrent d'un même mal : une composition dominée par les corps professionnels juge et partie dans la matière abordée. Regardons par exemple les deux commissions chargées de la génétique. La Commission du génie génétique, évoquée plus haut, est composée de personnalités « désignées en raison de leur compétence scientifique dans les domaines se rapportant au génie génétique et à la protection de la santé publique et de l'environnement ». Que la compétence scientifique soit nécessaire pour évaluer les risques que présentent les organismes génétiquement modifiés, nul ne le contestera. Mais qu'elle soit déterminante pour juger, par exemple, de l'acceptabilité du risque par rapport à l'utilité de la recherche et à ses implications sur l'environnement est tout à fait contestable. La deuxième commission, celle du génie biomoléculaire, est chargée de mesurer les risques liés à la dissémination volontaire des organismes géné-

tiquement modifiés (14). Elle devrait, selon la nouvelle loi, être « ouverte » à la représentation associative, mais cette expression, à elle seule, ne garantit pas une place pour les associations.

A l'image de ces deux commissions, les instances françaises sont majoritairement, sinon totalement, composées de « spécialistes » de l'objet de la consultation. Il leur est humainement difficile, sinon impossible, dans ces conditions, de scier la branche sur laquelle ils sont assis, pour reprendre un vieux dicton. Aussi, les avis diffusés vers le public sont la plupart du temps consensuels, donnant la dangereuse impression que des mesures techniques sont dans tous les cas capables de maîtriser les risques. L'exemple des déchets nucléaires montre pourtant les dangers d'une telle attitude. Dans le pays du consensus nucléaire qu'était la France, des citoyens en colère ont soudain eu recours à la violence pour imposer au gouvernement un arrêt sur les recherches conduites sur le stockage des déchets nucléaires. Le moratoire d'un an institué par le premier ministre Michel Rocard en 1990 se prolonge encore aujourd'hui. A noter que les expériences prévues ne devaient pas mettre en jeu des matières nucléaires. Il s'agissait d'installer un laboratoire de recherche et non « d'assimiler la construction d'un laboratoire de recherche à celle d'une centrale nucléaire », comme le disait le biologiste Axel Kahn pour appuyer son opposition au projet de loi abordé précédemment sur les organismes génétiquement modifiés (15). Du nucléaire au génie génétique, n'y aurait-il qu'un pas ?

Parti de la frilosité politique et du consensus, l'Office d'évaluation des choix scientifiques et technologiques attaché au Parlement depuis 1983 a conquis peu à peu son autonomie par rapport aux corps techniques et aux groupes politiques. Il s'affirme aujourd'hui par des débats publics, largement ouverts aux différentes parties sociales. Manquant de crédits et de personnel, son champ d'intervention est encore limité, tout comme l'est son influence réelle sur les décisions. La question en cause ici est, cependant, plus largement celle de la représentativité des parlementaires en France aujourd'hui. Malgré ces réserves, le fonctionnement de l'Office est le premier modèle institutionnel en France d'une instance privilégiant l'expression de différentes sensibilités sociales et politiques. Il est pour l'instant unique. De l'évaluation des choix, il faut passer à l'élaboration des objets techniques et scientifiques. Il reste à inventer des lieux et des outils qui permettront la construction de thèmes nouveaux de recherche grâce à la confrontation des idées et des expériences. La nouveauté peut se trouver dans l'essence même du thème comme le préconise par exemple G. Brown cité précédemment. Elle peut aussi être introduite par la seule obligation de l'appropriation sociale. Le passage d'un résultat de laboratoire à un processus ou un produit industriel réclame une série d'adaptations et de découvertes imposées par le facteur de production industrielle. De la même façon, le passage à l'utilisation sociale réclame une série de modifications qui peuvent à leur tour entraîner une nouvelle définition de l'objet de recherche. De la santé à l'agriculture, en passant par l'énergie, des exemples existent dans toutes les sociétés. Mais ces allers et retours sont la plupart du temps appréhendés comme des avatars de la recherche et non comme un paramètre moteur.

A la conférence de Rio, les organisations non gouvernementales étaient les porte-parole officiels des sociétés. Elles ont rendu publics des « traités » qui, à l'image de

l'Agenda 21, émettent un certain nombre de recommandations pour construire le XXI^e siècle (16). Là encore, les demandes par rapport à la science et aux scientifiques sont pressantes. De plus en plus nombreuses dans le monde, les organisations non gouvernementales peuvent constituer une interface entre les scientifiques et les populations. Ceci reste à organiser.

Au-delà des déclarations d'intention, la construction de la science repose sur la volonté des élus politiques. Il leur incombe de prendre des décisions pour que les citoyens ne se sentent pas exclus du débat nécessaire et permanent sur le développement scientifique et technique. Des discussions agitent le Congrès américain autour de l'idée d'une « recherche qui soit plus en rapport avec la vie dans les rues ». Certains parlementaires proposent même de remplacer les catégories classiques de recherche fondamentale, recherche technologique et développement, par une nouvelle classification qui s'appuierait sur des objectifs finalisés, ainsi : communication et information, ressources naturelles et environnement, éducation et formation, offre et demande énergétique... Cette proposition, qui permettrait en outre la jonction des disciplines scientifiques, est sûrement discutable. Elle a, en tout cas, le mérite de situer les différentes pratiques de la recherche dans une chaîne socialement visible et de favoriser le dialogue au sein de la société. Le plus grand écueil pour les politiques serait cependant d'oublier l'idée majeure de Rio : un dialogue n'a de sens que s'il est conçu pour permettre la participation effective des citoyens aux prises de décision. Ce dialogue profitera à tous. Il demande, en particulier, aux scientifiques de se reconnaître au service de la société qui, en contre-partie, leur accordera de pouvoir travailler en toute indépendance. Ce dialogue assurera à lui seul la force de leurs idées.



NOTES

- 1) Il existait un Conseil supérieur de la sûreté nucléaire, l'objectif complémentaire de l'information lui a été fixé en 1984.
- 2) Voir à ce propos le rapport demandé par le ministère de la Recherche et de l'Espace à Daniel Kunth, *La place du chercheur dans la vulgarisation scientifique*, septembre 1992.
- 3) *Contre la peur. De la science à l'éthique*, Dominique Lecourt, Hachette 1993.
- 4) *Les Cahiers de Global Chance*, décembre 1992, 41 rue Rouget de Lisle, 92150 Suresnes.
- 5) Le développement durable, consacré à l'occasion de la conférence de Rio sous son expression anglaise « *sustainable development* », doit répondre à quatre critères principaux : socialement équitable, écologiquement viable, économiquement efficace et capable de rééquilibrer les rapports Nord-Sud.
- 6) Chapitres 31 et 35 de l'Agenda 21, dont un guide est disponible à la Documentation française sous le titre : *La planète terre entre nos mains*.
- 7) *Les indicateurs de science pour les pays en développement*, Rigas Arvanitis et Jacques Gaillard, Orstom éditions, 1992.
- 8) La polémique s'est poursuivie, voir *Nature* du 9 décembre 1993.
- 9) Une invention doit satisfaire trois critères de base pour obtenir un brevet : elle doit être nouvelle, non évidente, et doit présenter une utilité.
- 10) Charles Auffray, directeur scientifique du Généthon, laboratoire créé par l'Association française contre les myopathies et le Centre d'études du polymorphisme humain.
- 11) Pré-rapport d'orientation, rédigé pour la consultation nationale sur les grands objectifs de la recherche scientifique et technique française, devant se conclure par un débat parlementaire au printemps 1994.
- 12) Le projet de loi visait à appliquer deux directives européennes adoptées en 1990, concernant l'utilisation confinée, la dissémination et la mise sur le marché des produits issus du génie biomoléculaire.
- 13) Président de la commission de la Chambre pour la science, l'espace et les technologies.
- 14) La Commission du génie biomoléculaire ne donne pas son avis sur l'ouverture d'un laboratoire travaillant avec des organismes génétiquement modifiés.
- 15) Chercheur à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale, président de la Commission du génie biomoléculaire ; *Le Monde* du 27 mai 1992.
- 16) *Traité des organisations non gouvernementales et des mouvements sociaux*, 1992, disponibles au CRID, 14 passage Dubail, 75010 Paris.

I STRATÉGIES

TABLE RONDE

**Faut-il au Tiers monde
des sciences ou des techniques ?**

TABLE RONDE

Faut-il au Tiers monde des sciences ou des techniques ?

Présidente de la séance

Martine Barrère

journaliste scientifique

Participants

Lardi Bouguerra

professeur à la Faculté des sciences de Tunis

Christian Comeliau

professeur à l'Institut universitaire d'étude du développement de Genève

Alain Ruellan

Centre national de la recherche scientifique

Jean-Jacques Salomon

professeur au Conservatoire national des arts et métiers à Paris

Gérard Winter

directeur général de l'Orstom à Paris

Textes des interventions de :

José Leite Lopes

professeur à l'Université de Strasbourg, au Centre brésilien de recherche physique
et à l'Université fédérale de Rio de Janeiro, Brésil

David Kaplan

professeur, directeur du Policy Research Unit, School of Economics,
à Cape Town, Afrique du Sud

Martine Barrère — « Faut-il au Tiers monde des sciences ou des techniques ? » La réponse à cette question très provocatrice dépend de l'histoire du pays, de sa culture, de son stade de développement et de l'état de ses forces intellectuelles. Il me semblerait judicieux de réfléchir plus précisément aux questions suivantes : quelles sciences et quelles techniques ? De quoi parle-t-on effectivement quand on parle de science ? La science à laquelle on fait référence dans les instances internationales et entre nous est celle qui tombe sous le couperet de l'évaluation internationale et plus précisément

américaine. Certains disent, en particulier les chercheurs de l'Orstom, que seule la science du Nord est visible. 90 % de la production scientifique dont on parle est celle conduite dans les pays du Nord ou dans ceux du Sud sous leur contrôle. Il faut avoir conscience que la science est celle qui est passée sous les fourches caudines des revues anglo-saxonnes, les seules considérées comme valeur de référence et source d'authentification. La science n'existe – première embûche – que parce son contrôle émane des scientifiques eux-mêmes. Mais comment le développement scientifique va-t-il irriguer la société ? Qui bénéficie effectivement de ces connaissances et qui peut les acquérir dans sa propre culture ?

Les mêmes problèmes se posent pour les techniques. Les techniques auxquelles font généralement référence nos instances internationales sont celles développées dans nos propres pays, imprégnées de la culture occidentale et forgées par le régime très compétitif dans lequel nous vivons. Les techniques du Sud sont pour l'essentiel des techniques transférées du Nord. « Comment les techniques sont-elles choisies, adaptées aux différentes cultures, ou comment sont-elles créées dans celles-ci ? » constitue l'une des questions fondamentales pour l'ensemble des pays du monde.

Je soulèverai également trois problématiques qui se sont fortement affirmées lors du Sommet de Rio en 1992. La première concerne le *capacity building* – il n'y a pas de terme en français – et part du constat, fait par le Nord et accepté par le Sud, qu'il y a dans les pays du Tiers monde un déficit d'hommes et de femmes ayant des connaissances scientifiques et techniques leur permettant de produire et de s'appropriier les sciences et les techniques. Comment remédier à cet état de fait ?

La deuxième problématique s'exprime à travers la culpabilité de tous les scientifiques, au Nord comme au Sud : il y a une culture propre à chaque pays et des techniques originelles, mais comment adapter ou mélanger les technologies modernes et traditionnelles ? Selon moi, cette préoccupation relève encore du « discours » et demeure un problème majeur.

La troisième problématique a été discutée lors la conférence de Manaus au Brésil qui a suivi celle de Rio. Celle-ci a réuni des chercheurs des régions tropicales humides dans l'objectif de voir comment ce climat, cette composante écologique et géographique pouvaient contribuer à une approche environnementale et un mode de vie similaires, quelles que soient les cultures d'origine. La question majeure posée a été : comment faire en sorte que les pays du Sud, ayant une composante écologique, géographique, et éventuellement scientifique semblable, mettent en place entre eux des formes de coopération et des réseaux scientifiques et techniques propres, qui leur permettent d'établir un dialogue avec le Nord et puissent servir de part et d'autre ?

Voici pour les quatre ou cinq questions qui pourraient permettre d'engager le débat. La parole est à Christian Comelieu.

Quelle politique scientifique ?

Christian Comelieu — Je voudrais d'abord poser le problème de la politique de développement scientifique en ce qui concerne les sciences en général puis, plus particulièrement, les sciences sociales liées au développement. Je dois préciser qu'économiste de formation, je ne suis pas compétent dans les sciences dites « dures ».

Très franchement, il me semble que la question « faut-il au Tiers monde des sciences ou des techniques ? » n'est pas très claire. Le problème n'est pas tellement de définir les sciences en opposition aux techniques et les techniques en opposition aux sciences, ce qui me paraît d'ailleurs très difficile à établir, mais il faut se demander quel type de développement scientifique et technique un pays peut se donner. La réponse primordiale est que ce sont les pays eux-mêmes qui doivent choisir leur politique scientifique. Ils doivent donc se doter des instruments pour pouvoir opérer ce choix. Ce n'est pas une simple formulation et l'on a trop souvent négligé ce qu'étaient les exigences impérieuses et rigoureuses de l'élaboration d'une telle politique.

Elaborer une politique scientifique signifie tout d'abord évaluer la demande sociale et identifier les réponses possibles dans chaque pays et à tout moment. Cela implique également une définition des priorités. Sur quels critères peut se fonder la définition de priorités ? Voilà, me semble-t-il, le rôle principal d'une véritable politique, à savoir l'identification des avantages et des coûts collectifs des différentes options. Ce n'est cependant pas très facile car nous ne disposons pas de techniques très au point pour cela. Quand on parle de coûts et d'avantages collectifs, on doit se demander qui va en supporter les coûts et qui sacrifie-t-on en prenant telle orientation plutôt que telle autre. Martine Barrère vient de le souligner dans une formule excellente « comment le développement scientifique va-t-il irriguer la société ? » Cela suppose des méthodes très précises de définition des politiques.

Dans le domaine des sciences sociales, dans la mesure où elles concernent le développement, la réponse est beaucoup plus facile à donner, encore qu'elle ne soit guère acceptée actuellement. Aujourd'hui, personne n'a le monopole de la réflexion fondamentale sur le développement. Ce serait une aberration de soutenir, comme c'est le cas dans certaines universités, que la réflexion fondamentale doit être laissée aux grandes universités européennes ou américaines et que la collecte des données ou la base empirique du savoir sont réservées au Sud. Je ne vois pas ce qui permettrait d'abandonner au Nord la réflexion fondamentale sur la nature du développement, sur ses finalités et ses objectifs, sur son mode d'organisation. Avoir attribué le mot de « développement » aux seuls pays du Sud jusque très récemment est également une ineptie. Il y a des problèmes de développement à l'Est et au Nord qui sont extraordinairement profonds et dont personne ne connaît la solution. La généralisation de ces dilemmes sur l'ensemble de la planète, nous entraîne dans une course folle vers l'inconnu. Au Nord comme au Sud, nous ne savons pas où nous allons.

Un effort collectif est donc de plus en plus indispensable. Mais ceux qui pourraient en être les acteurs dominants affichent une démission très inquiétante. Les organisations internationales, qui ne sont pas directement responsables du développement scientifique, mais participent largement à la réflexion sur le sujet, sont incapables de sortir d'un modèle stéréotypé. De nombreux chercheurs sont également coupables de démission car ils répondent d'abord aux exigences de leur carrière ou à un certain conformisme. La réflexion ne peut venir des entreprises parce qu'elles ont une autre finalité.

Il est également très important que cette réflexion sur le développement et l'effort des sciences sociales en la matière se portent sur les objectifs autant que sur les

moyens. Ce qui me frappe dans la réflexion menée par les organisations internationales – je les connais un peu pour les avoir beaucoup pratiquées – est que les objectifs du développement sont toujours supposés être la participation à la compétition internationale et l'intégration dans les échanges mondiaux. Ce que l'on ne remet jamais en cause. Les moyens proposés sont alors stéréotypés et réduits à des problèmes strictement techniques et locaux. Si vous n'acceptez pas ce conformisme, vous êtes contraints de renouveler votre réflexion sur les modèles de développement.

Dernier point : s'il est désormais banal de parler de méthode interdisciplinaire, il est beaucoup plus difficile qu'on ne le dit de la mettre en œuvre. Il me paraît très important de réfléchir à nouveau sur la relation dialectique entre les faits et les théories. De nombreux travaux consistent à essayer de prouver qu'une théorie est vraie et que tel fait est intéressant puisqu'il correspond à la théorie de X ou Y. C'est l'inverse de ce qu'exige la démarche intellectuelle. Quelle aberration ! L'essentiel n'est pas de démontrer que telle ou telle théorie est vraie, mais de comprendre des faits et de se demander si l'on a des théories qui les expliquent. Si on ne les a pas, il faut en inventer d'autres.

Un intervenant — Les faits sont effectivement importants. Mais en physique, il y a parfois plusieurs théories ; il faut donc savoir si la théorie, celle d'Einstein par exemple, est vraie ou pas, n'est-ce pas ? Vérifier qu'une théorie est vraie, cela signifie vérifier qu'elle décrit bien les faits expérimentaux et le monde physique. En sociologie, peut-être est-ce différent ?

Christian Comelieu — Je ne suis pas du tout en désaccord avec cela. Il faut effectivement pouvoir vérifier les théories, mais ce n'est pas le but de l'effort scientifique. En matière de développement, une théorie vérifiée n'est utile que si elle permet de comprendre la réalité.

Un intervenant — Sur un plan plus philosophique et éthique, la question « faut-il au Tiers monde des sciences et des techniques ? » relève encore une fois d'un débat entre gens du Nord. Je ne peux m'empêcher de faire un parallèle avec la fameuse controverse de Valladolid : lors des premières colonisations de l'Amérique, les Européens se sont demandés si les sauvages étaient des hommes, s'ils avaient une âme, s'il fallait les évangéliser... En posant cette question n'induit-on pas ce genre de controverse, à savoir : les pays en voie de développement sont-ils capables de contribuer au progrès de l'humanité, à l'augmentation de la connaissance, etc. ? Ce débat, éthiquement, n'est pas soutenable. Avant de s'interroger sur la nécessité de sciences ou de techniques pour le Tiers monde, il faudrait affirmer haut et fort que ce débat ne se fondera jamais sur l'axiome : il y a une humanité à la pointe de la science et une autre incapable de contribuer au progrès de celle-ci.

La recherche fondamentale est-elle indispensable au Sud ?

Jean-Jacques Salomon — Professeur au Conservatoire national des arts et métiers à Paris, je dirige le centre de recherche « Science, Technologie et Société », le seul en France à délivrer un DEA et un doctorat dans ce domaine ; on y poursuit des recherches sur les liens entre la science, la technologie et le développement. Philosophe de forma-

tion et devenu économiste et politologue, j'ai pendant vingt ans travaillé à l'OCDE au lancement de politiques de sciences dans les pays occidentaux, mais, avec ou sans mauvaise conscience, je me suis beaucoup intéressé aussi au problème du Tiers monde, à l'époque où cette notion avait encore un sens puisque elle a été largement dépassée à la suite de l'effondrement du système communiste.

« Faut-il au Tiers monde des sciences ou des techniques ? » La question m'offre l'occasion de mettre les choses au point et de dissiper quelques malentendus. S'il va de soi qu'il en faut et même beaucoup, la vraie question est de savoir lesquels. Je ne peux qu'approuver les propos Christian Coméliau sur les sciences sociales : tout dépend des objectifs que l'on se donne dans le contexte d'une définition, théorique ou pas, de ce que doit être le développement de son pays ou d'une région donnée. Là réside d'ailleurs la source de toutes les ambiguïtés des politiques de développement menées depuis une quarantaine d'années et qui ont conduit à un constat relatif d'échec dans certains cas et de succès beaucoup plus rarement, hélas. « Relatif » car la notion de développement, Christian Coméliau l'a rappelé, n'est pas apodictique comme pourrait l'être la théorie d'Einstein par exemple. Le développement a du mal à se vérifier. De ce point de vue, il existe une petite différence entre l'épistémologie des sciences sociales et celle des sciences dites « dures ».

En dépit de ce que la communauté scientifique internationale n'a cessé de revendiquer et que tant de représentants des pays en développement ont également appuyé – cette maison, les Nations Unies et certaines autres institutions –, il m'est arrivé d'écrire que l'histoire des sciences et des techniques tout comme l'expérience pratique du développement de ces quarante dernières années montrent que la recherche fondamentale n'est pas indispensable dans certaines conditions (que je vais préciser) au développement de nombreux pays en développement. Il me faut cependant nuancer cette affirmation : il y a des pays en développement qui disposent d'infrastructures scientifiques, d'une tradition relative dans ce domaine depuis plus d'un siècle, de gens formés, de dirigeants – quels qu'ils soient, dictateurs ou non (le rôle de ceux-ci de ce point de vue n'est d'ailleurs pas sans importance) – qui reconnaissent à l'institution et aux activités scientifiques un élément de dynamisme indispensable au progrès économique et social de leur pays. Nous connaissons ces pays. S'ils sont assez nombreux par bonheur, ils constituent dans l'ensemble des pays membres des Nations Unies une infime minorité.

La plupart des pays en développement, en Afrique, en Amérique latine et en Asie, ont vécu sur l'idéologie d'une science qui leur permettrait de rattraper les pays dits, non pas développés, mais industrialisés. Cela a conduit à beaucoup d'erreurs, de dépenses inutiles et d'éléphants blancs. Cela ne signifie pas pour autant qu'il faille se passer de la recherche fondamentale. Cependant l'histoire nous a appris, en particulier celle du Japon, celle des pays européens avant la Révolution industrielle et celle plus proche de nous des quatre petits dragons d'Asie, que l'on peut se développer rapidement et être présent sur le marché international des technologies sans pour cela bénéficier d'un capital de recherche fondamentale très important. Le cas du Japon le montre à l'évidence : ce n'est que lorsque ses succès technologiques, entre la fin de la Grande Guerre et les lendemains de la seconde guerre mondiale, lui ont permis de disposer

d'une certaine croissance économique et d'institutions adéquates, que le Japon s'est résolument engagé dans un effort de recherche fondamentale, parce que l'évolution des technologies le demandait et parce que ce pays disposait des ressources et de la main d'œuvre indispensables.

Dans la grande majorité des pays en développement, hormis dans des pays continents, tels le Brésil, la Chine et l'Inde, ces infrastructures n'existent pas, le contexte économique ne s'y prête pas et il n'y a pas de tradition scientifique. La plupart d'entre eux ont cependant disposé de structures pour élaborer des politiques scientifiques, mais celles-ci n'ont conduit qu'à la création d'une bureaucratie sans institutions scientifiques, si ce n'est celles qui étaient soutenues, voire offertes par les anciens pays colonisateurs. Ce discours sans concessions permet de revenir sur terre, non pour prétendre qu'il est possible de se passer de recherche fondamentale, mais pour affirmer que celle-ci est indispensable pour former et encadrer des équipes nationales qui pourront tirer parti des connaissances scientifiques et techniques et les appliquer à la stratégie de développement que leur pays *lui-même* aura définie. Mais enfin la science, la bonne science et il n'existe de science que très bonne, ou ce n'est pas sérieux, c'est celle qui répond aux critères de la communauté scientifique internationale.

Je voudrais attirer votre attention sur le coût social des politiques de science qui se sont limitées à reproduire le modèle scientifique des nations les plus avancées. Les Etats qui ont conduit ce type de politique ont envoyé dans les pays industrialisés des talents qui ne sont jamais revenus ou qui, à leur retour, n'ont pas trouvé d'institution où utiliser leur savoir et leurs compétences. Cela explique d'une part, le *brain drain* et d'autre part, le malaise des communautés scientifiques des pays en développement dont le système social ne reconnaît pas l'importance de la science en tant que telle. L'imitation des modèles américain, européen, ou soviétique à l'époque où il pouvait encore exercer ses charmes, a amené, en Afrique en particulier, avec l'aide bien sûr des ex-pays colonisateurs, à la création d'institutions d'enseignement supérieur. Ces structures ont produit de nombreux docteurs et très peu de cadres intermédiaires ou d'ingénieurs aptes à maîtriser le système technique avancé sur lequel aujourd'hui nous, pays du Nord, vivons. Les pays en développement ont de bons professeurs et parfois de bons docteurs, mais ne bénéficient ni d'infirmiers, ni de médecins, ni de techniciens. Le Brésil offre un admirable exemple de ce point de vue. L'Inde, premier pays du monde pour la quantité de chercheurs formés chaque année, est aussi celui qui possède le plus grand nombre de scientifiques au chômage et qui « exporte » dans les pays industrialisés le plus de chercheurs.

Cela ne signifie pas que l'on puisse se passer de recherche fondamentale, mais que l'on y a investi des sommes disproportionnées alors que l'on aurait pu être beaucoup plus efficace en généralisant l'enseignement primaire comme ce fut le cas en Europe au XIX^e siècle. La Révolution industrielle ne s'est pas faite en effet avec la Science et l'Université, mais à partir de l'école élémentaire et de l'enseignement professionnel. C'est ce qui a par exemple permis de passer très facilement du forgeron au mécano de l'industrie automobile.

J'ai écrit avec André Lebeau qu'à la question « quel est l'impact sur le développement d'une politique de science qui se consacre pour l'essentiel à la recherche fonda-

mentale ? », la réponse était « nul »... dans le court terme, où que ce soit ! La recherche fondamentale produit de l'information disponible pour la communauté scientifique internationale. Qui en profite ? Ceux qui sont capables de transférer ces connaissances et informations dans le savoir-faire immédiat des préoccupations économiques, industrielles, ou en matière de santé.

Les pays en développement membres des Nations Unies ne doivent pas avoir pour objectif de reproduire les prouesses scientifiques d'Einstein. C'est une question de bon sens ! Entre nous soit dit, quand ils arrivent à les imiter, l'exemple de réussite le plus parfait est celui d'Abdul Salam, mais il travaille à Trieste et non au Pakistan ! Leur objectif devrait être tout simplement de résoudre les problèmes les plus urgents – la survie, la faim ou le chômage – et non de se mesurer dans la compétition internationale par l'acquisition de nouvelles technologies.

Martine Barrère — On pourrait ajouter à l'exemple du système éducatif européen celui de Singapour ou de Taïwan. Le développement de ce deux pays s'est d'abord, quelles que soient les différentes phases de leur développement agricole, industriel ou de techniques de pointe, fondé sur le système éducatif. Il y a quatre ou cinq ans, 90 % des jeunes Taïwanais avaient le niveau du baccalauréat. Effectivement, les nouveaux dragons aujourd'hui ont parfaitement compris la nécessité d'un système éducatif qu'ils mirent en place bien avant de se tourner vers la recherche fondamentale.

Il est vrai, comme l'a souligné Jean-Jacques Salomon, que le Japon a fait de la recherche fondamentale dès lors qu'il a bénéficié des ressources financières et des hommes nécessaires, mais également parce qu'il a été encouragé en cela par la pression internationale sous l'injonction du fameux « arrêtez de nous copier ! ». Lorsqu'ils ont atteint un certain développement, les Japonais, de façon extrêmement astucieuse, n'ont pas privilégié la création de centres de recherche fondamentale dans leur pays, mais ont créé dans les pays occidentaux des centres où ils sont minoritaires, dont les capitaux proviennent principalement du Japon et où ils arrivent à drainer les meilleurs chercheurs du pays d'accueil.

Jean-Jacques Salomon — Je n'ai pas voulu dire qu'il n'y avait pas de recherche fondamentale au Japon vers 1880, au début de l'ère de Meiji. Deux exemples : en physique, ils ont eu d'excellents scientifiques au lendemain de la guerre 14-18 et, même avant, un élève japonais de Pasteur, Kurasatou, est apparu dans la liste des nobélisables. La philosophie des sciences au Japon est différente de la nôtre. Les Japonais ont découvert la science occidentale à travers l'impérialisme européen et les bateaux qui ont violé leurs frontières. Cela les a d'ailleurs beaucoup frappés, d'où Port-Arthur... Pour eux, l'intérêt de la science européenne, ce fut la technologie. Aujourd'hui encore, le rapport du Japon à la science révèle une obsession de la technologie. Leurs universités n'ont pas tout à fait le même statut que les nôtres, et leur essor industriel est dû, depuis 1945, pour l'essentiel à des institutions extra-universitaires.

Une intervenante — Vous dites que l'on n'a pas donné la priorité à l'enseignement primaire, mais aux formations scientifiques dans l'enseignement supérieur ; on pourrait également dire que l'on a formé beaucoup de médecins dans de nombreux pays

africains, mais les populations n'ont ni les moyens ni les connaissances qui leur permettraient d'y avoir accès, donc ceux-ci « s'exportent ». Il faut donc commencer effectivement par développer et distribuer des ressources à la base.

Alain Ruellan — Quoi qu'il en dise, le discours de Jean-Jacques Salomon est sans nuances... J'ajouterai deux ou trois choses également sans nuances !

Premièrement, ras le bol du court terme ! Cela fait trente ans qu'à force d'en parler, il n'y a aucun projet à long terme et que l'on rate tout. Sous prétexte qu'il faut régler les problèmes de l'année prochaine, on ne règle ni ces problèmes ni ceux qui se présenteront dans dix ans. Je crois au contraire beaucoup au long terme dans la recherche scientifique

Deuxièmement, ras le bol de l'impérialisme anglo-saxon sur la recherche ! Dire que le Japon, l'Inde et l'Afrique feraient mieux de faire du technique et laisser aux Américains la science a justement favorisé cette situation. Le pouvoir scientifique est de plus en plus entre les mains des Anglo-saxons. Les Français luttent comme ils peuvent, mais ils acceptent les normes qu'ils imposent. Je dis cela pas simplement par agressivité contre l'hégémonie de leur discours, mais aussi parce qu'il contribue à un fantastique appauvrissement. L'universalité de la science n'existe pas. Or, on se prive de plus en plus de la diversité culturelle dans la recherche scientifique. Je me bats pour la recherche fondamentale dans tous les pays du monde parce que je crois à la possibilité d'un enrichissement mondial de la recherche grâce à la contribution de tous les peuples, de tous les pays, de toutes les cultures. Cela coûte cher, bien sûr !

Quant aux systèmes éducatifs, ils ne se construisent que sur des bases scientifiques solides. Le système d'éducation français mis en place il y a une centaine d'années ne s'est pas fondé sur une absence de science. Celui-ci, y compris l'école primaire, a été créé parce qu'il y avait des données scientifiques à valoriser. Il ne faut pas vouloir favoriser le système éducatif au détriment de la recherche scientifique fondamentale. Ce serait une erreur.

Gérard Winter — Je voudrais abonder dans ce sens. C'est une erreur d'affirmer que des pays n'ont pas de tradition scientifique et donc qu'ils ne doivent pas faire de recherche fondamentale. A ce train là, ils n'en n'auront jamais ! Ce ne sont que des formules répétées depuis dix ans. Selon vous, c'est le problème de la faim qui est important. Prenons l'exemple des nombreuses populations des pays tropicaux qui consomment du manioc. Qui s'occuperait de la recherche fondamentale sur le manioc, si ce n'était les pays du Sud ? Aucune firme, aucun laboratoire du Nord ne le ferait. On peut dire la même chose à propos du paludisme.

Un intervenant — Poser le problème comme le fait Jean-Jacques Salomon est une façon de le déplacer. Ce n'est pas parce que la recherche fondamentale n'a pas eu d'impact sur le développement que, par principe, elle est inutile. D'ailleurs, parmi tout ce qui a été fait pour le développement, qu'est-ce qui a eu un impact ? Les financements internationaux, les investissements des éléphants blancs en ont-ils eu un ?

Par ailleurs, un chercheur, qu'il soit centrafricain, colombien ou qu'il appartienne à un autre pays du Sud, travaillant sur une question telle que le paludisme, par exemple,

serait-il dans une situation anormale si ses travaux, même réalisés dans des conditions difficiles, précaires ou instables, apportaient des résultats ?

Jean-Jacques Salomon — Il suffit de mettre en cause les idées reçues dans ce domaine – souvent de pures idéologies – pour aussitôt apparaître comme celui qui pense que les bons sauvages qui accueillaient les Espagnols étaient incapables de voir autre chose que des dieux dans les envahisseurs, par opposition aux Espagnols qui se demandaient si c'était des hommes ! Ne me faites pas de faux procès et ne me prenez pas pour le raciste post-colonialiste que je ne suis vraiment pas. Lisez-moi plutôt ! J'ai pris le soin d'écrire avec le maximum de nuances des choses qui me tiennent à cœur. Le bilan des politiques de développement ne témoigne pas d'un succès magistral. Mais cela n'a rien à voir avec la science, c'est un problème de choix politique. Qui travaille sur le paludisme aujourd'hui, hormis l'Institut Pasteur, quelques laboratoires spécialisés pour la plupart situés dans des pays industrialisés dont, permettez-moi de vous le dire, le niveau de recherche n'est pas génial ?

Il est vrai que l'enseignement élémentaire français a été lié à la révolution scientifique, mais quel était son premier objectif : savoir lire, calculer et écrire. Or, l'analphabétisme dans les pays en développement, n'est-il pas un grand problème ?

Si l'on se préoccupe du développement en fonction des besoins réels d'un pays, si dans cette préoccupation on a pour objectif la distribution relative des recherches ce n'est pas par la science que l'on y arrivera mais par des engagements politiques et économiques très précis. Encore une fois, ne me faites pas dire ce que je n'ai jamais dit, à savoir qu'on peut se passer de la science. Je ne suis pas contre la science fondamentale, mais je crois qu'il y a autre chose.

Pour revenir sur le court et le long terme. Le long terme est une belle préoccupation de pays riches. Dans le court terme, il y a des gens qui meurent, il y a des institutions politiques monstrueuses qui débouchent sur les catastrophes que nous avons connues. Parce que l'on a une pensée étrange du long terme, on a sacrifié les objectifs indispensables du court terme.

La science est-elle vecteur de progrès au Sud ?

Lardi Bouguerra — Professeur à la Faculté des sciences de Tunis, je suis actuellement au CNRS pour une année. A la question « faut-il au Tiers monde des sciences ou des techniques ? », la première chose à noter est que les sciences et les techniques ont toujours fasciné le Sud. Malheureusement, comme la langue d'Esope, la science et la technique n'y sont pas exemptes d'ambiguïtés. La science contemporaine est arrivée dans les bagages des colonisateurs et a souvent nié les apports et savoirs universels des peuples dominés. Une fois les indépendances acquises, le discours officiel a beaucoup encensé la science et surtout la techno-science, mais dans la pratique, la recherche scientifique n'a jamais constitué une priorité des nouveaux États. Ceci est particulièrement vrai du monde arabo-musulman et des pays arabes actuels.

Pourquoi ce peu d'intérêt de la part de l'*establishment* politique du Sud à se doter des moyens pour qu'une communauté scientifique puisse voir le jour ? Il y a d'abord des raisons culturelles. Dans le monde arabe, la véritable science est celle du Coran,

de la vie du prophète et donc, tout ce qui est en relation avec la langue arabe et la religion. Un lettré est un monsieur versé dans ces sciences-là. Les sciences modernes ont eu du mal à dépasser cette barrière d'autant plus qu'elles avaient le visage du dominateur. De plus, il y a eu l'impérialisme du modèle dominant occidental et peut-être aussi des craintes politiques, dans la mesure où le pouvoir politique dans les pays du Sud n'a pas toujours une assise très nette et ne s'est pas toujours constitué de façon démocratique. Le pouvoir n'y a pas toujours envie de mettre en avant les scientifiques. *A contrario*, en Algérie, on tue aujourd'hui des psychiatres, des médecins, des intellectuels qui pourraient offrir une alternative à une solution politique des problèmes que connaît ce pays.

Les avancées actuelles de la science, et notamment leur exploitation par ce que l'on appelle d'un terme pompeux, les macro-systèmes techniques, et j'ajouterai les multinationales, ont singulièrement changé la donne. Un grand observateur de la communauté scientifique américaine, David Dixon, qui a été le correspondant de *Nature* pendant une dizaine d'années à Washington, a dit que « la science est devenue aujourd'hui un instrument de l'impérialisme marchand ». Cette maxime ne se vérifie nulle part mieux que dans le Sud. Les exemples sont nombreux : pesticides dangereux interdits dans le Nord et déversés là-bas ; médicaments frelatés ; déchets toxiques. Souvenez-vous de la déclaration de M. Summer, vice-président de la Banque mondiale en 1990, lorsqu'il disait qu'il était absolument normal que les déchets soient traités dans les pays africains puisque c'était des pays sous-pollués ! Tout ceci contribue à pousser les populations du Sud dans les bras de l'irrationnel et induit certains comportements qui n'ont rien à voir avec la science telle que pratiquée aujourd'hui.

S'ajoute à ceci l'exploitation par les multinationales des richesses biologiques du Sud, sans une juste compensation à ceux qui ont gardé la mémoire et transmis les savoirs ancestraux. Le cas des semences est à cet égard devenu classique. Il y a eu récemment des manifestations contre les multinationales qui améliorent des semences à l'aide de gènes prélevés sur des plantes tropicales puis viennent les revendre dans ces mêmes pays, sans que les paysans qui leur ont indiqué l'espèce aient bénéficié de la moindre retombée. Avec le défunt GATT et les accords signés à Marrakech sur la propriété intellectuelle, la situation ne peut guère s'améliorer.

Certaines avancées scientifiques majeures ont des effets « boomerang » dans de nombreux pays du Sud. Un exemple : s'il est désormais possible de produire, à la suite des avancées de la biotechnologie, de la vanille en grande quantité à Paris ou à Glasgow, quel sera l'avenir d'une île comme Madagascar déjà extrêmement éprouvée ? Une avancée scientifique est-elle toujours un progrès ? Jean-Jacques Salomon a écrit que « l'image du progrès scientifique a cessé de coïncider avec celle du progrès humain ».

Evoquons également le cas du paludisme. Jean-Jacques Salomon n'a pas parlé de Manuel Patarroyo. Or, ce chercheur de Bogota vient de mettre au point un vaccin contre le paludisme. Il a publié dans *Nature* trois papiers et s'est donc plié au rituel occidental scientifique. Son vaccin vient d'être essayé en Tanzanie et l'OMS le soutient actuellement pour la mise en œuvre d'une deuxième phase des tests. Mais, depuis les indépendances, l'intérêt des multinationales pour le paludisme et pour les maladies tropicales, n'est plus aussi fort qu'au temps des colonies, parce qu'un vaccin contre le paludisme

n'intéresse aujourd'hui que deux milliards d'êtres humains désargentés. Par conséquent, cette découverte n'a aucun intérêt pour le *cash-flow* des multinationales.

L'informatique et les télécommunications constituent une autre avancée de la science. Malheureusement, lorsque les garde-fous juridiques n'existent pas, lorsque la critique du pouvoir n'est pas autorisée, comme c'est très souvent le cas au Sud, ces progrès peuvent affecter les libertés publiques et les droits de l'homme et par conséquent rendre le combat pour la démocratie dans ces pays singulièrement difficile.

Enfin, dernier exemple : l'énergie nucléaire déchaîne les passions lorsqu'il s'agit de son exploitation dans les pays du Sud ; ce qui se passe sur le terrain international, si l'on compare ce qui est accordé à l'Irak ou à la Libye et le traitement réservé à la Corée du Nord, suscite de nombreuses questions...

Il est vrai qu'il faut des sciences et des techniques au Tiers monde sinon les pays du Sud ne s'en sortiraient pas. Il n'en demeure pas moins qu'un très grand nombre d'avancées peuvent se retourner contre eux et augmenter leurs souffrances et leurs maux. Que faudrait-il ? Une science mutante dans le creuset de laquelle seront contrôlés les savoirs traditionnels comme les connaissances les plus avancées du génie humain et de l'homme contemporain.

Je conclurai avec les propos de Joseph Kiserbo un grand historien de l'Afrique : « Il y a des réserves de rationalité, des principes logiques dans nos pays africains qui dans différentes sciences devront être exploités pour donner de nouvelles dimensions à ces disciplines ». C'est la bonne démarche : prendre à l'Europe et lui donner à notre tour. Si nous voulions tout recommencer à zéro ce serait un apartheid de l'esprit.

Un intervenant — Contrairement à ce que l'on croit, le vaccin contre le paludisme n'existe pas encore. Manuel Patarroyo a un discours extrêmement publicitaire afin d'avoir les moyens de travailler ; et il a raison, il a obtenu beaucoup d'argent ainsi. Les essais sont en cours actuellement et ils se termineront à la fin de cette année. Nous n'aurons donc les résultats qu'à ce moment, voire en 1995. On ne peut pas se prononcer aujourd'hui.

Lardi Bouguerra — Je voudrais cependant vous faire remarquer que la phase deux de son vaccin a commencé en Tanzanie, sous supervision de la Suisse et de l'Espagne (il n'est pas partie prenante dans l'affaire, il aura donc un jugement objectif), et sous l'égide de l'OMS.

Martine Barrère — Oui, mais il ne faut pas oublier que Manuel Patarroyo a eu, au début, d'immenses problèmes pour faire reconnaître à ses collaborateurs anglais que son travail avait une réelle valeur scientifique.

Jean-Jacques Salomon — Hormis ce qui a été dit à propos du nucléaire et la Corée, je partage tous les points de vue de Lardi Bouguerra. Il y a deux conditions pour qu'il y ait de la science. La première : il faut des institutions et des traditions. La seconde : l'environnement politique, quel qu'il soit, doit être favorable à la critique qui constitue le fondement du progrès scientifique.

Un intervenant — Ce débat ne pourrait-il pas être un peu dédramatisé aujourd'hui ? Il y a une vingtaine d'années, les chercheurs du Sud s'orientaient vers la recherche fonda-

mentale. Il y eu ainsi beaucoup de physiciens théoriciens ; Abdul Salam en est un exemple. Depuis, l'éventail s'est un peu équilibré. Il y a davantage d'ingénieurs et même de scientifiques qui s'adonnent à la recherche appliquée.

Lardi Bouguerra — Oui, c'est sûr. Ce que l'on peut dire aujourd'hui, pour ramener le problème à sa juste proportion, est que la balle est dans le camp des pays du Tiers monde. Ce qui se passe actuellement dans les pays du Sud est essentiellement un problème politique. La science et la technique ne sont absolument pas dans la priorité des décideurs, comme on peut le voir dans le monde arabe. Il est extrêmement important de pouvoir lire sur les plaques des immeubles « nous avons une académie des sciences, nous avons un institut de ceci ou de cela ». Mais quand on pousse la porte, on s'aperçoit qu'il n'y a rien derrière. Seule la démocratie peut amener ces décideurs à changer. Malheureusement, cela semble plutôt renvoyé aux calendes grecques.

Martine Barrère — Lardi Bouguerra a évoqué une science mutante sans aller très loin dans la réponse à la question que j'ai posée au début, « comment associer les techniques traditionnelles et la technique moderne ? » Sa seconde affirmation « la science est contre le Tiers monde » ne permet pas non plus d'avancer. Pourquoi donc la science serait-elle *pour* le Tiers monde ? Il n'y a aucune raison. La science n'est pas faite par le Tiers monde mais par les pays du Nord, en particulier pour asseoir leur domination sur le Sud.

Alain Ruellan — Le fait que la recherche se fasse à 95 % au Nord, et en grande partie dans les pays anglo-saxons, est dangereux pour l'avenir de la pensée scientifique parce que cela lui enlève d'immenses richesses culturelles. L'abandon du terrain est très grave et sa reconquête, avec les recherches sur les villes, sur les systèmes naturels ou agricoles par exemple, ne se fera qu'à partir de recherches scientifiques à long terme et à court terme enracinées dans les pays concernés. Il faut distinguer ces deux grands types de recherche : celle menée dans des laboratoires climatisés et celle conduite sous le soleil. Il est possible d'exporter au Sud des laboratoires climatisés, en installant à Dakar un laboratoire sur la culture *in vitro* par exemple, mais si des chercheurs nationaux ne participent aux travaux qui y sont réalisés, cela n'avancera à rien.

Lardi Bouguerra — Il ne peut pas y avoir, comme l'a justement souligné Alain Ruellan, de sciences dans les pays du Tiers monde s'il y a abandon du terrain. Comment expliquer cet abandon ? Parce que, dans un très grand nombre de pays sous-développés, il existe maintenant une bureaucratie de la recherche particulièrement développée. Elle fait les lois et les textes dans les bureaux. La recherche sur le terrain n'est donc pas toujours valorisante. Comment les scientifiques arrivent-ils dans les bureaux ? Par népotisme ou volonté politique.

Un intervenant — Que peuvent faire aujourd'hui les nouveaux chercheurs du Tiers monde ? Je suis algérien et, après quelques années passées en France, j'hésite à rentrer chez moi. C'est le cas de la plupart des jeunes chercheurs des pays en voie de développement puisqu'ils trouvent plus facilement du travail au Nord. Que pourraient-ils d'ailleurs faire chez eux où leur seule alternative est de prendre les armes et de changer les pouvoirs ?

Lardi Bouguerra — Personnellement, je ne suis pas du tout un adepte des armes. Au cours de ma vie scientifique, je n'ai combattu qu'avec un stylo et un tableau noir ! Il est vrai que dans de très nombreux pays du Tiers monde, il y a beaucoup de jeunes chercheurs qui abandonnent la recherche une fois leur thèse soutenue, car ils ont été nommés maîtres de conférence ou professeurs. S'il y a quelque chose que le Nord pourrait nous apporter, ce serait de contribuer à ce que ces travaux se poursuivent sur le long terme et que ils ne soient pas une simple reproduction, pour reprendre une expression de Pierre Bourdieu.

Je crois que l'avancée des sciences dans les pays du Tiers Monde ne peut se faire fondamentalement qu'à travers les sciences expérimentales, tempérées bien sûr par les siècles de philosophie et de sagesse qu'ont connues et qu'ont exercées nos peuples.



L'ÉDUCATION SCIENTIFIQUE EST LA BASE RÉVOLUTIONNAIRE DU DÉVELOPPEMENT

José Leite Lopes

professeur à l'Université de Strasbourg,
au Centre brésilien de recherche physique
et à l'Université fédérale de Rio de Janeiro, Brésil

Je suis actuellement professeur qu'on appelle « émérite » à l'Université de Strasbourg, au Centre brésilien de recherche physique et à l'Université fédérale de Rio de Janeiro. Physicien de formation, j'ai beaucoup travaillé à l'étranger et dans mon pays (1).

Depuis longtemps, des économistes, des hommes d'État et des experts de pays du Tiers monde soulignent l'importance du *transfert de technologies* pour que se développe l'économie de ces pays. Mais, en général, ce transfert se réduit à l'implantation d'usines en provenance des nations industrialisées. On oublie de dire que l'une des bases du grand développement des États-Unis d'Amérique fut le transfert de *connaissance scientifiques* de l'Europe vers ce pays dans les années 1930. Du fait de la montée du nazisme et du fascisme en Allemagne et en Italie, d'éminents hommes de culture et des chercheurs scientifiques remarquables furent obligés ou amenés à quitter une Europe menacée par la victoire possible du totalitarisme, et furent accueillis aux États-Unis. Là, les universités et les laboratoires de recherche les recrutèrent comme professeurs et chercheurs sur la base de leur activité et production scientifique antérieures.

Ce transfert de connaissances fut important pour l'impulsion de la science, de la technologie et de l'économie aux États-Unis. Et, finalement, il a fallu que l'éducation de base fût solidement implantée et répandue dans ce pays, pour que son peuple devint l'acteur de ces transformations.

En général, on parle du Tiers monde comme s'il ne formait qu'un seul bloc et une communauté homogène. En réalité, les pays qui le composent ont des degrés différents de développement, des problèmes spécifiques, et il faudrait définir les questions propres à chacun afin de proposer des recommandations permettant de stimuler leur développement.

Pour les pays les plus pauvres, la question fondamentale est naturellement l'alimentation et la santé ainsi que l'éducation de base pour que les femmes, les hommes et les enfants aient un niveau de vie suffisant, pour qu'ils sachent comment éviter les maladies, comment séparer l'eau potable de celle des égouts, et qu'ils puissent travailler. L'aide à ces pays doit donc consister en missions qui puissent contribuer à la solution de ces questions avec l'intervention d'enseignants, de médecins, d'ingénieurs et de

techniciens en agriculture et en politiques sociales. En même temps il faudra encourager ces populations à développer des techniques simples, et souvent rudimentaires mais efficaces, transmises de génération en génération (au Pérou on cultive des milliers d'espèces de pommes de terre, héritage des Incas, une culture importée par l'Europe).

Il y a, d'autre part, des pays du Tiers monde qui ont des régions raisonnablement développées à côté de celles d'une grande pauvreté. Le Brésil, le seul dont je puisse dire quelque chose sur ces questions, en fait partie. Comme dans les autres pays du Tiers monde qui ont été des colonies – à côté des États-Unis d'Amérique – la colonisation au Brésil a donné lieu à des problèmes graves qui se sont répercutés par la suite.

La colonisation portugaise du Brésil était contraire au développement de la culture et de la recherche scientifique. La presse était interdite : un décret royal (*Carta Régia*) du 6 juin 1747 donna l'ordre de détruire le premier atelier typographique fondé par le Père jésuite Francisco de Faria à Rio et du transfert au Portugal des presses de façon à empêcher l'impression de livres et de journaux (2). L'activité scientifique résulta donc, jusqu'au XIX^e siècle, de missions de chercheurs européens envoyés pour étudier la flore, la faune, les richesses naturelles du pays, qui étaient exotiques pour ces savants.

Au cours des XVI^e et XVII^e siècles, les Pères jésuites eurent la main mise sur l'enseignement à l'Université de Coimbra. Ils dispensèrent un enseignement qui ne prenait pas en compte le mouvement scientifique qui se développait dans le reste de l'Europe, en France, en Angleterre et que symbolisèrent la fondation en 1660 de l'Académie des sciences à Paris par Louis XIV et de la *Royal Society* à Londres par Charles II. L'enseignement au Brésil se faisait dans les écoles fondées par les Jésuites et par conséquent, il n'y avait aucune formation scientifique – les cours de latin étaient suivis par les fils des familles propriétaires de terres et de manufactures de sucre. Le gouvernement du Portugal s'opposait aux séjours de Brésiliens dans les universités de l'Europe – seule Coimbra pouvait les recevoir.

Un espace européen de culture et de recherche scientifique émergea vers la fin du XV^e siècle. Les progrès techniques en Europe – déjà remarquables dans l'architecture des cathédrales au Moyen Âge – donnèrent naissance à l'École des navigateurs de Sagres au Portugal d'où sortirent les remarquables expéditions qui conduisirent à la découverte des nouveaux continents. La Sainte Inquisition, néanmoins, empêcha la continuation de ces réalisations extraordinaires. L'enseignement scientifique expérimental qui commençait à se développer en Europe au début du XVII^e siècle ne put s'établir au Portugal, sauf après la réforme de l'université de Coimbra par le Marquis de Pombal en 1759, qui expulsa les Jésuites, ce qui eut des répercussions au Brésil.

Si les États-Unis d'Amérique étaient également une colonie, pourquoi cette différence entre ce pays et ceux de l'Amérique latine ? Question à laquelle on ne peut répondre facilement. Mais je crois que l'absence de contestation de l'Église et l'absence de fermentation intellectuelle due à cette contestation au Portugal et en Espagne constituèrent un important facteur de distinction entre la mentalité des émigrants de ces pays vers l'Amérique ibérique et celle des émigrants vers les États-Unis.

Selon Jean-Pierre Berthe (3) : « *L'Église militante et conquérante d'âmes cède de plus en plus la place à une Église établie, dominée par le clergé séculier, alourdie de richesses matérielles et plus soucieuse, dans l'ensemble, de la splendeur extérieure*

du culte que de la conquête spirituelle ». Elle est dans ces territoires (de l'Amérique ibérique qu'on appelait les Indes) « l'alliée des possédants et la garantie de l'ordre colonial ». Cette atmosphère ne put s'établir en France et en Angleterre, tout au moins pas à un degré prédominant. On se rappellera Erasme de Rotterdam qui faisait des voyages en Europe, à Rome, à Paris, en Angleterre, à Turin, à Venise, à Bâle et défiait les autorités et les institutions avec ses études sur l'Antiquité et ses efforts pour reconstruire l'Église, en rêvant de son retour à une pureté originelle.

Aux États-Unis, la révolution de libération produisit des hommes de la stature de Benjamim Franklin et Thomas Jefferson. À la même époque, la conspiration pour la libération du Brésil ne réussit pas et Tiradentes, l'un des membres de la *Inconfidência Mineira*, fut exécuté. La révolution démocratique ayant échoué, il fallut attendre jusqu'à 1930 un mouvement qui donna lieu à des réformes telles que la création du ministère de l'Éducation et de la Santé, de l'Université de São Paulo avec une Faculté de philosophie, des sciences et des lettres et de la Faculté nationale de philosophie à Rio de Janeiro. La répression du régime colonial au Brésil ne cessa qu'en 1808 lorsque le roi Jean VI s'installa à Rio, fuyant Lisbonne à la suite de l'invasion du Portugal par Napoléon.

L'arrivée de missions étrangères qui venaient étudier les richesses naturelles des tropiques – Auguste de Saint-Hilaire, von Martius et Varnhagen, Spix et Lund – se poursuivit jusqu'au dernier quart du XIX^e siècle. L'Observatoire national est fondé en 1827 et dirigé successivement par Emmanuel Liais, Louis Cruls et Henrique Morize. L'École polytechnique a émergé de l'École centrale en 1874 et l'École des mines est fondée à Ouro Preto en 1876, sous la direction de Henri Gorceix, en vue de la formation d'ingénieurs de mines et de géologues. Un important Musée est fondé à Belem dans la région amazonienne par Emilio Goeldi en 1885 et l'Institut agronomique à Sao Paulo en 1890.

Deux calamités, la peste et la fièvre jaune dans les villes de Rio de Janeiro et de Santos ainsi qu'une maladie du café, donnèrent lieu à la création de deux instituts qui furent le berceau des recherches scientifiques dans le domaine des sciences biologiques : l'Institut Oswaldo Cruz à Rio et l'Institut biologique de São Paulo au début de ce siècle. Pour le gouvernement, il s'agissait d'ouvrir les ports de Rio de Janeiro et de Santos aux immigrants en provenance de l'Europe pour remplacer les esclaves libérés dès 1888 et de protéger l'exportation du café. Ce ne fut qu'à partir de 1930, comme on l'a déjà dit, avec la rupture de la prédominance du système d'exportation du café et les débuts de l'expansion du capitalisme industriel, qu'une politique d'enseignement et de développement scientifique se dessina.

Dans les années 1930, un transfert de connaissances – j'insiste sur ce terme qui est la base essentielle du transfert de technologie – s'est produit aussi au Brésil, bien qu'à une échelle moins importante qu'aux États-Unis, avec l'arrivée de savants fuyant la situation politique en Europe.

Vers les États-Unis se dirigèrent des mathématiciens français, tels que Claude Chevally et Jacques Hadamard, à côté d'Albert Einstein, John Von Neumann, Eugene P. Wigner, Enrico Fermi, Wolfgang Pauli, Leo Szilard, Edward Teller, Georges Placzek, Emilio Segrè, Sergio De Benedetti, Josef Maria Jauch et combien d'autres, y compris des jeunes universitaires à la formation solide obtenue dans les lycées et les universités d'Europe.

Vers le Brésil partirent d'éminents historiens et sociologues français (Fernand Braudel, Roger Bastide, Claude Lévi-Strauss, le géographe Pierre Monbeig), des mathématiciens et physiciens italiens (Gleb Wataghin, qui fonda la physique moderne au Brésil, Guiseppe Occhialini, Luigi Fantappiè et Giacomo Albanese), des chimistes allemands (G. Hauptmann et H. Rheinboldt), le poète italien G. Ungaretti. Tous s'installèrent à São Paulo. A la Faculté nationale de philosophie de Rio, ont travaillé, venus de France, l'épistémologue René Poirier, le sociologue Jacques Lambert, le psychologue A. Ombredane, le spécialiste en science politique J. Gros, et l'écrivain Fortunat Strowski; d'Italie, les mathématiciens G. Mammana et A. Bassi, et A. Monteiro; du Portugal, le physicien L. Sobrero. L'allemand Bernhard Gross fonda à l'Institut national de technologie à Rio, avec J. Costa Ribeiro, un groupe de recherches en physique de l'état solide dès 1934.

Dans les années 1940-1950, le mathématicien André Weil fut professeur à l'Université de São Paulo et avec lui J. Dieudonné et Jean Delsarte. Laurent Schwartz et d'autres membres du Groupe Bourbaki, auquel appartenaient également les mathématiciens cités ci-dessus, approfondirent leurs liens avec cette université, le Centre brésilien de recherches physiques – CBPF – et l'Institut de mathématiques pures et appliquées de Rio. Au cours de cette période, fut en effet fondé le Centre brésilien de recherches physiques. Le physicien autrichien, Guido Beck, qui avait émigré vers l'Argentine, se fixa au CBPF à Rio et cet Institut reçut la visite et la collaboration de plusieurs physiciens tels que Richard Feynman, Cecille Morette de Witt, U. Camerini, S. de Benedetti, G. Molière, Occhialini et Wataghin avec l'appui de l'Unesco. Et à São Paulo, en vertu de considérations politiques, le physicien américain David Bohm, travailla pendant plusieurs années.

J'appartiens à la génération qui a appris avec ces savants. Comme moi-même, un certain nombre de jeunes chercheurs sont partis dans les années 1940 en Europe et aux États-Unis. J'ai travaillé à Princeton avec J.-M. Jauch et ensuite avec Wolfgang Pauli, l'un des fondateurs de la mécanique quantique. J'y fus très impressionné par les séminaires d'Albert Einstein, Hermann Weyl, John A. Wheeler, Eugène P. Wigner et Pauli. Je suis retourné par la suite à l'Institute for Advanced Study de Princeton pour y rencontrer Robert Oppenheimer, Hideki Yukawa, C.N. Yang, Jack Steinberger et Abraham Pais. On comprendra alors pourquoi je me suis engagé dans la lutte en faveur de la recherche et de l'éducation, pour la modernisation de l'université au Brésil. Ces années 1940-1950 furent la continuation de celles qui produisirent le compositeur Hector Villa-Lobos, le peintre Candido Portinari, les poètes Manuel Bandeira, Carlos Drummond et João Cabral de Mello Neto, les architectes Lucio Costa et Oscar Niemeyer. Grâce aux recherches faites par mon collègue César M.G. Lattes qui a contribué à la découverte des pions et de la désintégration pion-muon dans les groupes de Bristol en Angleterre et de Berkeley aux États-Unis, nous avons fondé de nouveaux instituts de recherche en physique au Brésil.

La science marche donc au Brésil, pays du Tiers monde. Il y a eu des contributions scientifiques significatives pour la science, telle que la découverte de la maladie de Chagas (Carlos Chagas), celle de la production de particules pénétrantes dans les rayons cosmiques en 1941 (G. Wataghin, Souza Santos et Pompeia), celle du pion (Lattes, Occhialini et Powell) en 1947-1948, la prédiction du boson intermédiaire neutre Z_0 et

le premier calcul réaliste de la masse du boson W sous l'hypothèse de l'égalité $g=e$ (Leite Lopes) en 1958, qui a conduit plus tard à l'équation $e = g \sin q_w$ et à l'unification des théories des forces électromagnétiques et de l'interaction faible (Weinberg, Salam et Glashow).

Mais l'effort que doit faire mon pays demeure énorme. Car la société brésilienne, depuis l'époque de l'interdiction d'imprimer des livres jusqu'à aujourd'hui, a négligé le problème de l'éducation de base, généralisée et accessible à toute la population. Le pays a eu une croissance démographique extraordinaire mais l'effort pour universaliser l'éducation n'a pas été considéré comme une priorité par les gouvernements, les hommes d'entreprise et même les intellectuels. Sans l'éducation de base pour toute la population, le pays ne sera pas préparé pour l'âge des technologies de pointe et le grand progrès scientifique des nations industrialisées.

Un tel effort ne peut pas empêcher les initiatives, les projets et les actions pour continuer d'améliorer les universités, les laboratoires de recherche, et faire que ces institutions produisent des connaissances nouvelles, des idées originales capables de stimuler l'économie. Il faut que les scientifiques des pays du Tiers monde revendiquent des fonds non seulement pour leurs recherches mais qu'ils participent également à l'effort pour l'éducation de base généralisée, car sans une population convenablement éduquée, sans citoyens avec une culture, leur pays ne sortira pas des crises et des inégalités sociales qui les affligent. L'une des raisons de la faillite des projets d'aide à la science dans le Tiers monde est que l'on n'a pas fait de l'aide à l'éducation de base une partie essentielle de ces projets.

Mes collègues du Tiers monde sont fiers de leurs publications, de leurs réussites. Il faudrait cependant qu'ils s'intéressent à la réalité de leur pays tout en continuant de travailler dans leurs spécialités. Ainsi, les chercheurs et les professeurs universitaires pourraient dédier une partie de leur emploi du temps à des conférences dans les lycées pour expliquer d'une manière simple et attrayantes les derniers progrès dans leur domaine scientifique. Les universités et laboratoires de recherche devraient également élaborer des programmes scientifiques pour les enseignants du premier et second degré, qui seraient invités à les suivre à de moments opportuns chaque année. La question du recyclage des enseignants de l'enseignement de base est importante dans les nations industrialisées. Il faudrait que celle-ci soit une priorité dans les programmes des agences nationales et internationales pour le développement, y compris dans ceux des Académies des sciences, en particulier l'Académie des sciences du Tiers monde.

La science ne s'arrête pas et les technologies qui découlent de ses progrès sont peut-être les grands responsables de la globalisation du chômage qui accompagne l'internationalisation de l'économie. Comment résoudre ces problèmes sans éduquer tous les citoyens, qui seront peut-être capables, s'ils ont eu une formation de base adéquate, de trouver des solutions originales ?

« Faut-il au Tiers monde des sciences ou des techniques ? » Ma réponse est la suivante : si un pays du Tiers monde réussit à résoudre les problèmes fondamentaux de la misère et de la faim, il faudra une assistance pour que se développent l'éducation de base, la santé pour tous et une alimentation accessible à la population. Ensuite il faudra un accès à la connaissance, à la culture, à l'enseignement scientifique et tech-

nique. Une technologie sans science conduit à une dépendance qui ne peut qu'inhiber un développement soutenable.

Le développement économique des pays du Tiers monde et la globalisation de l'économie ont été stimulés par l'action des compagnies multinationales. Ces compagnies devraient apporter de l'aide aux programmes de recherche scientifique dans le Tiers monde aussi bien qu'aux efforts pour l'éducation de base. La compagnie IBM apporte par exemple son soutien aux scientifiques de mon pays. Comme ces compagnies transnationales sont puissantes, leur entrée dans un programme d'éducation et de recherche dans les pays du Tiers monde où elles sont installées pourrait peut-être constituer une contribution importante à la solution des problèmes analysés ici. Mais la responsabilité ultime en matière d'éducation et de santé revient au gouvernement de chaque pays.



NOTES

- 1) Le texte qui suit est le texte de la communication que nous a remis Leite Lopes dans le cadre de cette table ronde.
- 2) Fernando de Azevedo, *A cultura brasileira*, p. 258, Universidade de Brasília 1963 ; Regina L. de Moraes Morel, *Ciência e Estado*, T.A. Queiroz Editor, 1979.
- 3) J.P. Berthe, « L'Amérique Espagnole », *Encyclopedia Universalis*, Corpus I, p. 1045, Paris, 1985.



SCIENCE AND TECHNOLOGY IN A DEMOCRATIC SOUTH AFRICA:

What Has the New Government Inherited and What Are the Major Policy Challenges?

David Kaplan

Policy Research Unit, School of Economics,
Cape Town University (South Africa)

South Africa's scientific and technological capacities are considerable, certainly by comparison with other African countries, but even by comparison with many of the NICs (New Industrial Countries). *The first part of this paper outlines these capacities, in a comparative perspective* - detailing the resources committed to S&T (Sciences and Technics), S&T outputs and (very briefly) indicating the human resources dimension. Even at this general descriptive level, it is clear that the S&T "system" is beset with fundamental problems requiring corrective policies. A number of first order policy objectives are therefore derived.

South Africa's considerable S&T capacities are embedded in a diversified and sophisticated institutional structure. *The second part of this paper extends the analysis to the inherited institutional structure and strategies of S&T* - the present policies, management system for S&T and (especially briefly) a consideration of the principal S&T performers. A number of additional problems besetting the S&T system are evident and further policy objectives are derived.

As with many facets of South African life, S&T has become a highly politicised issue. Organisations outside of government concerned with S&T development have emerged. The new government will therefore seek to realise its policy objectives for S&T within the context of an active civil society. Moreover, the new government has inherited a system which harbours considerable resistance to change and will operate under significant economic constraints. The approach taken by the new government will necessarily reflect these economic-political factors. *The third part of this paper will assess the manner in which and the extent to which the new government has sought to address the policy objectives outlined here in the first four months of its office.*

This paper is concerned therefore to survey the new government's inheritance with respect to S&T; based on an assessment of that inheritance, define the likely policy objectives of the new government and finally, outline how government, in its first few months of office, has sought to restructure the S&T system to meet these new policy objectives.

South Africa will need to develop an S&T system which simultaneously supports the emergence of an internationally competitive business sector and the enhanced provision of infrastructure, such as housing, clean water and domestic electricity. In particular, in a context of extreme social disparities, enhancing access to infrastructure for the disadvantaged is the heart of the government's commitment to a highly politicised constituency. This requires a fundamental re-focusing of existent S&T activities and necessitates that civil society is, in some way, represented and consulted in the identification and definition of S&T priorities.

The State of Science and Technology in South Africa: Establishing First Order Policy Objectives

Inputs

South Africa currently devotes R 2.8 billion (approx. \$US 0.8 billion) to all types of R&D (Research and Development). This represents fractionally more than 1 % of GDP (2). Overall expenditure on R&D and business expenditure on R&D in South Africa – as a share of GDP – is comparable with a number of the NICs.

Over the last decade or so, however, total R&D spending has shown a pronounced tendency to decline. R&D has declined more rapidly than capital expenditure and R&D personnel as a percentage of the workforce has also declined. This is in sharp contrast with most of the NICs, and is of particular concern to a country which is seeking to increase the relative and absolute importance of manufacturing based exports.

Moreover, by contrast with the Asian NICs, much of South Africa's technology thrust can be described as "mission-oriented" ie. focused on radical innovations needed to achieve clearly set out goals of national importance (3). The goal has been "strategic" – defined as limiting the degree of foreign pressure that could be exerted on the apartheid regime, by establishing capacities in certain key areas. Most important have been technology development in respect of atomic energy and armaments (4). It is not possible to calculate precisely the importance of R&D expenditure in these areas, but R&D in armaments *directly* exceeds R 290 million (or more than 10 % of total R&D spend) and 22 % of the Business sectors's spend on R&D (5). A recent authoritative report on the defence industry put the total expenditure on all types of defence research and development at R420million per annum (6). It is not clear how this figure was derived, but it represents approximately 15 % of South Africa's total spend on R&D. Government has invested heavily in atomic energy culminating in the provision of highly enriched uranium for nuclear weapons and South Africa's nuclear power plant. Over the past 26 years, over R 14,600 million has been invested (more than in total R&D). While the R&D component of this expenditure is not known, it is certainly considerable. Atomic energy and armaments together therefore absorb a considerable part of the resources currently invested in R&D. Apart possibly from a few areas related to minerals processing, armaments and atomic energy are the areas of greatest national technological capabilities. However, both areas are far less "appropriate" to the post-apartheid dispensation.

Outputs

Output measures are in principle more significant than input measures in that they indicate the efficiency of the resources committed. But, accurate output measures are particularly difficult to compile and the following should be regarded as "proxies".

1.2.1 Science Outputs

The number of South African publications in the SCI is just under 4,000 per annum. This increased steadily until 1987, but has declined since then.

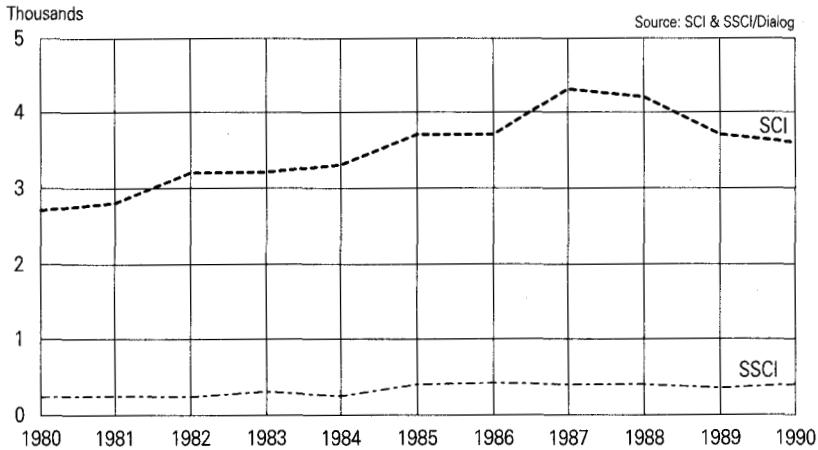


Figure 1. Number of South African Publications in the SCI and SSCI

South Africa's share of total world SCI is currently a little over 0.5%. South Africa's share rose to 0.6% in 1986, and remained at this level until 1988, declining thereafter. South Africa's share of SSCI publications have been essentially stable since 1985.

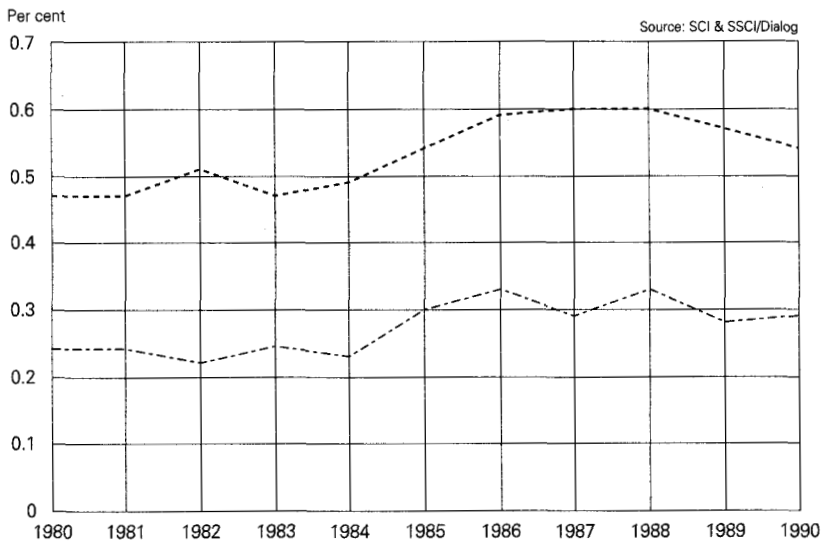


Figure 2. World Share of South African Publications in the SCI and SSCI

South Africa's share of publications in the SCI is large by comparison with that of the East Asian NICs, and especially by comparison with other African countries.

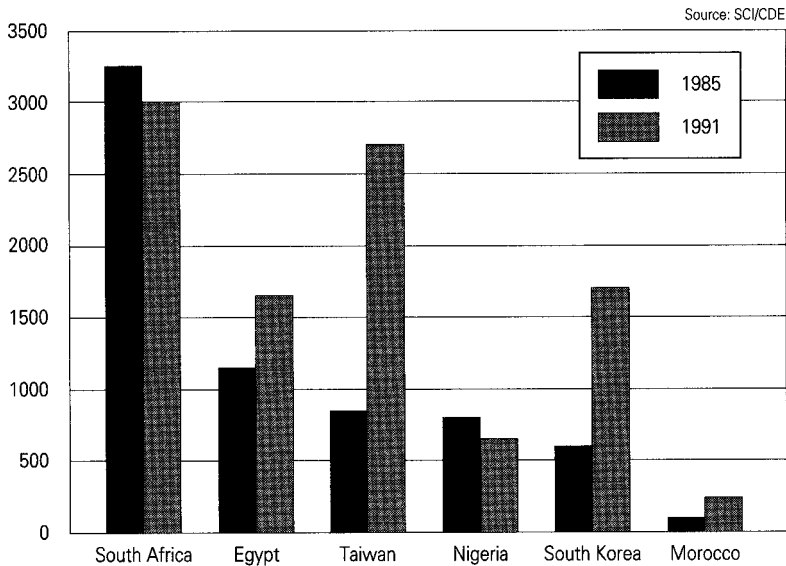


Figure 3. Relative Position of South Africa in Terms of Publications in the SCI

Technology Outputs

South African origin patents registered in the US are currently running at approximately 120 per annum. The number of SA patents rose by 63% between 1976 and 1989 (total foreign origin patents rose 75%) but have declined since then.

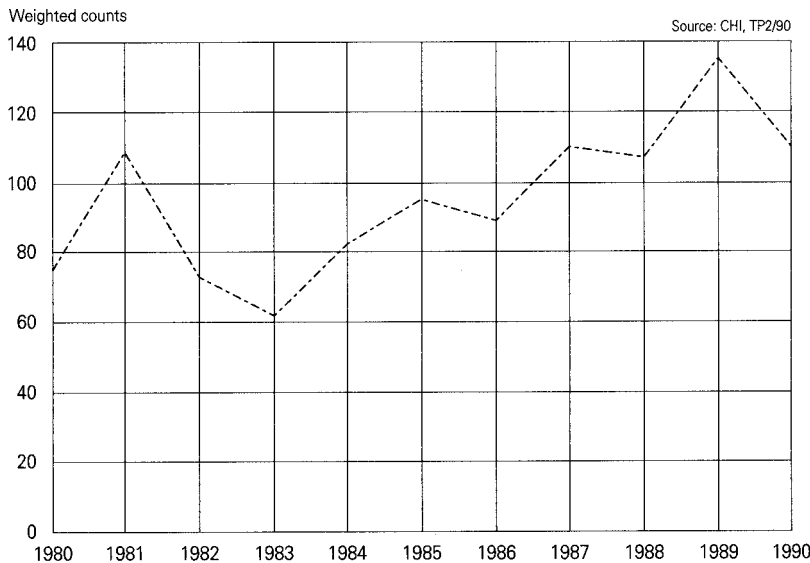


Figure 4. South African Patents Granted in the Usa, 1980-1990

In the 1963-75 period, South Africa was the 17th largest country of origin for patents registered in the US and in 1989 South Africa was the 19th largest country. In 1963-75, South Africa accounted for 0.34 % of all foreign patents registered in the US and in 1988-89, South Africa accounted for 0.29 % of all foreign patents registered in the US (7). South Africa is responsible for approx. 16 % of the patents granted to southern hemisphere countries in the US -second largest but well behind Australia.

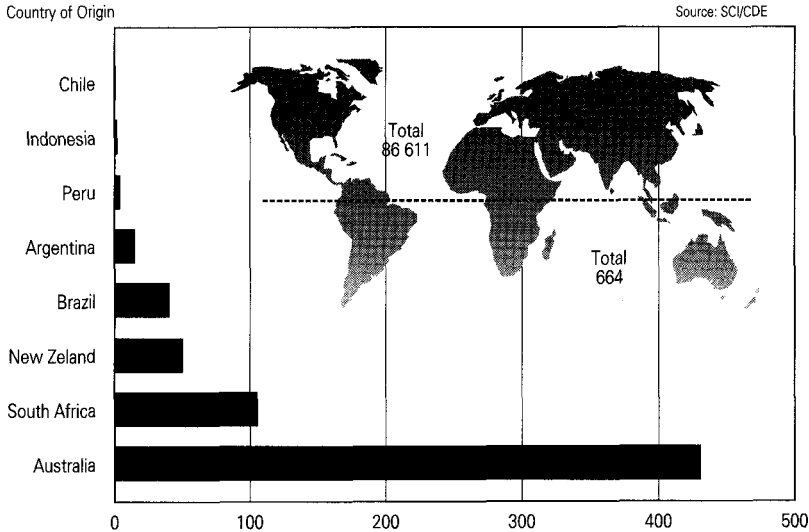


Figure 5. Southern Hemisphere Countries with Patents Granted In the USA, 1990

South Africa certainly dwarfs the international patenting of the rest of Africa.

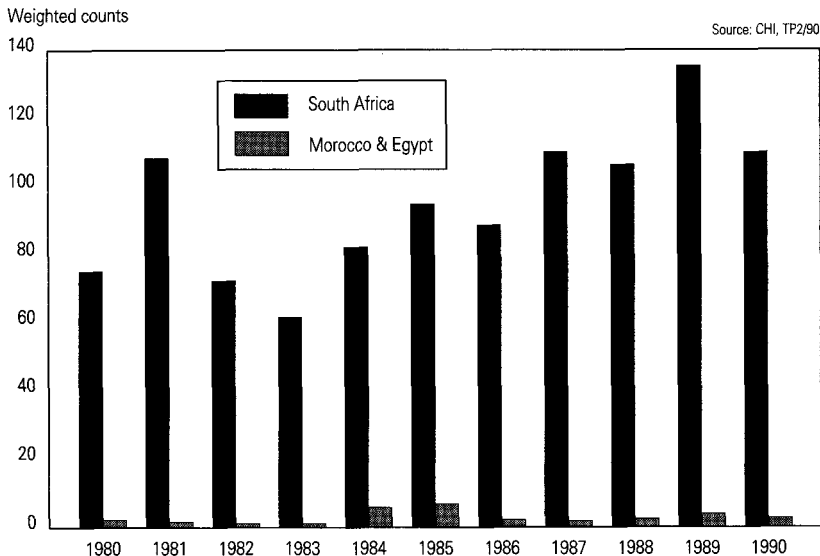


Figure 6. African Patents Granted in the USA, 1980-1990 (all classes)

Domestic patents are a much weaker indicator and, because of national differences in patenting procedures and requirements, cannot be definitively used for comparative purposes. Nevertheless, South Africa ranks ninth out of thirty major countries in the number of its domestic patent applications (8). Patents for local inventions have been rising in the 1980s (although this stabilised after 1987), while foreign patents have tended to decline. In 1980, local origin patents were 38 % of the total registered domestically; by 1988 they were just over 50 % of the total (9).

Science and Technology Outputs Compared

With science output proceeded by the share of South African publications in the Science Citation Index and technology output by the share of South African patents in the USA, in the 1970-88 period, South Africa contributed 5 times as much in science as in technology. By comparison with a number of NICs, South Africa has a higher science output, a higher output of patents (with the exception of Taiwan), but a lower ratio of patents/science output (10).

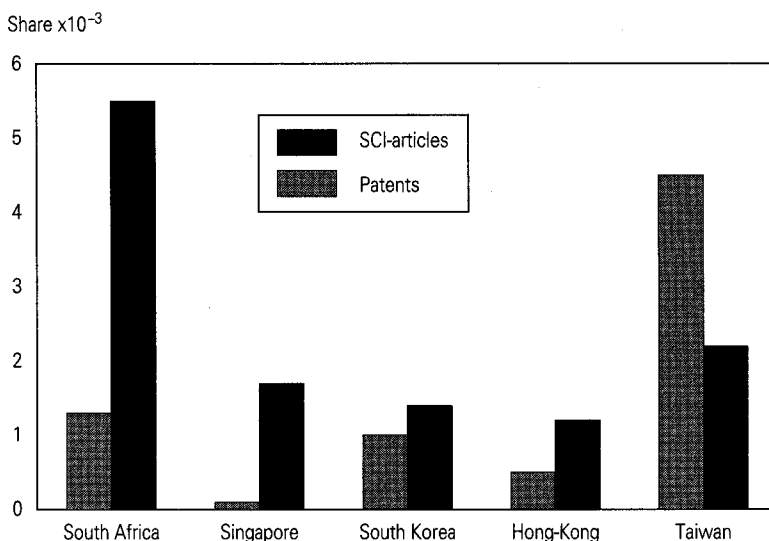


Figure 7. Relative Share of Science and Technology Output; South African and the Asian NICs.

Human Resources

All the indicators suggest that, despite a relatively high technological, and more particularly a relatively high scientific output, by comparison with other countries, South Africa has relatively few scientists and engineers actively engaged in R&D.

South Africa's human resources to support R&D are comparatively very poorly developed. This is evident at all levels. To take just one indication of this, in 1988, SA had a total of 100,000 scientists and engineers – a little under 3,000 per million population. This compares with Korea 8,706 (1986), Singapore 15,304 (1980) and Brazil 11,475 (1980). Moreover, the gap is widening. Comparisons of graduating engineers per annum, reveals even more sharply, South Africa's poor performance by comparison with the NICs and indeed with a number of African countries.

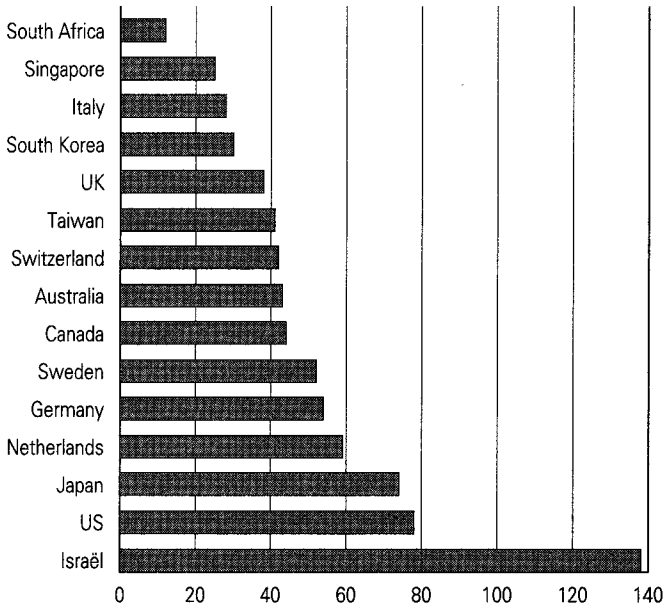


Figure 8. Scientists and Engineers Engaged in R&D per 10,000 Labour Force; South Africa and Selected Countries

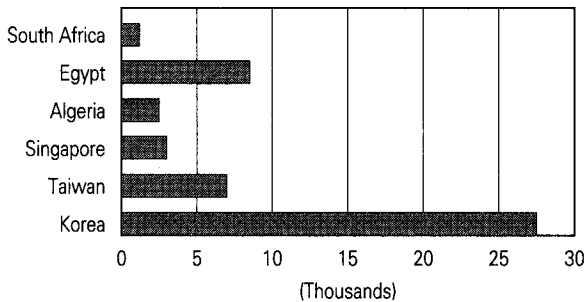


Figure 9. Graduating Engineers per Annum; South Africa and Selected Countries

Moreover, Blacks are severely under-represented in the ranks of scientists and engineers. To take but one indication of this. Of a total of 3,123 graduates employed by the science councils in South Africa, 2,975 or 95% are White (11).

Conclusions and First Order Policy Objectives

- Despite a reasonable commitment of resources to formal technological effort (R&D), the indications are that currently R&D spend is declining significantly. Moreover, much of South Africa's R&D is focused in mission-oriented projects, especially armaments and atomic energy which are now much less appropriate.
- Scientific output is relatively high.

- There is strong evidence of 'an imbalance' as between scientific and technological outputs.
- Human resource provision is inadequate and racially skewed.

Within the context of an economic policy which aims for the rapid development of a more value added manufacturing industry and reversing racial imbalances, four first order policy priorities emerge.

1. Reverse the decline in the commitment of resources to formal technological effort.
2. Re-direct technological capacities established in mission-oriented research programmes to more appropriate areas.
3. Ensure that scientific advance is more effectively translated into potential applications.
4. Expand the education and training of skilled technical persons (especially of engineers) and redress racial imbalances in provision.

The Management of S&T, Government Policy and the Principal S&T Performers in South Africa

This section provides a brief outline of the management and strategies of the current S&T system, government policy and the principal S&T performers. The focus is on the problems that are likely to beset the system and the performers in meeting the multiple objectives outlined above.

The Management of S&T

Until very recently, government management of science and technology was divided – responsibility for science rested with the Department of Education, while technology was the responsibility of the Department of Trade and Industry. The key mission-oriented research institutions, notably Armscor (for armaments) and the Atomic Energy Corporation (AEC), are separately funded and managed with no reference to broader S&T policies or the impact of these developments for S&T capacities. In addition, a high degree of autonomy is granted to the universities, both in respect of their teaching and research programmes. South Africa's S&T system is therefore highly fragmented. Moreover, there is no organisation with oversight of the entire system. This has a considerable negative impact upon the management and operations of the entire S&T system.

"... the absence of any organisation with oversight of the entire national innovation system... meant that nobody was responsible for monitoring the ongoing health of the S&T system. In turn this meant that feedback and control measures were lacking so that it became practically impossible even to measure the health of the system." (12)

The absence of organisational oversight and a clear mechanism for setting national goals, means that the various S&T performers are denied thematic guidelines for their operations or any criteria against which they can measure their own effectiveness. Lack of representation for S&T at national level has had further adverse consequences. At

the macro level, policy has been made without reference to its impact upon the development of local S&T capacities. Moreover, there has been no effective "lobby" for S&T at the national level. This has impacted on government funding for S&T, which as a share of the overall government budget, has been declining for more than a decade.

In a wide variety of ways, the S&T system was designed to underpin the apartheid regime. One manifestation of this was the racial and gender composition of the system and notably the lack of representation of the disadvantaged communities. This lack of representation had an "internal logic" in the apartheid era since the system was not designed to meet the needs of the disadvantaged. However, it has left an unfortunate legacy of a lack of popular legitimacy and awareness of the importance of S&T. More importantly, in the post-apartheid dispensation, when government's declared aim is to marshal all the resources at its command to enhance the access of the disadvantaged to social and physical infrastructure, far more popular representation is necessitated (13).

In summation:

"At this point in time therefore the S&T system lacks an explicit broad national focus and no organisational mechanism exists to define and coordinate government's S&T activities." (14)

Moreover, the system lacks the legitimacy, transparency and effectiveness which derives from more broad based representation.

Government Policy for S&T

There is a defined management system and set of policies governing science (15). A Science Vote is determined and allocated to the budgets of the various science councils via the responsible government department. The key source of advice to government on science policy is an advisory body – the Scientific Advisory Council (SAC). This body has been subject to a number of criticisms – lack of transparency, composition of its membership, limited oversight of the system (no oversight of technology but also no oversight of dedicated research facilities which are established within various government departments and which are not funded via the Science Vote) and the SAC's location within the Department of National Education (16). The determination of priorities for science development and funding is particularly non-transparent.

The IDRC Mission concluded its assessment of the SAC:

"The overall impression we gained is that of a body which devotes its energies to matters of detail within the existing system, rather than taking a broad view, and tackling many problems which confront South African S&T."

It appears that the SAC, as presently constituted and constrained, is not a useful mechanism for advising on S&T Policy. A new government, committed to participation by all South Africans in debates on public policy, would do well to set up structures appropriate to this kind of political culture – structures which would provide appropriate kinds of advice." (17)

The SAC is heavily science oriented and has effectively ignored technology policy. The Department of Trade and Industry is primarily responsible for technology but, despite a few programmes to promote technological development, there is currently no

comprehensive policy with regard to technology (18). The lack of a technology policy has reinforced the limited impact that South Africa's science base has had on technological development.

The Principal S&T Performers

There are four 'sectors' of S&T performers – government (27 %), tertiary education (24.8 %), business enterprises (46.6 %) and non-profit (1.6 %) (19). The non-profit sector is therefore of minor importance and is not described here.

The Government Sector

Government is principally involved in the performance of S&T through its support for the statutory research councils. There are currently eight such councils, contributing to the high degree of fragmentation of the South African S&T system.

Together the councils are funded by government at a cost of over R 700 million per annum. In April 1988, government adopted the system of "Framework Autonomy and Base Line Funding" for the management of the science councils. Government subsidy was to be fixed in order that the science councils would have to secure additional funding from "the market" ie. clients in the public or private sectors (20). This has advanced quite rapidly – for example, the CSIR – the largest of the councils with a focus on industry – secures less than 50 % of its income from the parliamentary grant, placing it amongst the highest ratio of contract income to state funding of all similar institutions (21). Money allocated by the state to the science councils under the base line funding formula, which was designed for their own in-house R&D and for science, manpower and skill development functions, has in fact *fallen* steadily in real terms. As a result, all of the science councils have become ever more dependent on the market for their funds (22).

While it is difficult to measure the efficacy of the science councils in promoting and complimenting the research activities of South African industry, a study of firms which had won national design awards strongly indicated that these firms relied upon their own efforts and received very little support, direct or indirect, from any outside organisations. In some sectors however the science councils have been far more effective. For example, the South African Bureau of Standards, is able to provide standard certification and verification for a wide range of manufactured goods which is accepted in the most demanding of export markets (23). Its services are long established (24) and widely utilised by South African manufacturers, particularly as they expand into new export markets (25). Linkages between the CSIR and the major chemical companies appear to have been close (26). Similarly, the council for Mineral Technology MINTEK has reportedly developed close and productive linkages with industry – particularly in the beneficiation field.

Overall, the science councils have established strong linkages with already well-established, well-resourced and generally technologically sophisticated clients. In effect the market orientation of the science councils has allowed those firms and agents which are already powerful in the market, to have the greatest access to state subsidised technology services. South Africa has a number of very powerful conglomerates resulting

in a very high level of economic concentration in most product markets²⁷. Market orientation, on the part of the science councils, therefore reinforces and complements existing market distortions.

At base, the rationale for this framework is misplaced. It has been formulated with a mistaken perception of the optimal role of the market in the development of the pace and direction of local technological capabilities. It particularly ignores the requirements but limited market power of small, medium and micro enterprises (SMMEs). The interests of the latter are supposedly taken account of in "special divisions" or "special programs" operated by some of the science councils. But, there is a fair consensus that these are not very effective.

The major policy challenge therefore is to "reorient" the science councils so as to ensure that they are more responsive to the needs and requirements of the disadvantaged communities - especially to the needs and requirements of the SMMEs. This cannot be achieved simply by the science councils grafting on separate divisions to "look after" the SMMEs, but should be inscribed "in the central dynamic" of these organisations. Ways will need to be found to ensure that SMMEs, like larger firms, have the wherewithal to command resources in order to purchase the resources they need for product and process development. Another part of this process will be to ensure that the Boards to which the managements of the councils are, in the first instance responsible, become far more broadly representative and accountable (28).

Government involvement in the armament and atomic energy industries is also very substantial. *The armaments industry* is a leading sector both in terms of technological capacities and in relation to actual (and potential) export earnings. With local expenditures on defence likely to rise only in respect of "manpower" (namely incorporating new personnel into the armed forces drawn from the liberation movements' armed wings), increased sales are dependent on exports. The potential sales on export markets are, for obvious reasons, hard to determine. "However, there are indications that with the lifting of the UN arms embargo, the potential is considerable. The first major publicised export orders are now in place. Oman has placed an order for \$ 120 million, principally for artillery. Armscor's own assessment is that "... annual sales could be as high as R 200 million p.a. by 1996 (29). A recent report identifying National Policy for the Defence Industry argues that investment in defence R&D - which is aimed at or near the technological frontier - is largely offset by the considerable potential for export earnings and job creation (30). The report urges that defence expenditure on R&D not be reduced from its present level:

"The current expenditure on all types of defence research and development has reached a critical level. Unless it is maintained at approximately the current level of R 420 million per annum, it is Armscor's view that the industry will lose its technological edge and much of its design and development capabilities." (31)

The report argues further that the defence industry has very considerable technological capacity which, given the right policies, could play a major role in the rebuilding of South Africa's technological base (32). However, apart from indicating the importance of joint ventures and the role of government in formulating a diversification strategy for

the armaments industry, and in playing an enabling and regulatory role to encourage the process, the report formulates no detailed policies.

At this point in time, government has no clear policy either on the optimal degree of support for R&D in armaments nor on what policies are desirable in order to ensure that the existing, undoubtedly considerable, technological capacities in this industry could facilitate the development of local capacities elsewhere.

The atomic energy industry, located near the technological frontier, is also a site of very considerable technological capacity. The AEC currently employs over 3,000 people, the largest single concentration of high-level skills in the country (33) – the vast majority of whom are highly skilled. The AEC is currently engaged in a major commercialisation programme. The objective is to render itself free of government funding by the year 2000. However, the commercial viability of the AEC is very questionable. Although commercial sales have been rising rapidly, this is from a low base and in 1992/3 commercial sales were less than one-third (R140million) of state support (R 452 million). Moreover, indications are that the AEC cannot produce enriched uranium at prices competitive on the international market. Market demand for enriched uranium is likely to remain stagnant and the former Soviet states, in particular, are very low cost suppliers. Conversion of atomic energy to “civilian/commercial products thus faces considerable barriers.”

As with armaments, government has no clear policy on ensuring conversion of the AEC.

The Tertiary Education Sector

South Africa currently has 21 universities and 15 technical colleges (Technikons). Tertiary level research is well-developed in South Africa, and largely funded by government (34). The state subsidy to the universities is three and a half times larger than the subsidy to the technikons. The technikons do very little research (collectively only 1.1 % of total research in the tertiary education sector), while over 70 % of the research is undertaken in just 6 universities (with the top three universities contributing 40 %). The bottom 6 universities contribute under 7 % (35).

Therefore, the research capacities of the tertiary education sector are highly skewed - firstly as between universities and technikons and secondly as between universities. The major research universities have been those who *historically* have catered primarily to white students (36).

The universities are primarily responsible for the high levels of scientific output noted earlier. However, there is evidence to the effect that university science rarely finds any commercial application (37).

The policy implications are clear. Policies are needed to ensure that tertiary level research does not function in isolation but rather is brought into contact with potential applications. This will require increased business sector involvement in university research and perhaps a greater emphasis on the transfer sciences and more government support for application-oriented research.

The Business Enterprise Sector

There are very few areas where South African firms have achieved leading-edge status. This has occurred in those industries (a) where South Africa is a leading inter-

national producer and where the particularities of local conditions have necessitated major on-going innovation – principally in some mineral extraction and beneficiation processes (eg. pyrometallurgy) or (b) where, for political/“strategic” reasons, South Africa has developed along a different “technological trajectory” from that pursued internationally and has therefore been unable to obtain the technology abroad – principally in oil from coal synfuel production (38). In these areas, South African firms are significant technology exporters.

Elsewhere however, *the importation of foreign technology* is critical. South African firms have generally acquired good operational capacities in respect of the technologies that have been imported - even in complex technologies. However, licence agreements entered into by South African firms do not generally lead to the transfer of “know-why” capacities – the capacities necessary not merely to operate the technology but to effectively assimilate, adapt and finally transform the imported technology. Licence agreements frequently contain express provisions which retard the local firms’ ability to develop their own technological capacities. This reinforces an existent tendency for local firms to passively rely on technology import rather than developing their own capacities. Imported technology therefore tends to displace rather than complement local capacities.

By way of example, the Table below relates to the consumer durables division of one of South Africa’s largest industrial companies. The Table indicates the character and prevalence of restrictive clauses. In addition, the limited company spend on own R&D, the absence of training and the tendency to continually renew agreements, all indicate a passive reliance on overseas licensors on the part of the local firm.

Table 1. Some Features of Licence Agreements Entered into by One of South Africa’s Largest Manufacturing Companies in Respect of Consumer Durable Products

No of Agreements	8	
Export restrictions	5	(2 others unclear)
Express Tied Purchasing Clause	1	
Length of Agreement 10 years or longer	6	(2 others unclear)
Royalty on Sales Average	3.125	
Additional FrontEnd Charges	2	(2 others unclear)
R&D Expenditure as % of Turnover (for the Group)	0.32	
No of Licence Agreements entailing Training	0	

Source: Department of Trade and Industry, Register of Licence Agreements.

One major reason why local firms are not aggressive in developing their own technological capacities is that they are oriented to the local market. Moreover the local market is characterised by a limited degree of competitive pressure. In a more open trading environment consequent upon South Africa entering into an agreement of phased liberalisation with the GATT, in order to compete more effectively with imports, and more especially to enter into export markets with differentiated and high quality goods, South African manufacturing firms will have to deepen their capacities in product design and development.

The absence of a policy for technology development has already been noted (39). Creating the incentives and the wherewithal so as to encourage local firms to enhance their technological capacities is however a wider and more complex task. In very important part, this will be dependent on broader macro policies – and most specifically policies with respect to industrial development. Technology policy can only be effective when integrated and sequenced with other policies, ie. when it is conceived of and implemented as an integral part of a far more over-arching industrial strategy. The success of technology policy in the East Asian NICs exemplifies this.

"In large measure, the success of Taiwan's science and technology development program can be attributed to the fact that it was formulated within the context of a well-defined industrial strategy. Taiwan's S+T development program... was effective because it was closely linked with, and occurred within, the general context of a national economic plan." (40)

In brief, there is a critical need to develop a coherent set of policies to enhance technological development in South Africa – most notably at the level of the enterprise – and to locate such policies within the context of a broader strategy for the development of South African manufacturing industry.

Further Policy Objectives

Following the outline of the S&T system (as above) a number of further policy objectives emerge:

1. Establish a management system for S&T which has the capacity to oversee and coordinate the entire system for both S AND T. This should be able to inter alia identify national S&T priorities and define thematic goals for S&T performers
2. Develop a comprehensive technology policy within the context of broader macro, and particularly industrial policies
3. Ensure that the science councils become far more responsive to the needs of those who currently command few resources in the market, especially SMMEs
4. Develop a clear industrial strategy with respect to the armaments and atomic energy industries ensuring that technological capacities already developed here are effectively 'transferred' to other areas of the economy
5. Address the skewness of research activities within the tertiary education sector and, at the same time, ensure that more of this research finds expression in technological and commercial activities
6. Enhance the incentives (and pressures) for firms to innovate, inter alia by advancing a more competitive environment and encouraging local firms to rely more on developing their own capacities as opposed to passive reliance on imported technologies.

S&T Management and Policy under the Government of National Unity

Despite its significant capacities, S&T in South Africa is beset with problems. Its very *raison d'être* is being questioned and the system is necessarily facing a fundamental restructuring.

The creation of a new Ministry – for the first time, South Africa has a Ministry of Science and Technology (which has been combined with Arts and Culture) – provides the focus for developing a new vision for S&T. The Minister is drawn from Inkatha and the Deputy Minister from the ANC. But, what the precise functions of the Ministry are to be, how it is to relate to other “line” ministries and major government programmes such as the Reconstruction and Development Programme (RDP) and even how it is to be staffed, are all matters which are still to be decided. The decisions made will reflect “the play of socio-political forces” as much as the working out of different rational perceptions as to what is desirable.

There has been a considerable ongoing debate over a “new direction” for S&T, notably within an organisation called The Science and Technology Initiative (STI) – a very broad grouping of organisations and groups concerned with S&T. The STI has presented three reports to the Minister. These deal with the issues of affirmative action within the science councils, the governance of the science councils and the management of the national S&T system. As yet, the Ministry has not reacted to the reports.

The directions to be taken by the new ministry, on these and other issues, will become much clearer over the next few months. With this survey paper as a backdrop, recent developments will be outlined further at the Conference.



NOTES

- 1) Le texte qui suit est le texte de la communication que nous a remis David Kaplan dans le cadre de cette table ronde.
- 2) DNE, 1993. South African data on R&D are comprehensive and since they are based on the Frascati Manual, internationally comparable.
- 3) Henry Ergas, 1987, p. 192
- 4) Oil from coal and, to a lesser extent, telecommunications equipment have also seen extensive technology development, driven by the state on the grounds of their strategic importance.
- 5) In 1991/2, the Defence Department contributed R97million to R&D directly; a further R 51 million was allocated by the different branches of the armed forces to "technology retention projects" and R&D to the amount of R 100 million was supported by capital projects. A further R 30 million was contributed directly by Armscor itself and R 13 million by Denel. This excludes student bursaries and other forms of support on the part of Armscor and, most critically, defence related R&D in the private sector which is not directly supported by Armscor. The data in this paragraph are obtained from Garbers, C.F., 1993.
- 6) Transitional Executive Council, Subcouncil on Defence, 1994, April. Executive Summary point 7.
- 7) US Patent Office, 1990.
- 8) Gerntholtz R., 1990, p. 11.
- 9) FRD Scientometric Advisory Centre, p. 82-3. The data show a tendency for the number of foreign patentings to fall after 1984. As the authors point out, this may be due to sanctions/disinvestment.
- 10) Pouris, 1991, p. 28.
- 11) LHA Management Consultants, Human Resources Composition and Development in the Science and Technology Area, Report for the Science and Technology Initiative Working Group 5, April, 1994, p. 3.
- 12) Kaplan and de Wet, 1994, p. 11.
- 13) Such representation is not merely «good politics». Representation in order to gain diversity of insight and expertise is good system engineering practice. Kaplan and de Wet, 1994 (Version 1), p. 43.
- 14) Kaplan and de Wet, 1994 (Version 1), p. 12.
- 15) See NATED 11-005(88/06).
- 16) IDRC, 1993, p. 25. Kaplan and de Wet, 1994, p. 11-12.
- 17) IDRC, 1993, p. 26.
- 18) Garbers, C, 1993, p. A1.
- 19) These figures are for 1991/2. See DNE, 1993 (93/03).
- 20) The system was expressly designed to increase the linkages between the councils and industry. "Base line funding of scientific councils has the specific objective of encouraging or even obliging councils to generate their own funds by means of contract research. In this way the free market system is applied as a prioritization mechanism and problems are identified for which the solution has a price in the market." Garbers, 1992, p. 5. See also Department of National Education, 1988.
- 21) "... our ratio of state funding to contract income places us second amongst the top contract income earners (just behind TNO, the Dutch national research organisation)". Garrett and Clark, 1992. These figures are to be treated with some caution since a part of the income earned outside of the parliamentary grant is from the investment of capital. See here Lutjeharms and Thomson, 1993, p. 11.
- 22) E.g. for the CSIR, the parliamentary grant declined by 1% in nominal terms between 1991 and 1992. CSIR, Annual Report, 1992, p. 18-19. Most of the science councils (and the universities) received budget cuts, immediately post-the election, to help finance the "costs of transition".

- 23) Setting and monitoring of standards and ensuring quality of exports and imports is becoming of ever increasing importance in international trade. Not only is there far more emphasis placed on quality generally, but, for a number of manufactured goods, in many major markets, there is a "quality threshold" which must be reached if products are to be accepted, at any price. A standards authority, whose assessments are accepted without qualification in such markets, is a vital constituent of any export effort.
- 24) Standards, and "specs" e.g. for public sector procurement, from roads to telecommunications, have historically been set very high in South Africa, by comparison with other countries at similar stages of development. It is likely that the setting of "European standards", is traceable to a political economy dominated by "White European" settlers.
- 25) Interview, South African Bureau of Standards, 7/10/1992.
- 26) E.g. in the design of a catalyst for Moss gas see here Crompton 1993, p. 39-44.
- 27) Joffe *et al.* in Baker *et al.* (eds), 1993, p. 101-4.
- 28) Major recommendation have been made in this regard -see Badat and Prozesky, 1994.
- 29) TEC, Subcouncil on Defence, 1994 para 2.29. Current sales are said to be in excess of R 500 million.
- 30) Transitional Executive Council, Subcouncil on Defence, 1994. Executive Summary, point 5.
- 31) TEC, Subcouncil on Defence, 1994. Executive Summary, point 7.
- 32) "South Africa has allowed its research and development (R&D) skills and technology base to decline almost everywhere outside the defence industry... Only in the defence industry has there been continuous, substantial investment in R&D technology, plant and skills. Because of the low R&D expenditure elsewhere, this industry contains much of the R&D skills available in South Africa... This resource represents a huge investment of public funds and it must therefore be made available to assist the rebuilding of South Africa's technology base and its manufacturing industry..." TEC, Subcouncil on Defence, 1994, para 2.50.
- 33) This may be compared with a total of 22,223 man (sic!) years devoted to total R&D in South Africa.
- 34) In 1989/90 only 10% of funding for tertiary level research was provided by the business sector. Department of National Education, Resources for R&D, p. 54.
- 35) DNE, 1993, p. 54, Table 2.3.
- 36) This has been changing rapidly. At the University of Cape Town, for example, the leading research university, more than 60% of the first year intake in science, and 56% of the intake in engineering is black.
- 37) A survey of the characteristics and sources of over 200 significant South African innovations concluded "There was strong evidence of a failure to commercialise significant university-led inventive abilities". Phillips, 1992, p. 32.
- 38) Crompton, 1993, p. 83.
- 39) The government did publish a series of discussion papers on the subject, see DTI, 1991. This culminated in DTI, 1992. However, as yet, there is no policy document.
- 40) Dahlman and Sananikone, p. 213 (Emphasis added). Japan similarly had a very high level of coordination between technology and other policies. "In building up its industrial might, Japan relied heavily on coordinated technology, industrial and trade policies to promote key industries." Office of Technology Assessment (US), Making Things Better. Competing in Manufacturing, Washington, 1990, p. 21.

BIBLIOGRAPHY

- Badat, Saleem and Prozesky, Walter. *Science Councils: Towards the Democratisation of Governance*. Report prepared for the S&T I, May 1994.
- Crompton, R. *ISP Report on the Chemicals Industry*, 1993.
- Dahlman, C. J. and Sananikone. *Technology Strategy in the Economy of Taiwan: Exploiting Foreign Linkages and Investing in Local Capacity*, (Mimeo), Preliminary Draft, 1980 (December).
- Department of National Education. *Resources for R&D* (various years).
- Department of National Education. *The Science Policy and System of the Republic of South Africa*, Pretoria, 1988.
- Department of Trade and Industry (DTI). *Report on Technology Policy and Strategy, Draft II*, Pretoria. 1991, April.
- Department of Trade and Industry (DTI). *Innovating Growth*, 1992, May.
- Ergas, Henry. "Does technology policy matter?" in Bruce Guile and Harvey Brooks (eds.) *Technology and Global Industry*, Washington DC, National Academy Press, 1987.
- FRD Scientometric Advisory Centre. *South African Science and Technology Indicators*, 1990.
- Garbers, J. G. "Opportunities and constraints in science policy in South Africa", Center for Science Development, *Symposium on Science Policy and Research Management*, Vol. 1(1), 1992.
- Garbers, C.F. *The South African Science and Technology System: Structure and Policy* (Mimeo), Prepared for the S&T I, 1993.
- Garrett, G. G. and Clark, J. B. "Science and Technology in Transformation in South Africa", *Transformation*, vol. 18-19, 1992.
- Gerntholtz, R. *A Basic Guide to the Law of Patents*, Allegretto, Cape Town, 1990.
- International Development Research Center (Canada). *Towards a Science and Technology Policy for a Democratic South Africa, Mission Report*, July 1993.
- Joffe, A., Kaplan, D., Kaplinsky R., and Lewis, D. "Meeting the Global Challenge: A Framework for Industrial Revival in South Africa", in Baker, P., Boraine, A. and Krafchik, W. *South Africa in the World Economy in the 1990s*, David Philip, Cape Town, 1993.
- Kaplan, D. and de Wet, G. *Proposals for a Future National Science and Technology Management System in South Africa* (Version 1) (Mimeo). Report prepared for the S&T I, May, 1994.
- Lutjeharms, J.R.E. and Thomson, J.A. "Commercialising the CSIR and the death of science" *South African Journal of Science*, vol. 89, Jan. 1993.
- Motala, Enver. *The Employment Composition and Affirmative Action Programmes of the Science Councils in South Africa*. Report prepared for the S&T I, April, 1994.
- NATED 11-007. "The Science Policy and System of the Republic of South Africa." (88/06).
- Phillips, Bruce. "Innovations in South Africa: a basis for technological policy guidelines" *Science and Public Policy*, vol. 17 No. 1, 1990, February.
- Pouris, A. "Identifying Areas of Strength in South African Technology" *Scientometrics* 21 (1991).
- Transitional Executive Council, Subcouncil on Defence. *National Policy for the Defence Industry*, prepared by the Defence Industry Working Group, April 1994.
- US Patent Office. *All Technologies Report*, 1990. US Department of Commerce, Washington.

INTO THE TWENTIETH CENTURY :

Patterns in the Relations between Science, Technology and the State during the Early Industrialisation Process

Ian Inkster

Faculty of Humanities,
The Nottingham Trent University, Nottingham (England)

Prologue

The dimensions of the "technology problem" in today's underdeveloped nations are very much shaped by complex social and economic factors which are external to the techniques themselves. Such factors embrace those operating within national economies (eg., factor price distortions within domestic markets) as well as those emanating from the international economy, (eg., terms of trade effects or the transfer pricing operations of transnational corporations). But it should also be emphasised that the nature of technology as a *physical entity* conditions many aspects of the process of underdevelopment. Thus the transfer of technology from one area of advanced technique to one of lesser development (eg., from Belgium to Russia in the later nineteenth century, from Japan to Malaysia today) involves for the 'receptor' nation not only prices and commercial judgements but also cognitive dissonance, public doubt, and the loss of trust in those things that were hitherto considered certain; as bicycles make way for cars, roadways are replaced by railways, stores by offices.

Discontinuous technological change means a shift in rules, regulations and the way things are done, change which must be accepted and conformed to (if not properly understood) by many individuals and groups whose daily lives and expectations lie beyond the pale of the education, certainties and powers of those elites who wield modernised technologies in the names of either "civilisation" or "competition" or both. For instance, following Japanese and North East Asia experiences, many S.E. Asian nations today have raised their technological horizons relatively rapidly under the dual compulsion of joining the "civilised" world and at the same time using its tools to beat it at its own games. *Our first analytical position might read as follows: Although the initial transfers of technologies in cases such as later nineteenth century Japan or Russia or several nations of Asia in the present century were made possible by transfer mechanisms operating within the international economy, the successful adoption, adaptation*

and diffusion of such transferred techniques within these economies depended upon both the "technological imperatives" inherent in the techniques and the nature of the socio-economic institutions which either existed or were devised in order to settle the new technologies within their novel cultural frameworks (1).

Technological imperatives are those characteristics of a particular technique, set of techniques or projects which together dictate the size of the technological lag between transmitter and receiver, and which set the skills, the scale, the factor bias, the environmental limits, the scientific content and the absorption capacity of the technology (2). Thus, technological change in British manufacturing and services prior to the 1840s was, on the whole, in advance of most other nations. That is, industrialisation in Britain did not involve a process of catching-up. In the main, manufacturing represented small-scale, fairly labour- and skill-intensive production which at times drew upon either discrete packages of scientific information, notably in the chemical industries, or upon the general principles of machinofacture (ie. machining processes), basic mathematics and mechanics, together with the frequent application of given artisan skills. In Britain, technological change was drawn-out, indigenous and therefore appropriate to the nation's own resources base, and was in its origins geographically and socially widespread (3). Until at least the 1840s there was little need for governments to spend scarce resources on the formalisation of industrial or technical training or upon industrial research. There is, indeed, no evidence yet assembled which shows that a reallocation of resources towards technical training or research in industry and services would have resulted in a higher rate of economic growth than in fact occurred prior to 1851 or even 1900. The indigenous origins and natural imperatives of the major techniques ensured that British industrialisation impinged insignificantly upon the services or graduates supplied by universities, colleges or formal institutions of higher learning, many of which remained at least moribund or at most healthy offshoots of a predominantly non-industrial and continuously powerful sub-culture (4). Steam intellect, the technological culture of the skilled and semi-skilled workers, was seemingly a sufficient vehicle for the retention of old skills or the inculcation of the new, for the harbouring of inventions and the encouragement of innovation (5).

In the case of later industrialisers, such as Germany, Russia and Japan, much of the modernised technique was transferred from abroad, and changed technological imperatives in such areas as steel production, shipbuilding, transport systems, heavy chemicals and the new machine industries dictated a vastly increased optimal scale of operation, more sophisticated scientific, control and skill inputs, and a movement towards more capital-intensive modes of production. Where the early period of industrialisation was associated with this type of transferred, discontinuous technological change the need for specific 'servicing' institutions was much greater than in the above-outlined, more evolutionary maturing of the British model.

In his *Imperial Germany*, Thorstein Veblen wrote of the advantages of industrial late-comers in being able to appropriate for themselves the latest technologies without being encumbered by vested interests in obsolete machinery and existing practices or rules-of-thumb. Believing ultimately in the liberating powers of both science and technology, he recognised and espoused the "penalty of being first" in industrial develop-

ment (6). More than a decade later S.G. Strumilin likewise recognised that "the later a country starts along the road of capitalist development, the quicker the tempo of growth which it applies, catching up and overtaking its more mature competitors" (7).

Much more recently, Gerschenkron has argued that in later nineteenth century Europe, differences in the process of industrialisation between nations resulted from the variable characteristics of the "institutional instruments" or creative substitutions called up by the fact and recognition of relative backwardness. The resulting history of the "industrial spurts" in nations such as Germany, Italy, Austria, Hungary, Bulgaria and Russia is a rich matrix of institutional responses and innovations, ranging from financial organisation to technical services (8). Notions of challenge and response are uppermost. The greater the magnitude of the challenge, that is the degree of relative economic backwardness, then the greater is not only the magnitude of response but the degree of change in the quality of response. In this form of analysis social and economic processes are multiply interfaced. Not only may "obstacles" to economic development be essentially social and institutional in character, also "measurable aspects of economic change do appear in conjunction with aspects which in their very nature defy measurement" (9).

But such patterns and processes only occur when techniques actually *are* transferred, and this depends, as argued, on the nature of commanding technological imperatives, and on the responsiveness or appropriateness of receptor institutions, but also upon the character of *transfer mechanisms* and the modes whereby transferred techniques are "settled" into their new contexts.

Even in the nineteenth century, the transfer and control of complex technologies, from lighthouses and railways to textile factories and chemical installations, demanded the active presence of commercial clerks, artisans, foremen and a host of skilled lower managers and technicians. Such vehicles of transfer as patents, licences and trade marks had to be enforced and monitored, and this on a scale never before witnessed. The process of transferred industrial development had become highly institutionalised and was increasingly controlled by the State. The institutions of technology transfer, of technical and scientific diffusion and training, and the ancillary servicing of new technologies emerged as one complex within a highly complex new world.

Science, Technology and the State: A Theory of Sequencing

Until very recently, the theme of "science, technology and the State" faced a cool intellectual climate. The technical advances in "neoclassical" economics over the post-war years and the practice of political regimes on both sides of the Atlantic combined to convert a fairly academic perspective on the optimising effects of individual sovereign choices exerted in free markets into a political dogma: markets were *inherently* superior in producing economic growth and increased welfare under all circumstances. Contrawise, non-market institutions, particularly those associated with State interference, were inherently inefficient and welfare-reducing in the long run. Furthermore, a dogma which might have found some relevance when applied to mature capitalist economic systems was increasingly applied to economies of quite another type, to the poor nations of South America, Africa and Asia. In extreme forms this postulated that

in the absence of political reforms associated with liberalised market forces, *sustained* economic growth was impossible (10).

More recent acknowledgment of the frequency and significance of "market failures", recognition of the spectacular success of Pacific industrialising nations whose growth appears to be an outcome of novel forms of government stimulation, and the rise of a new institutional economics has begun to redress the balance. Neoclassical approaches may well provide some technical and operational 'solutions' to problems of distribution and production within mature capitalist economies, ie. in those many cases where there exists a strong framework of the market mechanism and where already established property rights are in place. In all other cases, the institutionalists insist that the market is merely itself an institution, whose evolution is conditioned by the State and whose final functions emerge only through a period of competition with other, contending institutions (11).

The fundamental weakness of the conventional economic approaches was that they failed to acknowledge the trajectories, sequences and disturbances which determined the respective roles and strengths of State and Market, thus conflating and confusing the imperatives of modern capitalism with those of developing systems. Starkly, the non-historian and non-Asianist, Milton Friedman was nevertheless firm in his judgement that, historically, "reliance on the market in Japan released hidden and unsuspected resources of energy and ingenuity", and, indeed, that during early industrialisation, the "Japanese adopted the policies of Adam Smith" (12). This sort of claim clearly ignores the salient features of government activity during Meiji industrialisation – massive redistributionist measures, deficit financing, high military expenditure, *deliberate fostering* of market mechanisms and so on (13). We conclude that any approach to the State and industrialisation, and thus to an understanding of the dynamic importance of science and technology, requires an uninhibited view of sequence, trajectory and conjuncture. *Our second major analytical position is thus: Appearances notwithstanding, approaches to the relationship between science, technology and the State which fail to distinguish between the past and the present, or between capitalist maturity and early industrialisation, are unlikely to possess any generic interpretive power.*

We may begin anew with a simple heuristic: State interventionism may be captured at three overlapping levels, those of 1) the political undergirding of market forces and ideologies; 2) direct agency and; 3) the formulation of specific economic policy, a function of *government* itself.

The first level accords with characteristics of State involvement identified by a range of writers, from Karl Polanyi to Douglass North (14). Thus, for Macpherson, the prime task of the Meiji State in early Japanese industrialisation was "to introduce a socio-economic and legal framework compatible with development" (15). We might highlight the importance of this to technical innovation with reference to risk. For the technical innovator, the perception of risk might be a central component of the decision to persevere. The constantly adjusted internal calculus of the innovator embraces that which is being risked, the degree of risk, the likely depth of the potential failure and the upward incline of the path back to personal financial and social recovery. Seemingly, all

four of these components of risk calculation, but particularly the last three, may be at least partially affected by State activity eg. in the areas of property rights, information dispersal, market protection, penalties for debt and so on. The State may establish the nature of institutionalised systems which in turn help determine the bounded rationality of individuals and collectivities.

It may be just as strongly suggested that the State's principal role in stimulating technological change at "level 1" (above) is performed through the reduction of *resistance* to technological change. Often resistance is dealt with by analysts as nihilistic or "Luddist", as if it is solely the province of the unlettered outsiders or of interest groups directly affected by technological change. Chart 1 below complicates the picture somewhat.

Given that widespread technological resistance acts as a high *risk* factor for potential innovators (entrepreneurs and technicians) then it is at least possible to interpret a very wide range of State activity as belonging to level 1 "interventions" and as having relevance to the degree of technological change that is socially feasible. In those cases where technological resistance occurs within "culture" itself (3 in Chart 1) then it is reasonable to posit that the State's industrial programme is, in effect, illegitimate. On the other hand, resistance stemming from the "intellectuals" may be addressed through a policy of persuasion or through promotion of individuals into new educational and bureaucratic hierarchies. During periods of early industrialisation, resistance may well take the form of revolutionary ideologies which deny the legitimacy of the State's programme, but such ideology must itself seek legitimacy through the conversion of vested interests (1 in Chart 1) or of key figures representing the two great classes of industrial modernisation, managers and workers.

The second level of State intervention is that of *direct agency*. Here the historian of science and technology is on more familiar ground. The nineteenth and twentieth century developmental states (from Russia and Japan through to the present newly industrialising

Chart 1. Technological Change: Types and Resources of Resistance

Level	Type of Resistance*	Sources of Resistance	
1.	VESTED INTERESTS ; (a) Capital (b) Labour	Assets (physical) Organisations Incomes	
2.	INTELLECTUALS**	Principles Organisations	Interests Careers
3.	CULTURAL	Institutions Bureaucracies	Ideologies Norms

(*) Primarily in this analysis referring to 'adoption-diffusion' processes, but might extend to conditions and character of original innovative processes.

(**) Here we are thinking of intellectual resistance to significant technological discontinuities (eg. during technology transfer in 1880-1890s Russia, or in India during the 1950s) but the notion might be extended to "science" once it is acknowledged that conventional training, induction and recognition promote *necessary* resistance in complex scientific systems just as they also generate regular puzzle-solving. In this view some degree of resistance to change is essential to the continuation of any complex system.

countries) have directly bolstered national scientific and technical capabilities by R+D investments, officially induced transfers of technique, educational reforms, experimental stations, model factories, infrastructure building, government laboratories and testing installations, including measures for standardisation, and, of even greater impact, direct investment in innovative industries and direct orders of sophisticated equipment from the private enterprise sector.

The third level of intervention relates to the formulation by individual *governments* of specific economic policies which more or less *indirectly* govern the trajectory of public science and the patterns of technological innovation and transfer. Thus tariffs, quotas and exchange controls may determine raw material availability and the range of process technologies imported; interest rates and investment policies may be a major consideration for private enterprises when calculating the optimal investment in R+D activities within individual sectors or regions.

Historians of technology have, generally, but not invariably, treated levels 1 and 3 as beyond the scope of their enquires. Only the tools and levels of direct agency are of relevance. Within this perspective, the German state of the later nineteenth century "supported science" *more and better* than did the British state of the same period, because it invested in new universities and polytechnics and encouraged the movement towards public science and enterprise research. Such partiality or narrowness of focus is unlikely to yield good history – or, indeed, good policy. *A third analytical position emerges: Judgements about the role or effectiveness of the State in the advancement of science and technology in one nation in one period must recognise the indirect impacts (positive and negative) of its more general socio-economic policies.*

It would be tempting to visualise levels 1 to 3 as approximately chronological; that government intervention in any nation evolved from an increasingly generalised political undergirding of market forces, through direct agency, towards the formulation of sophisticated policies of economic management and fine tuning. But even in the British case, commonly visualised as nearest to an idealised "Western" model, government interaction took place or matured through a series of overlapping sequences. The eighteenth century was a period in which mercantilism only slowly and unsurely gave way to a more liberalised market regime, and this process was one at least partly engineered by the State itself. A general process of economic growth and market development *preceded* both industrial revolution and wholesale political change towards democratic institutions. As late as the year of the great exhibition of British technological superiority (1851), Britain was not nearly a democracy. From Adam Smith to John Stuart Mill, the period of the later eighteenth century and early nineteenth century witnessed the Statist underpinning of market forces and liberal ideologies. But both prior to and during this process the State intervened in the economy at both levels 1 and 2 through its implementation of policies concerning property and intellectual rights (eg. patents), taxation, shipping, product and export premiums and rewards, poor relief and policing, emigration of workmen and engineers and, of course, tariff and other trade protection (16). In the eighteenth century debate over tariffs there was encapsulated major perspectives on the State's task in generating national scientific and technical capacity. The great David Hume advocated free trade policy not primarily on the conventional

grounds of the gains from specialisation but because trade was the *principal* means of increasing and monitoring technological supremacy. Whatever the balance of trade, international exchanges allowed Britain to "adopt, in every art, the inventions and improvements of our neighbours". To Hume, imports should not be viewed with dismay, for thereby "the art itself is gradually imported, to our visible advantage". Without this constant stimulation the mechanical arts "must fall into a State of languor and lose that emulation and novelty which contribute so much to their advancement" (17). In opposition, a mercantilist defence of tariffs was made by Richard Watson, sometime Professor of Chemistry at the University of Cambridge. Watson deplored the threatened reduction of the Anglo-French tariff in the 1780s on the grounds that this would make available to France the "mechanism, presses, dies and tools" upon which British supremacy depended (18). Seemingly, then, contemporaries were not unduly troubled in viewing trade policy as "Science and technology policy" in another guise. In particular, for David Hume and his followers, it was the State which would lead the open economy into the final victory over diminishing returns.

A major purpose of the present paper is to develop the following (fourth) analytical position: Within any nation, the ad hoc evolution of State policy towards industry is periodically punctuated by exogenous factors, and a major example of this is to be found in the phase of "late development" which occurred in Europe and in Japan in the years approximately 1870-1914 (see prologue). In this first climacteric, the major vehicle of transferred development, technology transfer, exerted enormous pressure on "receiver" nations who were situated beyond the metropolis, very few of which were able to capture and absorb its production potentials. Those nations that did transfer advanced technique successfully became the winners of the twentieth century, and included Germany, Italy, Russia and Japan amongst several others. Furthermore, Section IV of this paper argues that the years since approximately 1971-73 represent a second climacteric in which a group of nations beyond the metropolis and predominantly situated in East Asia, have utilised a variety of transfer mechanisms to dramatically shift into industrial modernisation. In both climacterics, whose starting points are one hundred years apart, the process of technology transfer effected a massive disturbance in the evolution of State economic policies and a significant alteration in the relationships between national science, technology and economic development.

Science, Technology and the State in the First Climacteric

The first climacteric was dominated by the simple fact that "catching-up" with the core leaders (especially with the USA and Britain) involved drawing upon institutional and informational resources from *both* "market" and "state" which were not available in relatively backward economies. Indeed, it was the relative absence of such institutional or administrative features in nations like Austria or Germany or Japan which dictated the central presence of the State and its efforts in the mobilisation of science and technology. The more relatively backward the economy and the more significant its industrial drive, the more science and technology were institutionalised and appropriated by the bureaucratic State. In essence, in the absence of a prior history of legitimate Statist involvement at level I (Section 1 above) speedy industrialisation neces-

sitated a rapid development of State activity at level 2, that of more or less direct agency. Whilst great liberal scientist-bureaucrats in Britain, such as Lyon Playfair, may have sincerely believed that the "cultivators of abstract science are the horses of the chariot of industry", the deliberate harnessing of the two was left to the bureaucrats of industrialising but relatively backward nations, and was only most tardily instituted in the greatest capitalist economy of all. A central feature of the late nineteenth century climacteric was the continued emphasis of the British State on the undergirding of market forces and a further ripening of democratic institutions, just as late developers shifted increasingly to direct action. The institutionalisation of science and technology has often been told as a slightly occidental and whiggish story of expertise, professionalisation and specialisation, but the emergence of such features of Western technocratic culture were surely hastened and given direction through more underlying politico-economic forces of the climacteric.

An illustration of such points is provided in the much noted contrast between the British and German systems for science and technology. Where the British State continued its established *ad hocism*, the Germans intervened in the higher scientific and technical learning on a relatively lavish level (18). Superior provisions meant that the Prussian university itself became a model: by the 1890s some 10 % of all Prussian University students and 13 % of polytechnic students were from other nations (20). More strategic State research was undertaken on behalf of government ministries in institutions specifically created for that purpose, especially in the fields of defence, health, veterinary science, crop protection, transport and communications, and the establishment of technical standards and controls. Unification brought with it an *increased* focus on imperial goals – resource-exploitation, testing, standardisation, and the development of colonial applied science, particularly in Africa. The combination of strong private interests and State support associated with the first national research institute, the Physikalisch Technische Reichenstalt of 1887, was symptomatic of the late development model (21). The year of the Kaiser Wilhelm Gesellschaft (1911) was also the year of the Imperial Textile Bureau and the Imperial Chemical Institute (22). Speed, scale and government involvement combined to provide a rich medium for the followership of the private sector, which also operated in partnership with the State (23). By 1900 the German dyestuffs industry represented 90 % of the world's total output and was very heavily engaged in the provision of scientific facilities and personnel, not only their employment (24). Well over 1000 chemists were employed in dyestuffs alone: Höchst (Meister, Lucius and Bruning) were employing 307 chemists and 74 engineers by 1912 (25).

Keeping the national scientific and technical system "open" in the manner advocated by David Hume (Section 1 above) and required for large programmes of technology transfer, also meant the introduction of virile foreign ideologies (socialist, nationalist and liberal), foreign business and other practices, and threats to entrenched elites (see Table 1 above). That is, late development required an openness to technological influences which at once threatened underlying stabilities or continuities. Here the policy and the bureaucracy of the State were essential, and the history of statist undergirding of fast industrial change in nations such as Germany and Russia is well-enough established.

At first glance, Japan appears to be an exception. The first Asian industrialisation is often interpreted as all but symbiotic with Western technique, ie. enjoying a relationship with the West that was at once benign and to the unchallenged advantage of the Japanese body politic. This bland position is inaccurate. Technology transfer and the industrial and institutional changes associated with it did not go unchallenged and positive resistance to new techniques and associated new institutions appeared at all levels (26). This was especially so in the crucial years from 1874 to 1881 when a vast number of technological and institutional innovations were introduced. In the vanguard of change was the army itself, and even the military elite were by no means immune to physical resistance. In January of 1879 there occurred serious riots of the Imperial Guard at Takebashi Imperial Barracks in Tokyo, including a direct armed attack on leading government figures (27). During the period when the *mechanisms* of transfer dominated the national scientific and technical effort and were at their most open, vulnerable and public (eg. internal machinery competitions, external exhibitions, model factories and arsenals and so on), resistance and riots were endemic. An excellent example of this was the resistance to the modernised medical techniques which were introduced during the cholera epidemic of 1879 (28). Resistance to the new hospitals and to sanitary legislation required a massive police and military presence. A political element was present – *shizoku* (or *ex-samurai*), many of whom resented the social displacements inherent in urbanised industrialism, led rioters in attacks on police stations, on hospitals and on the foreign community, seen as arch-representatives of Westernism (29).

At a generalising level, a fifth position emerges; *The evidence of the late nineteenth century suggests that industrialisation of the nations beyond the metropolis involved Statist penetration of the industrialisation process, from direct technology transfers to measures of overt social controls, and that within this complexity the institutions of science became more formalised and increasingly harnessed to industrial requirements, particularly through the application of advanced knowledge and technique to the building of new public infrastructure and strategic industries.* For instance, the contrasts between Britain and Germany in the characters of their scientific and technical “cultures” were not fundamentally formed of contrasting cognitions following from differing “national cultures” but were outcomes of contrasting politico-economic contexts.

Beyond the Metropolis: Case Studies of Japan and Russia

In the course of his sweeping and highly informed history of Japan, Edwin O. Reischauer offers a fairly standard, generally accepted account of the industrial transformation of nineteenth century Japan:

The forty-five years of the Meiji period was essentially a time when the Japanese studied, borrowed and gradually assimilated those elements of Western civilisation which they chose to adopt... The Japanese determined to learn from each Western country that in which it particularly excelled... They saw at once that a technically competent populace was a prerequisite for a modern power... Western science and cheap oriental labour made an excellent combination for low-priced production (30).

Note the vital elements : cognition, intent, action, resources, success. Who precisely were "they", what precisely was "Western science"? Who did the "choosing" and how did they force compliance upon others, be they labourers, potential entrepreneurs or provincial bureaucrats? Upon any reflection, Reischauer's statement is problematic. If cognition and intent were ever the keys to development in the climacteric then the whole world would now be rich and (presumably) happy. If endowments were crucial then the present pattern of world income distribution would be quite other than it is, with Indonesia more highly ranked than Japan. Development beyond the metropolis during the first climacteric poses real questions of action, agency and social control and requires that we reconsider the roles of such elements as scientific change, technological progress and institutional innovation, move such elements towards the sort of central position in analysis which has hitherto been occupied by the more conventional factors of capital, labour and entrepreneurial endeavour.

Contemporary Western residents in Japan were quite firm in identifying the government as the only agency of change :

The country is burning with eagerness to acquire the knowledge of the West, it behoves the government to supply this knowledge through pure channels and to superintend its absorption into the body Politic in the manner best suited to be a valuable reproducing agent. (31)

Many of the Japanese themselves were more cautious. Government might establish and monitor the Western influence, institutionalise science and technology, but the forging of a precise, open relationship with Western agencies was necessary in order to ensure success in the longer term. Unrestrained foreign capital might destroy indigenous capacities, but on the other hand foreign enterprise was a requirement of the learning process. The debate on the role of foreign capital and its link with foreign knowledge and technique raged throughout the 1870s and 1880s. The *Chūgai Bukka Shimpō* developed a coherent view of the Japan-Western relationship. Joint enterprise should involve the foreigner as provider of equipment and know-how, but "for all other things, except this, the native material and labour may be employed". Foreigners would operate within Japan but at arms length :

the money expended therefore would all remain in Japan, and thus, what foreigners would actually gain would only be the net profit, after having deducted all [Japan based] expenses: ie. original value. [Where there was joint capitalisation] the net profit too would have to be divided according to the amount of the respective shares. (32)

But only government could ensure a proper monitoring of the Japan-West interaction, and from an early stage the Japanese government rejected foreign capital as dangerous (33). The prohibition on foreign enterprise operations within Japan had a variety of consequences, the first of which was the continual need for government to keep the lines of communication open, the mechanisms of transfer varied and competitive and the ultimate users of foreign technology as well informed as feasible. In contrast, in Russia the haphazard entrance of foreign enterprise in the eighteenth and early nineteenth century meant that the concentrated industrial drive of the 1890s was

from the beginning geared to foreign capital (34). As the chief instigator of the industrial drive, Finance Minister Count Sergei Yullevich Witte (1845-1915), put it in a private note to the Tsar in 1899:

The influx of foreign capital is, in the considered opinion of the Minister of Finance, the only way by which our industry will be able to supply our country quickly with abundant and cheap products. Each new wave of capital, rolling in from abroad, knocks down the excessively high level of profits to which our monopolistic businessmen are accustomed and forces them to seek equal profits through technical improvements which lead to price reductions. (35)

Foreign enterprise meant a competitive flow of knowledge and machinery. The State would not directly invest in new industry and technique, rather it would dictate the character and direction of Russia's technological interactions with advanced industrial nations by investing in infrastructure and military sectors and by providing an environment of protection and bounty beyond the metropolis.

The first lesson from the experience of Japan and Russia is that early Statist decisions concerning the character (as against the *extent*) of interaction with more advanced systems impacts directly on the *subsequent* development of transfer mechanisms, modernist institutions and private sector participation. State decisions over foreign capital at least partially set the conditions within which policies relating to science and technology would emerge. In terms of our discussion in Section 1 above, government intervention at levels 1 and 3 determined the nature of its activities at level 2.

Of course, Russia shared more or less in the scientific and technological enterprises of Western Europe long before the concerted industrial drive of the 1890s. Statist interventions in scientific and technological enterprise dominated the early nineteenth century, including the contributions of the College of Mines which guided Charles Baird in his purchase of peasants for factory labour in his Westernised foundry and machine works, through State regulations which permitted foreign artisans and technicians to become registered and protected members of the guilds, through money and land grants to foreign enterprise for the erection of sericulture and silk weaving establishments under stipulations that Russian apprentices would be trained in the projects, to the encouragement of the partnership of John Hughes and A.N. Pol in the foundation of a modernised Ukrainian iron industry and the financing of Hughes' New Russia Company; by 1894 the latter enterprise employed 7500 men and centred on a core of British machinery and skilled workers (36). The Russian State maintained the "communities" of foreign artisans in metallurgy, coalmining, chemicals and electrical engineering.

An essentially *ad hoc* policy involved interventions at all levels 1-3 (Section 1 above) in the years *prior* to the initiation of the massive and dominant South Russia metallurgical project (circa 1887-1900). By that time Russia represented a significant if peripheral component of Europe's scientific and technical enterprise. Thus although Imperial Russia might send students to Western Europe for training in the pragmatics (law, commerce, machine technology), the nation's scientists were creating international-level breakthroughs in such areas as probability theory, crystallography, bacteriology, soil science, immunology, embryology and the new chemistry (37).

In contrast, Japanese industrialisation was contemporaneous with the selective transfer of Western science into an isolated and hitherto immiscible cultural and social setting. Until the industrial drive of 1868-1884 both Statist restrictions and neo-Confucian ideology had emphasised the values of personal loyalty and hierarchy. They thus, at least partially, led to a stultifying sectarianism in most areas of intellectual life. Status and caste differences meant that knowledge could spread effectively between locations within groups but not easily between groups, whilst hand-mind distinctions attached to class separated technique from knowledge and, as Bartholomew has convincingly argued prohibited any fruitful communication between natural science and mathematics (38). So, if anything, Statist intervention prior to 1868 confirmed the *status quo*, permitted a highly controlled and very limited communication with the West, and reduced 'science' to a technical instrumentalism which was not associated with industrialisation or social change. In turn, Japanese intellectuals spent a deal of effort in "translating" Western science and technological culture into basic Japanese cultural meanings (39).

The industrial drive involved a relatively speedy transformation of the nation's scientific community on the basis of a continued, controlled selective elitism: although *samurai* had represented perhaps 5 % of the total population, 53 % of "Westernised" scientists as defined prior to 1920 were *shizoku*, or of the ex-samurai stratum (40). State institutionalised intervention provided the *modus vivendi* of transformation; 70% of "scientists" were trained at the first and principal state showcase, the Imperial University in Tokyo, a major centre for the employment of *Western* scientists (41). It was Japanese officialdom which determined that the influence of Britain would give way to that of Germany during the 1880s, and clearly this switch had an impact on the character of the subsequent Japanese scientific enterprise, including the theoretical physics of Ishihara Jun, the geophysics and magnetism of Tanakadate Aikitsu and the outstanding bacteriological research of Kitasato Shibasaburō. Bartholomew has argued recently that it was the guided German connection which influenced the Japanese research programme in terms of such features as completeness and thoroughness (42). A second lesson of the Japanese and Russian cases is that the exigencies of fast development during the climacteric demonstrate the large initial difference between those nations beyond the metropolis and the metropolis itself, but (as success accrues) *reduce* the initial differences *amongst* the newly industrialising nations during and after the phase of the industrial drive.

A third and perhaps more fascinating aspect of the two cases of Japan and Russia is that they appear to conflict with the general notion that successfully transferred development depends somewhat upon especially constructed, close relationships between the metropolitan leader and the potential winners lying beyond the metropolis. Clearly, during this first of the modern climacterics the British economy lay at the centre of a global economy which embraced all of the significant mechanisms of transfer – centres of learning, patent systems, skill migration, capital goods and so on. Yet Japan did not import British capital (see above), the Japanese government did not forge alliances with British producers or favour British suppliers of machinery. Russia financed its industrial modernisation from France and Belgium rather than from Britain, and with the exception of John Hughes (above) the great bulk of foreign capital and enterprise originated other

than in Britain. In addition, in both Russia and Japan the machinery exports of Britain faced very stiff competition from those of other nations, especially Germany and the USA, the principal members of the commercial metropolis beyond its leadership. It is true that during the crisis of 1901 Witte attempted to forge a closer relationship with Britain, but this did not reflect the reality of the dynamical changes of the 1890s (43).

A fourth lesson of the first climacteric seems to be that a principal function of the State is *institutional*. The new institutions of science, especially the research university and government agencies (level 2 of intervention) were created by the State alongside institutes of social control, finance, education and training and indoctrination (levels 1 and 3 of intervention). This was recognised at the centre of the metropolis at the point when Japan defeated Russia in physical warfare (1905):

the lesson which our educationalists and statesmen have to learn from Japan is that the life of a modern nation requires to be organised on scientific lines in all its departments... it must be consciously used for the promotion of national welfare. (44)

The Japanese scientific and technological enterprise was vastly stimulated by the employment opportunities speedily made available not merely in universities, colleges and ministries but in the institutions for the regulation of new strategic laws (e.g. the Promotion of Navigation and Shipbuilding Law, the Electrical Power Supply Enterprise Law), for intellectual property rights (e.g. the patent system), the vast expansion of low-level technical training and in the manning of Statist innovations in metrication, standardisation and specification eg. in government contracts for supply of raw materials (45).

A fifth general point of the case studies is that success was sustained through the emergence of military-industrial complexes which were at the hub of government strategies. Both Japan and Russia spent a disproportionately large amount on military enterprise (46). Whatever its short-term costs and imbalances, military demand mobilised resources and served as a principal means whereby existing techniques were challenged, revamped or replaced. Whilst demand for railways and telegraphs, keys to military preparedness, lay at the centre of the Russian metallurgical projects, in Japan modernisation of armaments included a greater specification of product qualities, more sophisticated transfers and a process of trickling-out of best technique from arsenals and dockyards towards private enterprise (47).

The notion of 'followership' leads to some consideration of a most vital aspect of the cases, the relations between public and private sectors, or State and market. A more widespread, less centralised scientific enterprise awaited two conditions: 1) the steady emergence of an industrial, commercial and professional middle class, especially an increasingly urban location of that class and, 2) the emergence of diffused demands for scientific and technical services amongst the growing indigenous private enterprises in the most modernised sectors of the economy. Generalising somewhat wildly we might hazard that the first of these two mechanisms was especially present in the modernisation of the American scientific and manufacturing enterprises, the second mechanism of especial importance in the modernisation of the German scientific enterprise (48). Beyond the metropolis, similar forces were at work, although the greater the extent of relative economic backwardness the less likely that force (1) above would

precede force (2) above. In Japan, followership based on the prior provisions of government was hastened during 1881-84 by the deliberate policy of privatisation of public sector enterprises, the so-called "selling-up" process (49). This was tremendously influenced by government expenditure on social control and basic education which together far outweighed expenditure on industry, or on science and technology, directly (50). At the micro level, many Japanese and foreign scientific and technical experts found employment in the various levels of the technical education system, which expanded at a tremendous pace (51). In the case of Russia, "followership" is very well-illustrated in the South Russian metallurgical project in two phases of 1887-94 and 1895-1901. The first phase was foreign-led, centred on turnkey projects, was very highly modernised and large scale and involved skills across a wide range of industrial pursuits. Here all enterprises depended on government encouragement, guarantees and contracts (52). But the second phase of company expansion was less dependent on the Russian government and generated a far greater range of production, increasingly away from the railways towards shipbuilding and general engineering. This second phase represented the establishment of a modernised capital goods industry both creating and drawing in talents and skills from elsewhere in Russia. Competition between enterprises promoted speedy transfers and their diffusion to new enterprises and locations both within South Russia and beyond it in such diverse locations as Riga or the Southern Urals (53).

Finally, the case studies variously illustrate the multitude of Statist interventions within the transfer process itself, especially those concerning official promotion of transfer mechanisms. In both Russia and Japan, success during the industrial drives may have depended upon a period of *prior* government action in which new institutions and learning processes were generated. Even short-term "failure" may produce a result. For instance, in Russia during the 1870s large government investments had centred on modern technique in the Urals, Poland, Lugansk and Olonets. Although these were in the main unsuccessful, such interventions maintained the establishment of significant administrative and bureaucratic capacity prior to 1887, focused on an increasingly sophisticated Mining Department within the Ministry of Finance, a Corps of Mining Engineers and a government school of mines at St. Petersburg, all of which provided settings for accumulative foreign influence.⁵⁴ Secondly, the State was *the* vehicle which maintained an open door, particularly important in the far more isolated instance of Meiji Japan. No other major agency could have undertaken this role, which set the scene for competitive emulation in the private sector at a later stage (especially post-1890). At times of crisis or high risk eg. the late 1870s or early 1880s, government was the only agent capable of both quickly absorbing foreign expertise and then dispersing it to a large number of users in the form of new procedures or new equipment. Again, the Japanese prohibition on foreign capital necessitated a focal position for the State in maintaining the open door, whilst the need for both efficiency and ideological control required that the Meiji state should stand at that door as the *major domo* of the house of intellect and technique. The State was also important in promoting competition amongst the *foreign* suppliers of advanced technology, and thereby increased the *quality* of the flow of information and technology and thus the usefulness of the outside world

as a resource with which to construct a national capacity for scientific and technological enterprise.

It seems that industrial development of nations beyond the metropolis during the first climacteric involved a fairly radical disturbance in the relations between science, technology and the State, sufficient to ensure a very varied inheritance of institutionalised forms in the twentieth century. We have suggested that variations in the way in which scientific enterprise is harnessed to technology, or in the manner of national support for both science and technology, may result primarily from the *initial* relative position from which nations pursued an industrial drive, rather than from inherent cultural or social distinctions between such nations. We have also suggested that successful industrialisation may depend on relatively rapid exploitation of fairly short-term opportunities offered by changes in the dynamics of the global industrial system, and that such opportunities occur mostly during periods of climacteric, during which there is a conjuncture of technological and institutional innovations beyond the metropolis led by non-democratic (not, by any means, identical to anti-democratic) governments pursuing "national" interests without recourse to the ballot box. *Success*, however, awaits the point when expensive government leadership is followed (not entirely *replaced*) by private sector interventions across a range of industries and institutions. In such cases, industrialisation *and* a movement towards market forces precede the fuller development of 'democratic' political institutions or liberalised ideologies. Liberal economics may even be pursued in the name of culturalism and nationalism. Democratic political institutions may only follow from strong movements for cultural and political change amongst new middle class interest groups, yet scientific and technological enterprise may have been mobilised to a significant degree by the demands of new industrial enterprises for new personnel, technique and information, demands no longer satisfied by further transfers. It may, furthermore, only be through the survival over this crucial, relatively short period of industrial drive that national systems may then emerge which are more 'democratic' in conventional terms and in which 'science' is seen as integral to the well-being of the body politic, not merely either instrument or a symbol of the 'advanced civilisation' lying within the metropolis. At this point the metropolis has been effectively redesigned.

Beyond the Metropolis: A Second Climacteric

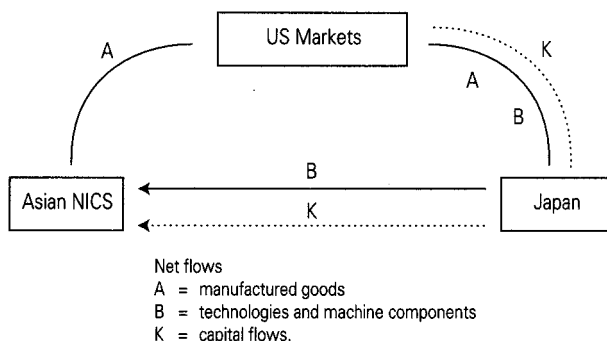
The most recent historical period, following the "golden age" of rapid economic growth in the years approximately 1950 to 1973 (55) has often been summarised as one of stagflation or global downturn and compared with the severe international depression of the years following the financial crises of 1926-29. We would argue that such a view is very misleading. The years since 1973 have been associated with a slow-down in growth of the older metropolitan nations, especially the USA, and the emergence to new leadership within the metropolis of Japan. Similarly, the years from 1870 to 1914 were dominated by the *relative* decline of the British economy and the rise of the USA and of Germany to leadership of the metropolis. But just as in the first climacteric, where the faltering of the leadership was associated with *both* a change in leadership *and* the relatively speedy industrial development of an entirely new group of nations,

including both Japan and Russia, so the relative decline of the USA and Europe in the world system since 1973 has been contemporaneous with the dramatic rise of the newly industrialising countries (NICs) of East Asia and elsewhere (56). We may quite reasonably nominate the years since 1973 as representing the genesis and maturing of a second great climacteric, in which a new array of winners and losers has appeared. Furthermore, the industrial and institutional developments beyond the metropolis may be as clearly linked to the metropolis itself as was the case of the first climacteric. Once more technology transfer, institutional innovations, foreign trade and capital movements become of great significance, and once more the role of the State and the character of its relations with the private sector are seen as of extreme importance in explaining the sequence of events and the extent of success. Finally, as in the first climacteric, so too in recent years the technology transfer and institutional adjustments associated with climacteric processes have had significant consequences in the realm of scientific and technology enterprise, the contributions of governments to science and technology, and the way in which research and training are harnessed to the process of industrialisation (57).

Any satisfying elaboration of the dynamical features of the second climacteric clearly lies beyond the scope of the present essay, but Chart 2 begins to unravel some basic relationships and centres on the metropolis and industrialisation in East Asia (58).

The basic climacteric features of the simple model are as follows. The leadership and the size of the US economy permits a fairly lengthy process in which both the leadership is challenged and the leading nation is in receipt of net flows of manufactured goods, new product technologies and large amounts of Japanese capital in various forms. By this feature alone, the model is transitional. A great range of arguments have been offered in order to explain the position of the USA, but it is becoming clear that an interpretation of the relative decline of the US economy since the early 1970s must incorporate the degrees of success in which "follower" nations (such as Japan and Germany) shrank the technological gaps between their own systems and that of the USA, the failure of the 'mature' US institutional system, especially in those areas concerned with education, training and social consensus, and the strains imposed on the US by leadership itself, particularly in terms of the valuation of the US dollar prior to 1985, defence commitments and the complexity of policy issues – the latter has been decidedly

Chart 2. The Maturing Climacteric: The USA, Japan and the Asian NICs in the 1980s



increased through continued global responsibilities, perhaps to such an extent that no new US political regime may escape the dominant pressure of existing military, bureaucratic and diplomatic structures (59). This compound of forces allows for great ironies and the coexistence of the seemingly irreconcilable: the invention of transistors, semi-conductors and computers and the fall in the US share of the world market in microelectronics, including the special markets for the highest-tech products within that industry (60). Furthermore, in this sort of argument the "underlying" failure of the US economy lies in a failure of enterprise investment and technological innovation, but also allows that such failures are themselves the essential *modus vivendi* of yet deeper fractures of leadership: the inability of the institutional structure to induce innovative investment and technological behaviour (61). The so-called "culture" of US private enterprise forbids long-term technological change and itself results from deeper features associated with the very fact of leadership (62). Thus the US economy spawns larger and larger trade and budget deficits on which, as can be seen in Chart 2, a portion of the dynamics of climacteric depends.

The position of Japan in Chart 2 derives from its earlier ability to transfer technology out of the metropolis and to join the metropolis during its two principal phases of "catch-up", the years of the first climacteric in which the nation joined the lowest ranks of the core set of industrialisers, and the "golden age" of growth around 1950-1973 during which Japan maintained an accelerating growth rate based on high rates of savings and investment, surplus labour supplies and technology transfer-in from the USA and Europe (63). By the 1980s the Japanese economy severely challenged that of the USA for industrial (if not growth overall) leadership, and the surplus savings of the Japanese economy were increasingly associated with America's dual deficits, with the Japanese ownership of US enterprises which had hitherto been considered as at the very heart of American culture and institutional life (64), and with the inability of the US to compete in key markets at a global level as it faced Japanese manufacturers whose production profiles included new manufacturing establishments operating outside of Japan itself, especially in East Asia. The process was hastened from around 1985 with the increased upward revaluation of the yen which had the principal effect not of halting Japanese exports to the USA, but of increasing the export of Japanese investment funds and techniques (to Japanese, foreign assets were now cheaper in yen terms) and of increasing the competitive advantage of some Asian NIC's exports at the expense of the more labour and energy using products of Japan.

Although the early position of the NICs was to a great extent a result of pull effects stemming from the USA from the early 1950s (65), the NIC growth of the 1980s was increasingly a result of changes in the Japanese economy; the increase in the price of labour, worsened pollution and overcrowding, movements away from oil-using industries, the continued high rate of savings and the need to replace foreign trade – increasingly under US pressure – with overseas production through the export of capital and the transfer of technique (66). The revaluation of the yen in the mid-1980s tightened the dynamic aspects of the model: Japanese capital and enterprise surged into the earlier NICs during the mid and late 1980s and then into the industrialising nations of South East Asia (e.g. Thailand and Indonesia) during 1988 and 1989 (67).

State industrial policies and policies towards science and technology in Japan and the NICs are demonstratively other than those of the older leaders of the metropolis. In the latter the relative failure of many sectors of private enterprise has been associated with a low commitment to science and technology and a growing dependence on public education and the R+D provisions of the State. Systems which thrived during the first climacteric on the basis of aggressive entrepreneurship and its sponsorship (if not organisation) of new forms of research institute and activity have become State-dependent. In contrast, the new winners of the second climacteric, Japan within the metropolis and the Asian-NICs as the first tier of winners (roughly comparable with the US and Germany on one hand and Japan and Russia on the other during the first climacteric) have combined early State tuition, financing and incentives with the R+D investment and demands of fast-growing private sectors. Derived from the reworking of data in the UNESCO *Statistical Yearbook* of 1986, Chart 3 illustrates the burdens of leadership and the felicities of followership in the area of expenditure on R+D (68).

Chart 3. Expenditure of Public Funds on National R+D by Selected Socio-Economic Aims (5 of 13 categories) % Fig.

		Space	Defence	Industrial Development	Energy	Advance of Knowledge
Japan	1983	9.2	5.8	12.6	29.1	3.6
USA	1982	5.5	64.3	0.4	6.7	3.9
UK	1981	1.9	48.8	6.3	6.4	15.2
Germany (Fed. Rep.)	1981	3.9	8.5	10.2	14.9	44.5

Defence R+D, which no longer may boast the much-vaunted potential spin-offs at low cost into the private sector, crushes the State-led R+D efforts of the older leadership of the USA and the UK. More so than Germany, Japan illustrates the liberations of followership through its higher expenditure on industrial development and closely associated energy development, and its much lower investment in the advance of knowledge. But Chart 4 illustrates something more.

Chart 4. Expenditure on R+D, Japan and USA (1983-1984)

		USA	Japan
1	All R+D as % of GNP	2.7	2.6
2	% of total expenditure R+D which is from productive enterprise	49.6	75.9
3	Current expenditure by productive enterprise as a percentage of all expenditure	73.0	64.8
4	Manufacturing R+D expenditure as a percentage of all productive sector expenditure	—	93.4
5	R+D as percentage of GNP deflated for expenditure on Space and Defence	0.82	2.21

Embracing *both* public and private contributions to national R+D, Chart 4 shows how Japan has caught up with the USA in terms of total R+D commitments, easily overtaken the USA in terms of R+D net of defence (row 5), and reversed the long-term historical trends in sectoral contribution: in Japan the private sector contribution to total R+D is of far greater relative importance than in the case of the USA.

By the end of the 1980s it was becoming clear that the scientific and technological enterprise of the NICs (eg. the Republic of Korea) was approximating that of Japan in a similar manner to the efforts of the late developers of the first climacteric in reproducing the essential institutional features of the metropolis of the first climacteric. Just as then, recent later industrialisation has been associated with the penetration of the economy by the State at all levels 1-3 as outlined in Section 1 above of this essay. Again, as in earlier years, the first focus was on the process of technology transfer itself, the need to encourage foreign information, technique and skills through the creation of an environment which both stimulated transfer and permitted emulation. However inefficiently and autocratically, the bureaucrats of the Asia NICs took on a prime task of searching and sifting of global technique, with the major partnership shifting most recently towards Japan and away from Europe and the USA. R+D enterprise (intervention level 2) was clearly influenced first by import substitution and then export promotion policies (intervention levels 1 and 3), but also by innovative institutional responses which approximate those of the most recent metropolitan leadership (ie. Japan) rather than those of the older leaders such as Europe and the USA.

As royalties mounted, as some strategic gaps were closed and as the professional middle classes within NIC economies began to exert voice rather than a continual quietest loyalty, so too the State-led mechanisms of technology transfer and uplift became somewhat more open and more directed towards indigenous users and national training programmes. After early experiments with metropolitan-style liberal arts education, most East Asian industrialisers moved fairly firmly towards appropriate vocational and technical training, polytechnics and applied groupings in universities (69). Of greater significance, the NICs began to selectively emphasise the role of enterprise sector training processes, so famous as a major characteristic of the Japanese system (70). Where the fractures of metropolitan leadership led to an outcry for a reformed system of public education in the UK or the USA, in Asia the harnessing of knowledge and technique to industry was increasingly seen as a task of the private sector, however aided and abetted by government: international comparisons of very crude aggregates do bear out this picture. Increases in business expenditure on R+D as a percentage of GDP between 1981 and 1991 averaged per annum 9 % for Japan and 4 % for the USA, but 32 % for S. Korea, 24 % for Singapore and 16 % for Taiwan (71). As shown in Chart 4, the trend is clearly as established earlier by Japan.

Thus the NIC States have emphasised the establishment of new institutional arrangements to address an increasing range of new disciplines. The Korean Advanced Institute of Science and Technology and the Industrial Technology Research Institute in Taiwan are good recent examples, representing new modes of R+D encouragement directly linked to both global technique and local industrial needs. By the later 1980s Korea and Taiwan were beginning to reach metropolitan levels in terms of expenditure

on R+D as a proportion of national income, ie. around the 2 % figure. Again, efforts like that of Daeduk Science Town in Korea and the Hsiuchu industrial zone in Taiwan are clearly reflections of the Japanese emphasis on technology cities as illustrated at Tsukuba and in plans for multifunctional cities overseas (72). In contrast to the older metropolitan leadership, universities are not necessarily seen as the prime sites of higher level R+D or for the application of such to new industrial processes. Again, despite key differences in the underlying cultural assumptions of such institutional features, at the level closest to production itself, the East Asia NICs have also experimented with such innovations as the Japanese-style Quality Control Circle (73). Finally, the recent transformations of the R+D and technological profiles of Japan's small and medium scale companies, often neglected in models of Japanese development or the East Asia system, provides a potentially powerful exemplar for further institutional change in the NICs, dominated as they are by a high percentage of small and self-employed businesses: CAD/CAM systems need not await the increased size of enterprises operating in settings of increased industry output (74).

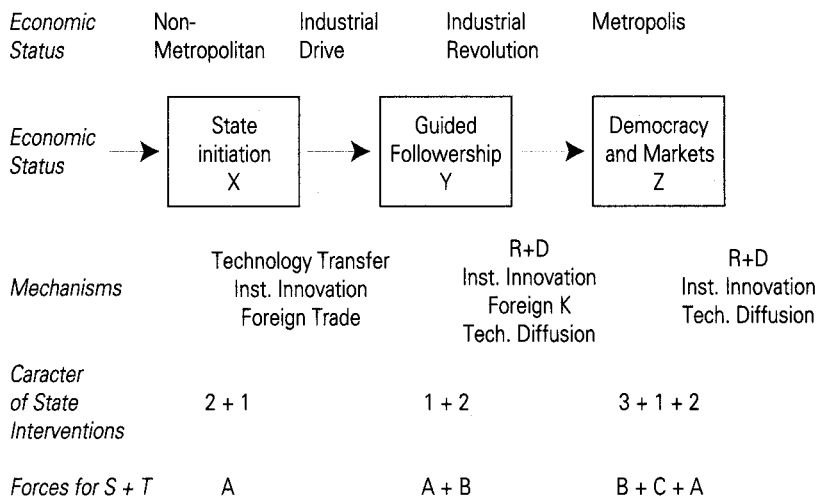
Although several commentators have stressed the inadequacies of East Asia R+D facilities, lack of creativity and quality controls, and a measurable absence of technological autonomy, such emphases omit the dynamics of climacteric transition (75). *No end points have yet been reached*, and to cut into historical trends or transitions as if they are equilibria is to miss the analytical point. Clearly, the inherent instability of major ingredients of climacteric (as shown in Chart 2 above) include the catch-up process, (the narrowing of technological differentials between nations) and the *reaction of the metropolis* as policy makers there realise the possible value of technological closure, ie. leading to a debilitating weakening of the "B" arrow linking Japan and the Asian NICs in Chart 2 above, itself merely a culmination of *earlier* technology transfers from the USA to Japan. That is, Asian NICs are in a real sense now in receipt of techniques derived initially from the earlier leaders of the metropolis, but adapted and filtered through the institutional and commercial operations of the expanding Japanese economy. Such relationships are amongst the foremost dynamical transition features of the second climacteric.

There are several parallels between the two climacterics which together point towards a historical sequencing in the relationship between science, technology and the State during critical periods of change. Accelerated industrialisation of "outlying" economies may be more associated with the emerging new competitors within the metropolis than with its leadership, whose greatest influence is likely to lie in the period just prior to industrial drive. Just as technology transfer into Japan and Russia prior to 1914 owed more to Germany, the USA and France than to Britain, so too much of the dynamics of the Pacific during the 1970s and 1980s may be best interpreted through key changes within the Japanese economy and in the relations between Japan and the USA. This may be related to the transfer of institutional modes as well. Japan's interest in British educational, technical and legal institutions faded somewhat during the 1890s just as a closer borrowing relationship was forged with the industrial newcomer, Germany (76). Similarly, the earlier development of the Asian NICs was associated with a period of 'Americanisation' which has seemingly been succeeded by increased Japanese influence.

The movement of capital into late developers appears to be of importance, but not necessarily at the point of initiation of the industrial drive and not of decisive importance in the absence of prior technological trading and contemporaneous institutional innovations. Much of the latter were determined by State interventions, many of which influenced the direction of science and technology development but few of which were aimed directly at R+D or the national scientific enterprise. That is, industrial development during the climacteric involves a concerted State involvement at all of levels 1-3 of those outlined in Section 1 above. It is possible to visualise a sequence which satisfies many of the prominent phenomena occurring within both climacterics. Chart 5 below, which follows also from Chart 2 above, depicts the sequence of changes observable in early British industrialisation (eighteenth and nineteenth century), during the first climacteric (late 19th C.) and during the Second climacteric (later 20th C.).

In this simplified model it is not possible to incorporate the great variety of non-metropolitan conditions or levels existing in nations prior to the industrial drive of block X. In this model, liberal political regimes or institutions do not 'cause' nations to jump the transformation gap from underdevelopment to industrial drive to industrial revolution. Indeed, the institutions of the market are created institutions and develop subsequently to industrialisation in all cases but that of the very earliest developers, particularly Britain. In the case of Britain, a unique and irreproducible case of industrialisation, early industrialisation occurred from a position of economic and commercial supremacy, under increasing Statist interventions during the 18th century, followed by

Chart 5. Paths and Punctuations: A Sequencing Approach to Industrialisation



Key: 2, 1, 3 = levels of State intervention as in Section 1 above, 1 = undergirding, 2 = direct S+T policy, 3 = specific econ. policy.

- A = State provision of S+T resources and training for indigenous development.
- B = Enterprise demand for indigenous S+T services and skills.
- C = Rise of indigenous commercial and professional middle class.
- K = Capital, R+D = research and development funding.
- S+T = Science and Technology

some advancement towards a more democratic process during the industrial revolution itself. The British State undergirded the market and the market ideologies of liberalism and individualism and there was no pressure on the system or the sequence of events arising from wholesale transfers-in, of advanced technologies or institutions or disruptive "progressive" ideologies. The sequence of events in Britain was very long drawn out, from the Statist interventions and elementary science policies of the 18th century, through the guided followership of the early 19th century, associated with a rise of aggressive entrepreneurship and a host of new technologies, to the increased democracy of political institutions in the later 19th century (77).

During the period of climacteric, maintenance of social and political control is a prime concern of the State during the movement towards industrial drive and industrial revolution (blocks X and Y of Chart 5). Although, historically, non-metropolitan regimes are only rarely market democracies, during the early industrialisation of late developers the interventions of the State *increase* rather than decrease, a requirement of the essential, related processes of technology transfer and institutional innovation. Thus the historical sequence seems to involve a tightening of Statist controls *because* of institutional weakness, and a later emergence of "market forces" as private sector groups follow the technological and institutional leadership of the State. The important function of the private sector in block Y is twofold; to a) broaden the range of techniques and industries, moving modernising activity beyond the sites initially selected by the State, and b) increase the efficiency of modern sector activity, a process driven first by competitive emulation and then by the normal forces of the market (block Z).

The new industrialisers of the climacteric demonstrate phases of industrial drive wherein much of government activity is geared to technology transfer and to the strengthening of internal institutions of knowledge diffusion, education, training and technological demonstration. Within this process, organisations for science and technology are created which are quite unlikely to ape those of the erstwhile leadership of the metropolis. The political *and* the scientific and technical institutions of the winners in blocks X and Y are more *likely* to emulate those of the most vigorous elements of the metropolis e.g. in the 1890s Germany and the US became more appropriate models than the UK, in the 1990s Japan is a more apt model for East Asia than is the USA or Europe. Indeed, during the climacteric, new institutions for science and technology evolved in either or both of the metropolitan winners (e.g. Japan today) or the new industrialisers (e.g. Korea today) may pass towards the more established nations of the metropolis (e.g. Britain or America or Germany today) (78). The last row of Chart 5 suggests that in most cases science and technology will be *principally* supported by the State and then by the specific demands of the private sector (eg. later 19th century Germany or today's NICs) and at a later stage only benefit from a broader base of support arising from the growth of effective social power of new middle class groups. In this model the industrialisation of later 19th century Japan, for instance, *could not* have succeeded under a democratic regime. Similarly, in this model, calls for "democracy" and the swift removal or outright reform of absolutist or authoritarian regimes (whether socialist or nationalist) in late-developing nations may be contrary to the observable pattern of historical sequencing. This is *not* to say that human agency and novel insti-

tutions may not transcend discernible patterns, but merely that such patterns do seem to have recurred. Much radical and classical political economy at one time was devoted to the proposition that calls for democracy or democratic socialism are likely to fail in industrialising systems if new institutions are adopted prior to the attainment of industrial revolution, ie. block Y above (79). Furthermore, the example of the contemporary NICs and of China suggest that it is possible to initiate substantial reforms in market structures and in non-market institutions (which will accelerate processes at work in block Y above) *prior* to fuller democratisation of the central political system as such. What might be thought of as the contemporary Russian or Eastern European sequence, to an extent forced by external circumstances of a sort never present during the first climacteric, is illustrated in Chart 6 (80).

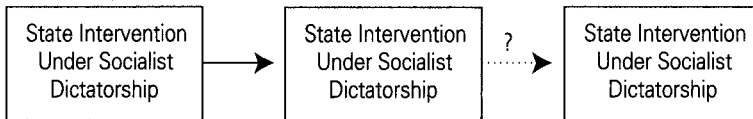


Chart 6. Political Punctuations, Markets and Industrialisation

This sequence does not seem to work and appears to have no historical precedents in the years since the initial industrial revolution of Britain. Yet it is mainly towards those nations which are relatively newly dynamic within the present climacteric (for instance, those with growing trade surpluses with the USA, such as China, Thailand or Malaysia) that *international* pressure for democratic reform joins with *internal* "middle class" pressures for reform (81). In our model, any resulting collapse of the industrialisation process, as has clearly occurred in Eastern Europe and at large within Russia, threatens to destroy the most recent technological and institutional gains, holds back the fuller emergence of internal forces for change (especially the rise of the middle classes more broadly) and removes the base from under the institutions of the scientific and technological enterprise. More importantly, the premature ejaculation of democratic forces may undermine the commercial integrations between the metropolitan centre and the new industrial winners (eg. today China is second only to Japan in its trade surpluses with the USA) which in the past have acted as one key influence in the movement away from authoritarianism in *both* the economic and the political systems of newly industrialising countries.

Conclusions

The style of presentation in this paper has permitted periodic summaries and estimations of position. These do not need to be repeated here. Clearly, there will be many readers who will instinctively dislike the style and level of argument. For instance, many historians of science or technology will be loath to reduce the notion of a support structure for national science and technology to the levels of the State, private enterprise and middle class demands, (e.g. as in Chart 5 above) (82). Truly, there is a vital global component to all science, and ideas transfer more readily and often more insidiously

than do techniques. It is also true that in varied settings, technological development may run ahead of "scientific" development in any national setting, and that this may be especially the case during periods of significant industrial or commercial progress (83). Nevertheless, the historian who adopts an analytical approach does need to acknowledge the effect of two-way impacts of science and technology upon the industrialisation process and, in particular, the relations between knowledge, technique and institutions. The contribution of "science" (if such may be adequately isolated) during periods of rapid industrialisation remains problematic. However, it is *precisely* through periods of rapid change that the shape of things is determined. Within this, the State has played and does play a crucial role. Therefore, the historian who looks back on the development process and notes that full metropolitan membership is mainly composed of nations more or less democratic and more or less boasting free market ideologies (*never* free market policies in full) must be prepared to at least consider the problems of cause and effect, of interpretation and sequence. So-called free systems, including open and individualised systems of scientific research and technological innovation, generate growth within the metropolis, act as vehicles of transfer between the nations of the metropolis, and have demonstrated some successes in underdeveloped, non-metropolitan economic systems. But the question still remains as to how far they may have ever generated or been especially appropriate to that crucial conjunctural transformation wherein there is a change of status from periphery to metropolis.



REFERENCES

- 1) This sort of statement may only be tested against cases of "failure" as well as "success": see Ian Inkster, "Prometheus Bound: Science, Technology and Industrialisation in Japan, China and India. A Political Economy Approach", *Annals of Science*, 45 (1988), 399-426.
- 2) J.K. Galbraith, *The New Industrial State*, New York, 1967, chapter 2. For an excellent brief introduction into the conditions required in order to absorb transferred technique see Robert Solo, "The Capacity to Assimilate an Advanced Technology", *American Economic Review*, Papers and Proceedings, May 1966, 91-7.
- 3) Ian Inkster, *Science and Technology in History. An Approach to Industrial Development*, London, 1991, chapter 3.
- 4) By far the best modern assessment, which includes a brilliant comparison with Germany is Sidney Pollard, *Britain's Prime and Britain's Decline: The British Economy 1870-1914*, London, 1989.
- 5) Ian Inkster (ed), *The Steam Intellect Societies*, Nottingham, 1985.
- 6) T. Veblen, *Imperial Germany and the Industrial Revolution* (1915, University of Michigan Press, Cresset, 1966). See also J.P. Diggins, *The Bard of Savagery: Thorstein Veblen and Modern Social Theory*, London, 1978.
- 7) Quoted in R. Hutchings, *Soviet Economic Development*, Oxford, 1971, p. 290.
- 8) Alexander Gerschenkron, *Economic Backwardness in Historical Perspective. A Book of Essays*, Cambridge Mass., 1962.
- 9) Alexander Gerschenkron, "The Discipline and I", *Journal of Economic History*, 27 (1967), 443-59, quote p. 451.
- 10) For two strong programme positions see G.W. Scully, "The Institutional Framework and Economic Development", *Journal of Political Economy*, 96 (1988) and David Osterfield, *Prosperity versus Planning: How Government Stifles Economic Growth*, Oxford, 1992.
- 11) For good representations of institutionalist positions see many articles in the *Journal of Economic Issues*, the special issue of the *Economic Journal* (January 1991) and Warren J. Samuels, *Essays on the Economic Role of Government*, Vols. 1 and 2 (both London, 1992). For excellent historical studies of protoindustry and regionalism which consider market creation and the power of institutions see M. Berg (ed), *Markets and Manufacture in Early Industrial Europe* (London, Routledge, 1991).
- 12) Milton Friedman, *Free to Choose*, London, 1980, quotes p. 96, 333.
- 13) There is, of course, debate on the exact extent and effectiveness of Meiji State interventions. For a brief introduction see Ian Inkster, "Technology Transfer and Industrial Transformation: Interpretations of the Pattern of Economic Development circa 1870-1914", in Robert Fox (ed), *Technological Change*, Oxford, 1995 (forthcoming).
- 14) Karl Polanyi, *The Great Transformation*, Boston, 1944, 1985; Douglas North, "Institutions", *Journal of Economic Perspectives*, 5 (1991); Douglas North, *Institutions, Institutional Change and Economic Performance* (Cambridge: Cambridge University Press, 1990).
- 15) W.J. Macpherson, *The Economic Development of Japan 1868-1941*, London, 1987, quote p. 57.
- 16) With reference to science and technology as such, the role of the eighteenth century British State has been underestimated. There emerged a loose but effective configuration between such direct arms of government as the Admiralty, the Board of Longitude, the Board of Agriculture, the Mint and the Board of Trade and such key institutions as the East India Company, the Royal Society, the Society of Arts and, at the end of the century, the Royal Institution, at a time when government was screening the "useful" sciences for solutions to problems of navigation, acclimatisation and naval supply.
- 17) David Hume, *Essays Moral, Political and Literary*, Edinburgh, 1741-2 (quotations from edition in *Works of David Hume*, XXXIII, London, 1903).

- 18) R. Watson, *Anecdotes of the Life of Richard Watson*, London, 1817, quote p. 276.
- 19) For contrasts see F. Haber, *The Chemical Industry during the Nineteenth Century*, Oxford, 1958; W.H.G. Armytage, *The Rise of the Technocrats, A Social History*, London, 1965; F. Rose, *Chemical Instruction in Germany and the Growth and Present Conditions of the German Chemical Industry*, Diplomatic and Consular Reports, London, 1901; Peter Alter, *The Reluctant Patron, Science and the State in Britain 1850-1920*, Oxford, 1987, and of course Pollard *op. cit.* (see reference 4 ch. 3).
- 20) *Nature*, 26 December 1901, p. 175.
- 21) *Nature*, 9 March 1911, p. 69-70; 23 February 1991, p. 63; *Board of Trade Journal*, 17 August 1911; see P. Lundgreen, B. Horn, W. Khron, G. Kuppers, P. Paslack, *Staatliche Forschung in Deutschland 1870-1980*, Frankfurt, 1986.
- 22) *Nature*, 9 March 1911, p. 69-70; *British and Colonial Druggist*, January 1910, p. 6.
- 23) Thus the Imperial Chemical Institute was directly financed by the State and through the Association for the Protection of the Interests of the German Chemical Industry; government initiated the institution, private interests financed it thereafter: *Chemical Industries*, 34 (1911), p. 588-89.
- 24) Haber, *op. cit.*, p. 126 forward.
- 25) *Ibid.*, p. 124-135; Rose, *op. cit.* (see reference 19).
- 26) Ian Inkster, "The Other Side of Meiji – Conflict and Conflict Management" in G. McCormack and Y. Sugimoto (eds), *The Japanese Trajectory: Modernisation and Beyond*, Cambridge, 1988, p. 107-28.
- 27) *Nichi Nichi Shimbun*, 2 October 1878; *Japan Weekly Mail*, 18 January 1879.
- 28) By the end of the outbreak in December 1879 cholera had claimed 96,660 deaths, out of a total number of cases of 164,229, with 21,714 still under treatment. The Tokyo Board of Health alone spent some 100,000 yen in sanitary measures.
- 29) *Japan Weekly Mail*, 16 August, p. 1076, 23 August, p. 1107, 30 August, p. 1177, 13 September, p. 1208, 18 October, p. 1384, 20 December, p. 1695, 1879.
- 30) E.O. Reischauer, *Japan, Past and Present*, London, 1964, quote p. 84.
- 31) *Japan Weekly Mail*, 24 September 1870, p. 462.
- 32) *Chūgai Bukka Shimpō*, 3 October 1878, p. 2.
- 33) Which is not to say that foreign enterprise did not at times find ways to circumvent the prohibitions, usually through the financing of indigenous traders eg. mines might be financed indirectly through large loans in advance of delivery of minerals. At times the Japanese complained of "those foreigners who, notwithstanding the present prohibition, are purchasing, in the names of Japanese, Government bonds or holding immovable property, or under various pretexts are, in reality, assisting in mining works etc. Such cases are indeed beyond calculation" (*Chūgai Bukka Shimpō* (Home and Foreign Commercial Progress) 3 October 1878, p. 3. See also Inkster, *op. cit.* (see reference 13).
- 34) *Ibid.*, (Inkster) and A. Kahan, "Capital Formation during the Period of Early Industrialisation in Russia 1890-1913", in P. Mathias and M.M. Postan (eds), *The Cambridge Economic History of Europe, VII*, part 2, Cambridge, 1978, p. 265-307.
- 35) "Materially po istorii SSSR, VI: Dokumenty po istorii monopolisticheskogo Kapitalizma v Rossi" (Moscow 1959), p. 173-95, translated and reproduced in T.K. Von Laue, *Journal of Modern History*, 26 (1954), p. 60-75. As the Minister responsible for finance and industry, Witte's reign dominated the 1890s (1892-1903). He was dismissed by the Tsar in 1903, recalled after the 1905 revolution as prime minister of an elected Duma, and dismissed as a liberal in 1906.
- 36) George Kamensky, "The Ironworks of the South of Russia", *The Engineer*, 20 September 1895, p. 293-95.
- 37) A. Vucinich, "Politics, Universities and Science" in T.G. Stavron (ed), *Russia Under the Last Tsar*, Minneapolis, 1969, p. 154-78.
- 38) J.R. Bartholomew, "Why Was There no Scientific Revolution in Tokugawa Japan?" *Japanese Studies in the History of Science*, 15 (1976), p. 111-25.

- 39) M. Maruyama, *Studies in the Intellectual History of Tokugawa Japan*, Tokyo, 1974; Ian Inkster, "Science, Technology and Economic Development – Japanese Historical Experience in Context", *Annals of Science*, 48 (1991), p. 545-63.
- 40) M. Yuasa, "The Growth of Scientific Communities in Japan", *Japanese Studies in the History of Science*, 9 (1970); M. Yuasa, "The Scientific Revolution and the Age of Technology", *Journal of World History*, 9 (1965); J. Bartholomew, *The Formation of Science in Japan*, New Haven and London, 1989.
- 41) Bartholomew, *ibid.* and Ian Inkster, "Catching Up and Hanging On: The Formation of Science in Modern Japan", *Annals of Science*, 47 (1990), p. 493-406.
- 42) Inkster, *ibid.*, quoting Bartholomew (p. 398).
- 43) "The Russian Iron Trade Crisis", *The Engineer*, 27 December 1901, p. 655-6.
- 44) "Why Japan is Victorious", *Nature*, 72, 8 June 1905, p. 128-9.
- 45) See Chapter 7 of Inkster, *op. cit.*, (see reference 3, (1991)).
- 46) K.M. Hobson, "The Military-Extraction Gap and the Wary Titan: The Fiscal-Sociology of British Defence Policy 1870-1913", *Journal of European Economic History*, 22 (1993), p. 461-506.
- 47) See as an example Kozo Yamamura, "Success Illgotten? The Role of Meiji Militarism in Japan's Technological Progress", *Journal of Economic History*, 37 (1977), p. 113-33.
- 48) The story is, of course, far more complex than this: see Inkster, *op. cit.*, (reference 3, 1991), chapters 4 and 5.
- 49) For an excellent early account of government industries see T.C. Smith, *Political Change and Industrial Development in Japan: Government Enterprise 1868-80*, Stanford, 1955.
- 50) Koichi Emi, *Government Fiscal Activity and Economic Growth in Japan 1868-1960*, Tokyo, 1963; Koichi Emi, "Economic Development and Educational Investment in the Meiji Era", in M.J. Bowman *et al.* (eds), *Readings in the Economics of Education*, Paris, UNESCO, 1968.
- 51) Between 1880 and 1940 higher scientific and technical education increased fortyfold in student numbers, further technical and commercial education eightyfold.
- 52) "Iron and Steel Manufacture in Russia", *The Engineer*, 26 June 1891, p. 512.
- 53) H. Bauerman, "Iron and Steel at the Universal Exhibition, Paris, 1900", *The Engineer*, 2 November 1900, p. 448-50.
- 54) For earlier mining and metallurgy see W.L. Blackwell, *The Beginnings of Russian Industrialisation 1800-1860*, Princeton, 1968; T. Esper, "Industrial Serfdom and Metallurgical Technology in 19th Century Russia", *Technology and Culture*, 23 (1982), p. 583-608.
- 55) For the essential features of the golden age see A. Van Dormel, *Bretton Woods: Birth of a Monetary System*, New York, 1978; W.M. Scammell, *The International Economy Since 1945*, 3rd edn., London, 1983; P. Armstrong *et al.*, *Capitalism Since World War II*, London, 1984.
- 56) Clearly a number of other NICs might be nominated as illustrating rapid growth during the second climactic, such as Brazil, Turkey or Venezuela, all of which shared high rates of overall industrial growth and investment from the 1970s. For overviews see S.B. Lidner, *The Pacific Century*, Stanford, 1986; World Bank, *World Tables*, World Bank, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1991.
- 57) Here we focus on the climactic effects as relevant to new industrialisers. As dramatic are the institutional associations and repercussions of relative decline in metropolitan leaders. For an excellent detailed introduction see B. Bellon and J. Niosi, *The Decline of the American Economy*, New York, 1988.
- 58) For overviews of NIC dynamism R. Holheinz and K.E. Calder, *The Eastasia Edge*, New York, 1982; J. Woronoff, *Asia's "Miracle" Economies*, Tokyo, 1986.
- 59) The President's Commission on Industrial Competitiveness, *Global Competition: The New Reality*, Washington DC, 1985; R.H. Hayes and W.Y. Abernathy, "Managing Our Way to Economic Decline", *Harvard Business Review*, 58 (1990), p. 67-77.

- 60) R.A. Morse and R.J. Samuels (eds), *Getting America Ready for Japanese Science and Technology*, Washington DC, 1985; The Business Roundtable, *American Excellence in a World Economy*, New York, 1987.
- 61) M.L. Dortouzos *et al.* and the MIT Commission on Industrial Productivity, *Made in America: Regaining the Productive Edge*, Cambridge Mass., 1989.
- 62) Ian Inkster, "Made in America But Lost to Japan: Science, Technology and Economic Performance in the Two Capitalist Superpowers", *Social Studies of Science*, 21 (1991), p. 157-78.
- 63) Andrea Boltho, *Japan, An Economic Survey 1953-1973*, London, 1975.
- 64) Most notably Sony's purchase of Columbia Pictures and Matsushita's purchase of MCA, owner of Universal Studios, and the 1992 bid by Nintendo to buy up the Seattle Mariners, an American major league baseball team.
- 65) Added to the flow of US aid was American liberalism towards NIC protectionist policy during the strategy of import substitution, the expanding US market for NIC manufactures and the stimulus to Asian NICs (especially Taiwan and S. Korea) of the Vietnam War.
- 66) Even prior to the 1973 OPEC oil crisis, commentators were identifying a "turning point" in the Japanese economy composed of several discrete elements: increased labour scarcity and capital surplus, problems of pollution, impacts on trade of yen revaluation and effects on productivity of "closing" the technological gap between Japan and the USA. Although such forces did have consequences within Japan, their external effects were also of importance, effects reduced in relative terms only by the unparalleled expansive effects of yen revaluation from 1985.
- 67) M. Goldsbrough, "Foreign Direct Investment in ASEAN: Its Sources and Structure", *Asian Economics*, 61 (1987); T. Nakakita, "The Globalisation of Japanese Firms and its Influence on Japan's Trade and Developing Countries", *The Developing Economies*, 31 (1988); papers by Yamashita and Phongpeichit in S. Yamashita (ed.), *Transfer of Japanese Technology and Management to the ASEAN Countries*, Tokyo, 1991.
- 68) UNESCO, *Statistical Yearbook 1986*, Paris 1986, from tables V-9 to V-117.
- 69) See K.Y. Edward Chen, *Hyper Growth in Asian Economies*, New York, 1979; Shirley W.Y. Kuo, *The Taiwanese Economy in Transition*, Boulder, 1983; Y.W. Rhee *et al.*, *Korea's Competitive Edge*, Washington, 1984.
- 70) H. Mutoh *et al.* (eds), *Industrial Policies for Pacific Economic Growth*, London, 1986.
- 71) Ian Inkster, "Education, Human Capital and Technical Change in Japan – A Sceptical Evaluation", *East Asia*, 6 (1993), p. 99-111.
- 72) Ian Inkster, *Clever City: Japan, Australia and the Multifunctional Polis*, Sydney, 1991.
- 73) Woronoff, *op. cit.*, (see reference 58) chapter 11; see also chapters 1 and 7.
- 74) K. Nakamura, "Management Strategies and Changes in the Employment Structure of small-and-medium-sized Enterprises in Manufacturing Industry Under Technological Innovation in Japan" *East Asia*, 6 (1993), p. 75-94..
- 75) For instance, W. Bello and S. Rosenfeld, *Dragons in Distress, Asia's Miracle Economies in Crisis*, London, 1992.
- 76) Special Issue, Adaptation and Transformation of Western Institutions in Meiji Japan, *The Developing Economies*, XV (1977).
- 77) See the discussion and references in Section 1 above.
- 78) Thus the attempts to establish "just in time", QC circles and *Kanban* systems into US and European enterprises in the 1980s and 1990s. Institutional transfer may take surprising and reverse-flow forms e.g. as early as the 1870s the US mathematician and university administrator J.D. Runkle (1822-92) founded the Lowell-shops after proposing that the Russian system of shop instruction should be introduced at the MIT.

- 79) Ian Inkster, "Relative Backwardness and Revolution; A Note on Marx, History and the Transition to Socialism", *Journal of Contemporary Asia*, 22 (1992), p. 146-151.
- 80) For an excellent account of sequencing, similar to that used here, and a common-sense approach to China see W.H. Overholt, *China, the Next Economic Superpower*, London, 1993. See also, R. Wade, *Governing the Market: Economic Theory and the Role of Government in East Asian Industrialisation*, Princeton, 1991; H. Genberg, "On the Sequencing of Reform in Eastern Europe", *IMF Working Paper* 91/93, International Monetary Fund, 1991; S. Howes and A. Bollard, "Economic Reform and Internationalisation: China and the Pacific Region", *Pacific Economic Papers*, 208, June 1992. Australia-Japan Research Centre, ANU, Canberra, 1992.
- 81) See David W.W. Chang, *China Under Deng Xiaoping*, London, 1988; M. Oksenberg et al., *Beijing Spring 1989*, Armonk, M.E. Sharpe, 1990; Liu Binyan, *China's Crises: China's Hope*, Cambridge Mass., 1990; F. Deyo (ed), *The Political Economy of the new Asian Industrialism*, Ithica, 1987.
- 82) Although see Inkster, *op. cit.*, (see reference 3), p. 89-130.
- 83) For one case study (Australia), Ian Inkster, "Intellectual Dependency and the Sources of Invention", *History of Technology*, 12 (1990), p. 40-64; Jan Todd, "Science at the Periphery", *Annals of Science*, 50 (1993), p. 33-58.



LES ATOUTS DU PETIT JOUEUR :

**Comment tirer profit de la mondialisation de la technologie
lorsqu'on est un pays en développement ?**

Stephen Hill
Centre for Research Policy,
University of Wollongong (Australie)

*Quel est le rôle d'une nation au sein d'une économie mondialisée, où les frontières vont en s'effaçant ? Plutôt que d'accroître la rentabilité de sociétés brandissant les couleurs nationales, ou d'augmenter les avoirs de ses citoyens dans le monde entier, le rôle économique d'un État est d'améliorer le niveau de vie de ses citoyens en renforçant la valeur de leur contribution à l'économie mondiale. L'attention portée à la compétitivité des entreprises nationales est souvent mal placée. Ce n'est pas ce que nous possédons qui compte, c'est ce que nous faisons. Robert Reich, *The Work of Nations* (1)*

Cette conclusion de Robert Reich repose sur un changement de paradigme dans la conception de la relation entre technologie et développement économique au seuil du ^{xxi}^e siècle. Du principe d'un pouvoir économique fondé sur la propriété nationale des moyens de production, on passe à celui d'un pouvoir économique dérivé de la « localisation » sur le territoire national d'activités à haute valeur ajoutée (2).

Apparemment, la concentration de la propriété dans quelques nations conserve son importance dans les affaires économiques mondiales. Il serait difficile de le nier.

Un petit nombre de sociétés multinationales continuent de dominer l'économie globale, et de traduire en avantages économiques le changement scientifique et technologique. C'est particulièrement le cas dans les activités à forte intensité de recherche. Ainsi, l'OCDE calcule (sur la base de données datant de 1987) que les dix leaders en informatique assurent 90 % de la production mondiale, en télécommunications 85 %, et en semi-conducteurs 61 %. Dans la construction automobile, la part de la production mondiale réalisée par les sept plus grandes firmes est de 88 %, et six sociétés fournissent à elles seules 88 % de la production mondiale de pneus (3). Dans l'industrie électronique et dans celle des technologies de l'information, il existe une très forte concentration à la fois de la propriété et de l'assise nationale avec sept sociétés multinationales, toutes situées au Japon, dominant deux ou plus des secteurs des compo-

sants, des ordinateurs et de l'électronique grand public. En 1989-1990, le Japon, les États-Unis et l'Europe contrôlaient les dix « grands » dans chacun de ces secteurs, à l'exception, notable, de la Corée dont les entreprises Samsung et Gold Star se sont élevées respectivement à la neuvième et dixième place sur la liste mondiale de l'électronique grand public (4).

Toutefois, au-delà de ces statistiques, il faut constater l'apparition de nouvelles tendances dans la manière dont les sociétés multinationales trouvent profitable d'opérer.

Jusqu'à ces derniers temps, les économies les moins développées achetaient des biens à forte valeur ajoutée à un petit nombre de pays technologiquement avancés et aux sociétés multinationales qui les représentaient. Les sociétés d'envergure mondiale assuraient leur compétitivité en morcelant internationalement le processus de production. Elles maintenaient à proximité de leur base nationale les activités à haute valeur ajoutée. Et elles se fournissaient en main d'œuvre bon marché dans les pays en développement les plus accommodants et les moins riches, pour réaliser leurs fabrications à faible valeur ajoutée. Pour les pays en développement, c'était un marché « faustien » : des emplois et une richesse économique dans l'immédiat, mais aucune possibilité pour eux de s'approprier la capacité technologique et les connaissances. En un mot, un bénéfice uniquement à court terme. Au fur et à mesure que la richesse augmentait, l'offre d'une main-d'œuvre à bas coûts par des pays moins riches attirait ailleurs les multinationales : de Taiwan en Malaisie, de Thaïlande en Chine. Entre temps, les pays en développement n'avaient pu acquérir qu'une très petite part de la capacité technologique des multinationales, celle qui ajoute beaucoup de valeur et qui ne leur avait jamais été transférée.

Mais la situation évolue. L'intégration du savoir-faire technologique dans la production, qui se mondialise, a érodé l'avantage concurrentiel que son monopole assurait à certains pays. Il y a encore dix ans, les multinationales, intégrées verticalement, dominaient l'introduction de nouvelles technologies (Sony et Philips dans le cas des CD). Désormais, et de plus en plus, des réseaux mondiaux relient entre elles plusieurs sociétés collaborant à la construction d'un produit. En aéronautique, par exemple, Boeing, société réputée américaine, ne produit que 15 % des composants des appareils fabriqués aux États-Unis. Les États-Unis ne fournissent que le site d'assemblage, et le rôle de la société se réduit à celui de directeur de production de ce qui est, pour l'essentiel, un avion produit internationalement. C'est ainsi que les composants des appareils Boeing sont par exemple fabriqués à la fois en Indonésie et en Australie sous contrats soumis à des appels d'offres (5). Ainsi, comme l'a souligné Michael Porter, du fait de la dispersion des activités (et des responsabilités) aux quatre coins du monde, la notion traditionnelle de centre unique de direction d'entreprise n'a plus de réalité (6).

Ce sont des sociétés japonaises, confrontées la concurrence chez elles intense, qui ont été les chefs de file de cette tendance. Elles ont essayé, ces dernières années, de prendre le contrôle stratégique du marché asiatique par l'intermédiaire de réseaux régionaux produisant des biens à forte valeur ajoutée. Il en a résulté une réorientation majeure des transferts transnationaux de capital mobile, les deux sources principales, capital et multinationales japonais donnant l'impulsion. Les réseaux mettent en œuvre de nouvelles formes de liens entre les sociétés : co-entreprise, sous-traitance, accords de licence,

contrats de recherche en coopération, second marché. C'est ainsi que « de nombreuses sociétés sont désormais engagées dans un réseau complexe d'accords s'étendant à de nombreux secteurs clés de toutes les activités – recherche, production et commercialisation » (7).

La *stratégie de réseau* implique le transfert, au partenaire le moins développé, de technologies de pointe et de savoir-faire. C'est donc potentiellement une stratégie à haut risque puisqu'elle a pour effet d'accélérer le développement de concurrents éventuels. Pourtant, cette stratégie est nécessaire pour gagner un avantage concurrentiel local : elle permet de mettre vite à disposition sur place les produits localement adaptés et demandés. La rapidité du transfert de connaissances aux sites de production éloignés est essentielle à la nouvelle compétitivité mondiale. Désormais la survie, à long terme, suppose la capacité de fournir en discontinu de petits lots de produits de grande qualité correspondant à des besoins locaux (8). « Céder » son savoir-faire technologique et se doter de connaissances techniques *offshore* sont des éléments essentiels de cette stratégie. C'est en se montrant plus rapide sur les multiples niches du marché que l'entreprise reste en tête de la compétition, et non pas en enfermant ses secrets technologiques dans un coffre-fort de biens intellectuels.

Par opposition à la stratégie antérieure fondée sur la propriété nationale, cette stratégie de réseau mondiale, propre aux années 1990, devrait encourager la création sur place de services de recherche, de développement et d'étude afin de pouvoir satisfaire la demande locale en produits de plus en plus sophistiqués. Les pays en développement ne pourront toutefois se rendre maîtres de cet avantage que s'ils sont équipés pour implanter ces capacités d'accroissement de connaissances dans des stratégies technologiques nationales.

Le nouvel atout du « petit joueur »

Il existe une série de déterminants technologiques et culturels derrière ces nouvelles exigences de la compétition économique. Pour les pays en développement, capturer le « papillon » du savoir technologique mondialisé suppose que les stratégies technologiques adoptées intègrent ces deux types de facteurs, technologiques et socio-culturels.

Les principaux ingrédients de la nouvelle formule de compétitivité mondiale sont les suivants :

- Les technologies de transformation sont passées sous contrôle électronique et non plus mécanique. C'est ce qui assure la compétitivité d'une production complexe non standardisée, prenant l'avantage sur la production de masse standardisée.
- Parallèlement, les préférences du consommateur se tournent désormais vers une demande plus spécialisée et plus personnalisée.
- Les flux de communication et d'information ont changé. Les progrès des techniques d'information permettent la mise en correspondance immédiate des exigences de production des grandes compagnies et des capacités de réponse de petits fournisseurs : entre la société et ses clients, temps et distance sont abolis par la télécopie et autres moyens rapides de communication.

- La complexité de l'information requise donne aux petites structures horizontales la possibilité de répondre avec plus de flexibilité et de précision que les grandes entreprises.

La clé de l'avantage compétitif pour un marché sur mesure, sensible, technologiquement sophistiqué, est, dans les années 1990, la capacité de réponse. Celle-ci exige des compétences à la fois technologiques et sociales développées.

Les entreprises doivent être capables d'agir rapidement, de pressentir les nouvelles opportunités commerciales, les inventions et innovations stratégiques, et de répondre aux attentes du marché en mettant très vite en production de nouvelles technologies. Dans l'industrie informatique, par exemple, le créneau commercial de nombreux produits n'est guère porteur plus de trois mois, et doit avoir une avance de deux ans sur la production en cours. Le taux d'obsolescence du *software* et du *hardware* est respectivement de deux à trois ans et de quatre à cinq ans. Hewlett-Packard, par exemple, tire les deux tiers de ses recettes de produits élaborés deux ou trois ans auparavant (10).

De petites entreprises, qui échappent au double et encombrant inconvénient de la taille et de l'inertie administrative, ont pu capitaliser sur l'avantage de l'innovation rapide. En dépit des prétendues économies d'échelle de l'époque précédente, certaines petites sociétés, comme des moustiques par une chaude nuit d'été, commençaient à irriter considérablement le calme monde des affaires, allant dans certains cas jusqu'à menacer l'existence même des géants. C'est ainsi que deux petites firmes d'informatique américaines, SUN et MIPS, ont mis IBM en difficulté avec leurs ordinateurs à jeu d'instructions réduit – les RISC – par le biais d'accords de licence et de collaboration généralisés avec des programmeurs et des producteurs qui sans cela seraient devenus des concurrents (11). IBM, dans ce cas précis, a refusé de développer RISC alors même que la compagnie avait été impliquée dans les premiers stades d'élaboration de cette technologie. RISC, appliqué particulièrement aux postes de travail par ordinateur, isole le traitement fondamental du traitement périphérique, en utilisant du *software* pour remplir des tâches périphériques précédemment exécutées par *hardware*. Pour IBM, se lancer dans RISC était trop hasardeux, car cette technique risquait de concurrencer certains de ses produits les plus porteurs.

Toutefois, la compétitivité de SUN et MIPS était autant due à leur capacité d'innovation sociale qu'à leur ingéniosité technologique : ils avaient cassé les règles « normales » de la concurrence. Ils avaient cédé à d'autres des brevets leur appartenant, créant ainsi un « effet d'essaimage » autour d'un projet qui émergeait. Dans ces domaines *high tech* où tout bouge extrêmement vite, il ne sert à rien de s'accrocher à ce qui vous appartient. Sony en a fait l'expérience à son détriment lorsque cette firme s'est fermée le marché de la vidéo en empêchant ses concurrents d'accéder au modèle BETA lui appartenant. Et la raison fondamentale pour laquelle le contrôle par la propriété n'est pas viable est la nature même du changement technologique. Le progrès technologique dans les principales industries de pointe est devenu extrêmement complexe et rapide. Il peut arriver que des innovations technologiques relativement modestes débarquent « par la bande », ou proviennent d'autres horizons du marché, pour éliminer l'avantage concurrentiel des grands joueurs, comme on l'a vu dans les cas d'IBM et de Sony.

De grandes sociétés jouant un rôle pilote ont riposté en adaptant leurs structures au système réseau. Leurs entreprises s'associent à des entités n'appartenant pas à leur structure formelle, partagent contrôle et technologie, et se divisent les marchés. De petites entreprises peuvent trouver place au sein de ces structures ouvertes, et faire preuve de la vivacité de réaction aux demandes dont les organisations les plus grandes sont incapables. Certaines grandes sociétés, comme le géant japonais de l'électronique Kyocera, ont même cherché à se transformer en réseaux ou en conglomérat de petites organisations ; le département de la production de Kyocera a été restructuré en deux cents équipes autogérées et autofinancées, ou « amibes », comme on les appelle, qui peuvent changer leur forme et leur dimension à la demande (12).

Des accords de coopération intègrent désormais les petites sociétés réceptives dans un système d'organisation nouveau et durable (13). Les unités passent contrat les unes avec les autres, et créant de la sorte un quasi-marché interne, elles éliminent le besoin de planification du haut en bas de la production et atteignent un niveau de flexibilité extraordinaire. Le groupe australien Technical and Computer Graphics (TCG) offre un exemple de ce type d'organisation par agglomérat.

TCG est un petit groupe de 24 sociétés basé à Sydney. Il a, au total, un personnel de deux cents employés et un chiffre d'affaires de 43 millions de dollars australiens. Ce réseau ou agglomérat de sociétés a grandi rapidement, pour devenir finalement le premier opérateur de services informatiques du secteur privé d'Australie. TCG a mis au point une forme de contrat commercial entre les membres du groupe et une méthode de développement de la production qui les rend extrêmement flexibles et très réceptifs aux demandes et aux changements du marché. Comme sa structure de base repose sur de petites sociétés très motivées, TCG a pu être fortement innovateur tout en maintenant au plus bas ses coûts structurels (14).

Aujourd'hui, en Australie, qui est un très petit acteur de l'économie mondiale, des données récentes prouvent que les exportations en valeur ajoutée les plus performantes sont le fait de sept cents petites et moyennes entreprises (15). C'est aussi vrai tendanciellement en Grande Bretagne, aux États-Unis, dans certains pays européens et au Japon (16). Si l'on se tourne plus loin, vers l'Asie, on constate que les stratégies à la base de la puissante sphère d'influence commerciale de la Chine reposent sur des PME. Le port d'attache en est particulier : Taïwan, où cette stratégie est soutenue par des organismes publics de R&D. L'objectif est de stimuler les petites industries et de favoriser leur assimilation de technologies de pointe en dix secteurs industriels précis, allant des semi-conducteurs à l'organisation de la santé publique (17). Dans tous les pays d'Asie (que ce soient les « tigres » ou les pays en développement), les PME jouent un rôle extrêmement important dans la formation de la richesse économique nationale : en Indonésie, par exemple, en dépit de la domination apparente de grands trusts, la plus grande part de l'innovation manufacturière réelle qui assure à l'économie indonésienne des niveaux de croissance élevés est due aux petites ou moyennes entreprises (18).

Le marché mondial et les stratégies entrepreneuriales sont donc en train de changer radicalement. La « philosophie » commerciale efficace des années 1990 consiste à s'introduire profondément et intelligemment dans les marchés mondiaux pour y trou-

ver le créneau spécifique que l'entreprise peut occuper avec succès ; et à assimiler rapidement le savoir nécessaire à la production, en temps voulu, du produit conforme à la demande et de bonne qualité. La condition indispensable de la réussite réside donc dans des liaisons efficaces, susceptibles d'activer les flux rapides d'information technique et sociale ; et dans la capacité d'innover, qui permet d'en tirer le parti le plus efficace.

Le nouvel ordre technologique et scientifique

Pour tirer avantage de ces changements mondiaux, il est essentiel de comprendre ce que sont la technologie et le transfert de technologies. Selon l'ancienne doctrine « mercantiliste », la compétitivité dépendait de la *propriété* des connaissances mises en œuvre. On croyait que la capacité technologique consistait à s'approprier un savoir scientifique et technique codifié. Cette évaluation n'a plus cours. La compétitivité économique repose de plus en plus sur la production d'un savoir technologique complexe et multiforme. On revient au sens grec initial, où technologie signifie « discours savant » sur les arts appliqués. Ce sens est profondément enraciné dans la société grecque antique, qui mettait l'accent sur une vision du monde que les gens façonnent, transforment, et apprennent à connaître (19). Jusqu'il y a peu, l'importance du facteur humain dans la connaissance technologique était par trop sous-estimée.

Nous assistons maintenant, jusque dans la pratique commerciale à la redécouverte de l'engagement humain dans la technique et le développement. Il est clair que la technologie est spécifique selon les entreprises. L'aptitude technologique est, pour une large part, un savoir tacite (donc incodifiable) dérivé de l'expérimentation, de l'erreur, de l'apprentissage, plus que d'une application systématique des connaissances scientifiques. Le développement technologique est par nature cumulatif, issu en grande partie de la pratique – « apprendre en faisant » – alors que la recherche est localisée (20). S'il y a transfert, les individus et leurs aptitudes sont à son cœur. L'entreprise locale a aussi besoin d'une organisation *sociale* efficace, pour acquérir la connaissance technique et l'appliquer rapidement à la demande sociale.

Au cours de ces dix dernières années, la construction d'avantages technologiques s'est faite dans le contexte dangereux de changements de la connaissance scientifique dans sa nature même. Sous le stimulus d'un marché de plus en plus avide de percées scientifiques décisives, le rythme et le mode de la création se sont rapidement transformés.

La nouvelle connaissance scientifique est portée par une dynamique de complexité et de pluralité. J'entends par là que non seulement il faut faire appel à plus d'une discipline scientifique pour résoudre un problème, mais aussi à différentes espèces de connaissances, à la fois explicites et tacites, touchant à la production, aux paramètres du marché, à l'importation d'idées provenant d'autres champs, d'autres discours. Désormais, dans de nombreux domaines scientifiques, vouloir distinguer la recherche fondamentale de la recherche appliquée n'a pratiquement plus de sens, puisque le problème relevant de la recherche fondamentale est induit par des intérêts et des paramètres qui sont du ressort de l'application industrielle (par exemple en biotechnologie et en électronique) (21). Pour une petite société innovatrice, l'adaptation à des besoins

spécifiques d'une pluralité d'informations complexes, et la traduction rapide et fidèle de messages est d'importance cruciale. Son avantage réside dans la réponse efficace et quasi immédiate de ses ressources et de ces relations. La même dynamique semble animer l'avant-garde de l'entreprise scientifique, également complexe et plurale.

Notre travail au Centre for Research Policy nous a, par exemple, permis de repérer quelques manifestations de cette dynamique :

- Les disciplines semblent de moins en moins structurer les champs de la recherche. La majeure partie des résultats est désormais publiée sans tenir compte de leurs frontières. Une étude sur la production des chercheurs australiens (répertoriée dans la base de données ISI) a permis à Paul Bourke et Linda Butler de démontrer que 65 % des travaux du département de physique et des sciences de la terre sont publiés hors des revues spécialisées dans ces domaines, 77 % de celles en science de l'information le sont hors du champ strict dit des « sciences de l'information », et même 56 % des mathématiciens publient leurs travaux dans des revues non mathématiques (22). Des résultats similaires ont été obtenus lors d'une enquête menée par le Centre for Research Policy sur l'ensemble des publications universitaires australiennes de l'année 1991 : pour ne citer que trois exemples, les publications de psychologues couvraient 49 domaines disciplinaires, celles des cliniciens 43, et celles des biologistes 38 (23) (24).
- Les relations directes se révèlent d'importance cruciale dans les domaines les plus pointus de la recherche. Dans le cas de la technologie des membranes intelligentes, on voit, par exemple, émerger et s'éparpiller les réseaux, un peu comme le font les « systèmes auto-organisés » décrits dans la « théorie du chaos ». Réseaux et rapidité de la communication sont liés. Le temps de réaction à de nouvelles idées et de nouvelles données dans un groupe international de chercheurs informaticiens que nous avons capté ne dépassait pas dix minutes. En physique, il existe désormais une série de bulletins électroniques (tels que le HEP-TH, *high energy physics – theory*) qui sont les moyens principaux de communication directe des résultats (hors arbitrage des pairs) (25). Rapidité et réseaux se renforcent l'un l'autre. La complexité des informations à gérer est telle qu'il y faut des équipes pluridisciplinaires, dont l'efficacité est fonction de la petite taille : cinq à douze membres (26).

L'immédiateté de la communication est de telle importance que, là où recherche de pointe et entreprise innovatrice sont liées, « le jeu ressemble plus à un match de basket-ball qu'à une course de relais » (c'est une expression de Michael Gibbons, directeur de la Science Policy Research Unit à l'université du Sussex) (27). Traditionnellement, on considère que la recherche fondamentale peut conduire à la recherche appliquée, et de là au développement et à la richesse économique, l'« idée » étant passée comme le témoin dans une course de relais. Le nouvel ordre scientifique implique, au contraire, de nombreux acteurs à la fois : chercheurs, entreprises, universités, gouvernements, etc. La recherche fondamentale est souvent induite par des recherches appliquées très spécialisées ; et la plus grande part de la recherche de pointe est collective et pluridisciplinaire. Dans le nouvel ordre scientifique, ce qui compte c'est le réseau et l'immédiateté : être là ! (28).

Capter la dynamique de base du nouvel ordre technologique dans les pays en développement

Les années 1990 ont marqué l'arrivée d'un nouvel ordre dans la compétition économique et technologique nationale. Les politiques de S&T des pays en développement doivent le prendre en compte afin de capitaliser sur la vigoureuse croissance économique que leur avaient offerte les années 1980. Alors que de nombreux gouvernements ont les yeux fixés sur le succès des « tigres » d'Asie, leur expérience est une leçon du passé. Elle ne vaut pas nécessairement pour l'avenir. Il s'agit de s'adapter au monde tel qu'il change.

Les principes clés d'une politique de S&T pour les années qui viennent sont les suivants.

Combiner deux capacités, technologique et sociale

Dans le nouvel ordre économique et technologique, l'acquisition d'un avantage compétitif passe forcément par un accroissement de la compétence scientifique et technologique. C'est déjà la base de nombreuses stratégies de développement de S&T dans les pays en développement (particulièrement en Asie). Ce qui manque souvent, c'est la combinaison de cette compétence technologique avec la culture et la capacité d'organisation. Les pays en développement feraient donc bien de veiller à leur système d'éducation et de chercher à élaborer des programmes de S&T mieux informés socialement, pluridisciplinaires et collectifs.

Parallèlement, il convient de reconnaître que dans de nombreux pays en développement, alors même que de grands efforts sont engagés pour développer les ressources humaines dans de nouveaux domaines de science et technologie, les établissements capables de faire épanouir leurs talents font souvent gravement défaut. Si les institutions ne sont pas capables de les absorber, les investissements, quelles que soient leur importance, destinés à financer des projets de *high tech* dans des secteurs industriels seront stériles. Si j'en crois mon expérience, ce qui apparaît en surface comme de la recherche en technologie de pointe peut se révéler tout autre dans la pratique. La biotechnologie en offre un exemple. Dans un certain nombre de pays asiatiques que je connais bien, la recherche en biotechnologie est en fait toute liée à programmes et des intérêts agricoles et non agro-industriels, alors même qu'elle prétend viser des objectifs industriels *high tech*. La raison en est que les institutions de recherche et les mentalités n'ont pas changé.

Pour se donner de nouvelles forces, il faut construire des capacités institutionnelles, des équipes, des compétences organisationnelles, et ne pas se contenter de former des hommes (29).

Articuler les deux niveaux, public et privé, dans les systèmes d'innovation

Pour se doter d'une force nationale d'innovation il faut articuler les besoins du secteur privé avec une régulation d'État, en assurant un flux à double sens de personnel et d'information entre les deux secteurs, public et privé, et en créant une infrastructure appropriée au développement de l'innovation industrielle. Chris Freeman observe :

« Le rythme du changement technique en toutes nations et l'efficacité des sociétés dans la compétition mondiale... dépendent de la façon dont les ressources disponibles sont gérées aux deux niveaux, de l'entreprise et du pays. » (30)

Margaret Sharp et Ilaria Galimberti, poursuivant les travaux de Freeman dans le cas particulier des entreprises européennes de biotechnologie, arrivent à la même conclusion, celle d'une interdépendance des deux systèmes :

« Le développement de la biotechnologie exige des relations de proximité entre les activités de développement-production et certaines institutions régulatrices hors entreprise. Aussi longtemps que cette proximité a existé, par exemple, en Grande Bretagne entre ICI et sa base universitaire, la diffusion a progressé de façon stable. Quand une telle relation n'existe pas ou se rompt, comme il est arrivé entre Bayer ou Ciba Geigy et le cadre régulateur en Allemagne et en Suisse, nous voyons les sociétés transférer leurs activités de R&D et de production à l'étranger. » (31)

Il est important de fixer pour priorité aux rares ressources de R&D de soutenir l'industrie (ce qui n'est pas la même chose que transférer de la technologie commercialisable à l'industrie). Il l'est aussi de surmonter les défiances entre les structures institutionnelles à l'intérieur du système national d'innovation (32). Il faut ici rappeler que les solutions qui conviendront à un pays en développement ne sont pas forcément les mêmes que pour un autre. Le développement de réseaux, la sortie des frontières institutionnelles, l'innovation sociale... sont des processus culturels. Il faut en forger l'esprit. On ne peut pas les transplanter d'un environnement culturel totalement étranger.

Mobilité et réseaux personnels

Il n'est plus possible de penser, soulignons-le encore, que des transferts de paquets technologiques puissent servir durablement la croissance économique. Ce qui compte aujourd'hui c'est le transfert à la fois de connaissances technologiques incluses dans des machines, des artefacts, etc. et celui de compétences non codifiées, incorporées dans les personnes. On a désormais la preuve que le passage de la recherche de secteur public à la commercialisation par le secteur privé est soumis à cette même dynamique : le mouvement des personnes, et la mise en place de vastes réseaux personnels. Une récente enquête de Richard Nelson, faite auprès des directeurs de R&D de plus de six cents sociétés industrielles des États-Unis, a montré que le quart seulement des contributions les plus importantes de la recherche académique au développement technologique se présentait sous la forme de connaissances codifiées (c'est-à-dire de brevets, machines, articles, etc.). Ces transferts de connaissances codifiées provenaient en général de disciplines plutôt appliquées comme les sciences informatiques, les sciences des matériaux ou de la métallurgie ; ils débouchaient dans un très petit nombre d'industries. En revanche, les trois quarts de compétences et de connaissances non codifiées utiles étaient issus d'un éventail plus large de disciplines et leur impact était beaucoup plus fort (33). Les sciences les plus sophistiquées sont soumises à une dynamique similaire : se tenir à distance et se contenter des publications c'est s'y condamner à l'obsolescence. Aujourd'hui, la partie se joue autour de la rapidité et des réseaux person-

nels. Ce qui compte c'est la mobilité des personnes. C'est grâce à elle que se produiront les fuites génératrices d'avantages par delà les frontières ; en employant les mécanismes adéquats, n'importe quel pays peu désormais profiter librement des progrès de la recherche des autres.

Les stratégies technologiques des pays en développement doivent donc mettre l'accent sur le mouvement des personnes et le développement des réseaux, transnationalement dans les projets scientifiques et technologiques, et nationalement dans les relations entre recherche de secteur public et commercialisation privée. Nos travaux en Australie montrent en outre qu'on court à l'échec si on veut diriger plutôt que soutenir les relations personnelles (34).

Il s'ensuit que les pays en développement peuvent considérer le « *brain drain* » de leurs meilleurs personnels de S&T sous un nouvel angle. En travaillant dans des laboratoires et des entreprises aux avant-postes de la nouvelle S&T, ces personnes, une fois de retour dans leur pays d'origine, peuvent jouer un rôle considérable en matière de transferts de connaissance. Plutôt que de chercher à les récupérer et à les garder en permanence, les politiques de S&T des pays en développement devraient au contraire essayer de tirer profit de leur va-et-vient entre contexte national et international, et former sur place du personnel de remplacement.

Un rôle nouveau pour les systèmes nationaux de recherche

Il faut donner une nouvelle perspective aux systèmes de recherche nationaux. Un des buts est d'accroître l'activité de recherche du secteur privé. Étant donné le niveau très bas de la S&T dans l'industrie des pays en développement, et l'attrait fragile des incitations proposées, cet objectif peut paraître irréaliste. Dans un pays en développement, la recherche de secteur public continuera probablement toujours à jouer un rôle dominant dans le développement économique. Toutefois, elle jouera mieux ce rôle si elle ne recherche pas à transférer des produits commerciaux tout prêts du secteur public au secteur privé. Elle réussira mieux si elle stimule la tendance à « apprendre en faisant » et les capacités innovatrices, sociales et technologiques, au sein du secteur privé. La recherche la plus convaincante est celle dont le secteur privé est partie prenante dès le départ, et non pas celle qui lui est offerte en fin de course, comme un paquet clos (35). Dans la plupart des pays en développement, cela exige de se débarrasser des vieux modèles de relations défiantes entre secteurs public et privé (avec les valeurs qu'y attachent les uns et les autres) (36). Ces vieux modèles croient d'ailleurs copier des pratiques observées en Europe ou aux États-Unis, en oubliant que la caractéristique principale des pays développés est que le marché y dispose vraisemblablement des ressources technologiques lui permettant d'absorber les produits de la recherche du secteur public (37). Là encore, les nouveaux modèles exigent la mobilité des individus et la mise en réseau des secteurs public et privé, afin de créer un tissu de relations influençant les choix de recherche, les perspectives industrielles, les programmes d'études, la négociation de contrats et de primes d'expertise, etc.

Appui aux petites et moyennes entreprises (PME)

Le marché mondial offre désormais de nouvelles opportunités au petit joueur : petites entreprises de petits pays. La clé pour capitaliser sur cet avantage est de promouvoir les PME innovatrices qui peuvent pénétrer profondément et efficacement au cœur des marchés éloignés, tout en s'emparant de connaissances technologiques par relations directes. Cela suppose de développer les liens entre les PME et des ressources nationales génératrices de connaissances. Ces liens sont malheureusement souvent très lâches dans les pays en développement. Les deux côtés, secteur privé et secteur public, en sont responsables. Le niveau de formation professionnelle est très bas dans de nombreuses PME ; leurs stratégies technologiques consistent la plupart du temps à ouvrir des « boîtes » technologiques fermées, plutôt qu'à choisir, déconstruire, adapter, améliorer et « apprendre en faisant ». Ce manque de dynamisme dans l'apprentissage d'un côté et la médiocrité de la formation technique dans le secteur public de l'autre, devraient inspirer les priorités des politiques de S&T des pays en développement et y trouver leur correctif.

Les domaines clés de la coopération régionale

Il faut admettre que les nouveaux pays industriels asiatiques, phares pour de nombreux autres pays en développement, connaissent aussi des insuffisances qui s'opposent à leur développement durable. Deux des plus importantes concernent la protection de l'environnement, menacé par le développement industriel, et les normes de qualité.

Certains ont mis les problèmes d'environnement à l'ordre du jour de leurs plans nationaux d'action : non par altruisme à l'égard des voisins (alors qu'ils sont témoins de la pollution créée par les pays les plus développés, qui cherchent maintenant à la restreindre chez de moins pollués qu'eux), mais par pragmatisme. Les succès économiques ont réhabilité le souhait d'un bon genre de vie : les questions d'environnement font désormais partie du calendrier politique. En outre, les normes et labels actuellement élaborés (et souvent mis en application dans les pays de l'OCDE, en particulier, les 14 000 nouvelles normes d'environnement ISO) rendent possible le boycott commercial des industries polluantes. La protection de l'environnement constitue donc un domaine où la collaboration S&T entre pays développés et régions en développement pourrait prendre un essor marqué (38).

Le succès même du développement pose le problème des normes de qualité. Il met à rude épreuve certains secteurs qui ne sont pas à la flèche de la croissance économique. L'introduction de moyens de production sophistiqués dans une industrie établie provoque fréquemment l'élimination des fournisseurs existants, l'écart entre la qualité fournie et les normes techniques devenant trop important (39). Il faut donc étudier la question des normes et contrôles de qualité dans l'ensemble du tissu économique du pays, bien au-delà des secteurs industriels de S&T avancée. C'est d'une importance décisive pour maintenir la cohésion de l'économie et garantir la retombée de richesses, derrière le front des entreprises qui gagnent en niveau techno-scientifique dans le cadre de l'économie mondiale. C'est encore un domaine prometteur de coopérations scientifiques et techniques entre pays développés et régions en développement.

Conclusion

Revenons au contexte mondial, qui inspire ces principes de politique S&T pour pays en développement. C'est un contexte évolutif. Les pays en développement doivent se doter de capacités de « surveillance de l'horizon » extrêmement aiguës pour être sûrs que la détermination et la largeur de vues dont témoignent leurs plans quinquennaux - ou de plus longue durée - ne se perdent pas en chemin par la faute d'objectifs inflexibles élaborés dans la perspective d'un modèle mondial de S&T obsolète. Il est douteux que qui que ce soit ait été à même, il y a dix ans, de prévoir les directions de la dynamique techno-scientifique actuelle dans le monde. C'est pourquoi la « surveillance de l'horizon » doit être un exercice ininterrompu. C'est une tâche d'importance considérable que les pays en développement feraient bien d'aborder ensemble. Les pays avancés de l'OCDE risquent de contempler ces mêmes horizons à travers des filtres économiques et de planification différents. Au cours d'une conférence mondiale sur les indicateurs de S&T qui s'est récemment tenue en Australie (40), les perspectives des pays membres de l'OCDE et des représentants des pays asiatiques non membres de l'OCDE se sont révélées fondamentalement différentes : pour les premiers, elles portaient principalement sur l'innovation, la création d'un changement technologique ; pour les pays asiatiques en développement, il s'agissait surtout de s'approprier les flux de technologies existantes.

Dans le nouveau contexte mondial, il est essentiel de réaliser que l'unité de compte de l'avantage compétitif mondial a changé : c'est ce que formule Robert Reich dans la citation placée en exergue de ce chapitre. La priorité va désormais à la production de hautes valeurs ajoutées dans le cadre d'entités économiques mondiales intégrées en réseaux. La propriété technologique est donc en soi secondaire, c'est l'acquisition de connaissances de S&T extrêmement mobiles qui compte. Les principes qui doivent régir les politiques de S&T sont donc entièrement nouveaux. Ils sont axés sur le développement de flux de personnes, et sur l'intégration du progrès S&T national à des stratégies sociales et organisationnelles cohérentes avec lui. Le mot clé est LIEN, au niveau de l'institution, au niveau national, au niveau international.

Contre les pays en développement sont liguées des forces puissantes, au Japon, aux États-Unis, en Europe : elles ont elles-mêmes créé des liens de S&T transnationaux et hautement compétitifs. Pour trouver prise, face à cette puissance multinationale, les pays en développement, à l'intérieur de leurs propres frontières ou régionalement, seraient bien inspirés de repérer des niches avantageuses, et de forger des liens solides entre eux, capables de les mettre régionalement dans ces domaines en bonne position au sein de l'économie mondiale de la connaissance. Ils pourraient en ce sens s'inspirer du programme européen ESPRIT (European Strategic Program for Research in Information Technology), modelé sur l'initiative japonaise VSLI (Very Large Scale Integration), vise à développer une recherche coopérative et précompétitive, générique (c'est-à-dire applicable transsectoriellement), menée conjointement par des entreprises privées et des instituts de recherche publics. Actuellement 3,7 milliards d'ECU ont été engagés. De son côté, le programme européen EUREKA est probablement plus adapté aux relations intergouvernementales plus lâches, prévalant dans les pays du Sud. Lancé en 1985 par le président Mitterrand comme une contre-offensive

européenne à l'initiative américaine Star Wars et destiné à stopper la fuite à l'étranger des scientifiques et techniciens les plus qualifiés en ce domaine, Eurêka est devenu un programme-cadre servant à encourager la collaboration inter-entreprises. A la différence d'ESPRIT, le programme n'a pas de financement central ; à la place, les projets sont évalués et « labélisés », après vérification de la validité des collaborations proposées ; grâce à quoi, ils sont qualifiés pour obtenir des gouvernements nationaux des financements d'appui à leur R&D. Eurêka, avec des financements d'un montant global de 8,84 milliards d'ECU jusqu'à septembre 1992, est devenu le cadre d'accueil de plusieurs projets européens majeurs combinant financements privés et publics : citons, entre autres projets de ce genre, la « voiture intelligente », la télévision haute définition, la nouvelle génération de semi-conducteurs (41).

Pour conclure, il convient de noter que la capitalisation des flux de connaissances à travers le monde fait maintenant l'objet d'une intense compétition. L'entrée dans cette bataille suppose d'audacieuses coopérations privées internationales, et le soutien de politiques locales développant l'infrastructure nationale de S&T, appuyant la formation d'agglomérats industriels et d'alliances stratégiques. La compétition sur la scène mondiale est renforcée par de bonnes collaborations à l'étranger, mais la bataille est dure aux avant-postes. Comme l'observe Michael Porter, la capacité compétitive mondiale suit d'aptitudes compétitives aiguisées chez soi (42). Les pays en développement doivent intégrer leurs stratégies de S&T à des politiques économiques stimulant la concurrence intérieure. C'est la condition pour que s'améliorent leurs capacités organisationnelles, distinctes des capacités technologiques (43).

Traduit par Françoise Arvanitis et Roland Waast



NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1) Robert Reich, *The Work of Nations*, Knopf, New York, 1991, p. 301.
- 2) Margaret Sharp, « The Policy Agenda : Challenges for the New Europe », in *The European Review* (à paraître), 1994 (p. 26 de l'avant-projet).
- 3) OCDE, *Technology and the Economy: The Key Relationships*, OCDE, Paris, 1992.
- 4) Commission de la Communauté européenne, *The European Electronics and Information Technology Industry: State of Play, Issues at Stake and Proposals for Action*, Bruxelles, SEC, 1991.
- 5) Stephen Hill, Antony Marsh, John Merson and Falatehan Siregar, « Science and Technology : Partnerships in Development », Chapitre 6 in Department of Foreign Affairs and Trade (East Asia Analytical Unit), *Australia and Indonesia into the 21st Century: Future Economic Relations*, Canberra, Australian Government Publishing Service, 1994, pp. 231-61.
- 6) Michael Porter, *The Competitive Advantage of Nations*, New York, Free Press, 1990, pp. 53-4.
- 7) Margaret Sharp, *op. cit.*, p. 24.
- 8) Denis Simon, cité in *Japan Seeks Control of Asian Tech Markets*, Scitech, May, 1993, p. 13.
- 9) Australian Manufacturing Council, *Emerging Exporters – Australia's High Value-Added Manufacturing Exporter*, Australian Manufacturing Council, Melbourne, June, 1993.
- 10) Rapport du Dr Robert Richie, directeur, University Affairs, Hewlett Packard, Third International Conference on Academic Industry Relations, « Academic-Industry Relations and Industrial Policy : Regional, National and International Issues », New York, May 1-2, 1993
- 11) David Mowery, « The Commercialization of RISC : Strategies for the Creation of Dominant Designs », article présenté à la Troisième conférence internationale des recherches sur les politiques scientifiques et techniques. New Perspectives on Global Science and Technology Policy, Oiso, Japan, March, 1992.
- 12) Stephen Hill *et al.*, *op. cit.*
- 13) John Mathews, « TCG : Sustainable Economic Organisation through Networking », *Studies in Organisational Analysis and Innovation*, Number 7, University of New South Wales, Kensington, IRRC, 1992.
- 14) Stephen Hill *et al.*, *op. cit.*
- 15) Australian Manufacturing Council, *op. cit.*
- 16) W. Sengenberger, G. Loveman & M. Piore, *The Re-emergence of Small Enterprises: Industrial Restructuring in Industrial Countries*, International Institute of Labour Studies, Geneva, 1990.
- 17) Robert Wade, *Governing the Market: Economic Theory and the Role of Government in East Asian Industrialisation*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1990, pp. 107-8.
- 18) Anne Booth, " Introduction ", pp. 34-5, & Hal Hill, " Manufacturing Industry ", pp. 244-9, in Anne Booth (ed.), *The Oil Boom and After: Indonesian Economic Policy and Performance in the Soeharto Era*, Oxford University Press, Singapore, 1992.
- 19) Stephen Hill, *The Tragedy of Technology - Human Liberation versus Domination in the Late Twentieth Century*, Pluto Press, London, 1988, pp. 37-8.
- 20) Margaret Sharp & Keith Pavitt, « Technology Policy in the 1990s : Old Trends and New Realities », *Journal of Common Market Studies*, Vol. 31, n° 2, June, 1993, p. 130.
- 21) Stephen Hill, « Visions of the 1990s, New Perspectives on Global Science and Technology Policy », in S. Okamura, F. Sakauchi & I. Nonaka (eds.), *Science and Technology Policy Research, New Perspectives on Global Science and Technology Policy*, MITA Press, Tokyo, 1993, pp. 413-33.
- 22) Paul Bourke & Linda Butler, « Mapping Scientific Research in Universities: Departments and Fields », Performance Indicators Project, Occasional Paper N° 1, Australian National University, Research School of Social Sciences, October, 1993.

- 23) National Board of Employment, Education and Training, Quantitative Indicators of Academic Research, Commissioned Report N° 27, A Report of the Board prepared by the Centre for Research Policy, Australian Government Publishing Service, Canberra, April, 1994.
- 24) On trouvera une très riche source de dossiers sur les centres de recherche en Australie dans : Research Concentration in Australian Higher Education Institutions, Centre for Research Policy, University of Wollongong, December, 1993 ; Centre for Research Policy Research Report N° 7, Concentration and Collaboration : Research Centres in the Australian Research System: A Report on the Status, Activities and Concentration of Research Centres in Australian Universities, Centre for Research Policy, University of Wollongong, September, 1992. Voir la synthèse dans : Stephen Hill & Tim Turpin, « The Formation of Research Centres in the Australian University System », *Science and Technology Policy*, Vol. 6, N° 5, 1993, pp. 7-13.
- 25) Gary Taubes, « Publication by Electronic Mail Takes Physics by Storm », *Science*, Vol. 259, February, 1993, pp. 1247-8.
- 26) Ben Martin, « Recent Trends in the Output and Impact of British Science », *Science and Public Policy*, Vol. 17, N° 1, 1990, pp. 14-26 ; Ron Johnston, John Currie, Lyn Grigg, Ben Martin *et al.*, The Effects of Resource Concentration on Research Performance, National Board of Employment, Education and Training Commissioned Report N° 25, November, 1993.
- 27) Michael Gibbons, « The Role of Science Studies and the Social Sciences in Academic-Industry Relations », article présenté à la Conférence on Academic-Industry Relations and Industrial Policy: Regional, National, and International Issues, New York, State University of New York, 1-2 May, 1993.
- 28) Stephen Hill, « Being There : The Importance of Innovation in Changing World Markets », Keynote Address presented to IIR Conferences, Research and Development, Sydney, 1-2 September, 1993 (available from the Centre for Research Policy).
- 29) Stephen Hill, « Creativity and Capture: Organizing for the Commercial Application of Science and Technology », *Journal of the National Science Council of Sri Lanka*, Vol. 20, N° 2, 1992, pp. 173-9.
- 30) Chris Freeman, *Technology Policy and Economic Performance*, Pinter Press, London, 1987, p. 3.
- 31) Margaret Sharp and Ilaria Galimberti, « Coherence and Diversity : Europe's Chemical Giants and the Assimilation of Biotechnology », STEEP Discussion Paper N° 5, Science Policy Research Unit, Sussex, July, 1993, p. 65.
- 32) National Board of Employment, Education and Training, Crossing Innovation Boundaries : The Formation and Maintenance of Research Links between Industry and Universities in Australia, Commissioned Report N° 26, A Report of the Board prepared by the Centre for Research Policy and Sultech, Australian Government Publishing Service, Canberra, November, 1993.
- 33) Richard Nelson, *Understanding Technical Change as an Evolutionary Process*, Amsterdam, North-Holland, 1987.
- 34) National Board of Employment, Education and Training, Crossing Innovation Boundaries, *op. cit.*
- 35) Rigas Arvanitis, *De la recherche au développement. Les politiques et pratiques professionnelles de la recherche appliquée au Venezuela*. Thèse de doctorat, Université Paris 7, 1990.
- 36) Carlos Ominami, « Choix des politiques technologiques : une nouvelle optique », volume 6 de cette collection.
- 37) Stephen Hill, « Basic Design Principles for National Research in Developing Countries », *Technology in Society*, Vol. 9, N° 1, 1987, pp. 63-73.
- 38) Stephen Hill, Antony Marsh, John Merson and Falatehan Siregar, *op. cit.*
- 39) Stephen Hill, « Eighteen Cases of Technology Transfer to Asia/Pacific Countries », *Science and Public Policy*, Vol. 13, N° 3, 1986, pp. 162-169.
- 40) « Measuring Research and Innovation for Policy Purposes », International Symposium hosted by Australia, OECD Group of National Experts on Science and Technology (NESTI) and experts from STEPAN, the Unesco-based Science and Technology Policy Asian Network, Canberra, Australia, 20-22 April, 1994.

41) Margaret Sharp, *op. cit.*, p. 13.

42) Michael Porter, *op. cit.*

43) Voir à ce sujet Margaret Sharp & Keith Pavitt, *op. cit.*, pp. 139-43.



TABLE RONDE

Difficile dialogue
entre chercheurs et acteurs de développement

TABLE RONDE

Difficile dialogue entre chercheurs et acteurs de développement

Présidents de la séance

Pierre Calame

président de la Fondation pour le progrès de l'homme

Michel Levallois

président du Conseil d'administration de l'Orstom

Participants

Rigas Arvanitis

chercheur à l'Orstom

Jean-Paul Duchemin

chargé de mission au ministère de la Coopération

Pierre Gazin

chercheur à l'Orstom

M. Greslou

Comité catholique contre la faim et le développement

Bernard Hours

chercheur à l'Orstom

Bernard Husson

responsable du Comité français pour la solidarité internationale

Gus Massiah

Act Consultants

Anne Querrien

ministère de l'Équipement – Plan urbain

Alain Ruellan

directeur du Programme de l'environnement au CNRS

Intervenants

Pascal Affaton

président de l'Association africaine de géologie à Niamey

Moctar Ba

Centre national de recherches océanographiques et de pêche à Nouadhibou en Mauritanie

Georges Bell

professeur à l'Université de Namur en Belgique

Yam Dialo

directeur du Centre national de la recherche scientifique et technologique du Mali

Christian Valantin

député du Sénégal

M. Valat

ministère français de la Coopération

Michel Levallois — En mon nom et en celui de Pierre Calame, je vous remercie d'être venus nous retrouver pour débattre du thème « dialogue difficile entre les chercheurs et les acteurs du développement ». Par acteurs, nous n'entendons pas seulement les organisations non gouvernementales (ONG), mais aussi les administrations et tous ceux qui, sans appartenir à la Recherche, en ont besoin à un moment ou à un autre, et quelquefois lui reprochent de ne pas être au rendez-vous. Je remercie tout particulièrement Pierre Calame, président de la Fondation pour le progrès de l'Homme, qui a accepté avec générosité de présider, d'animer et de modérer cette table ronde.

Avant de lui laisser la parole, je voudrais préciser deux choses. La première est que nous ne partons pas de rien : le dialogue entre chercheurs et acteurs du développement est un vieux débat. Cette table ronde fait d'ailleurs suite à une rencontre, organisée par Alain Ruellan et le CNRS à Montpellier, qui avait donné lieu à une synthèse intéressante, axée sur l'environnement, l'enseignement, la communication, la culture et l'expertise. La seconde est que le moment est venu pour nos organismes de recherche de ne plus se contenter de parler de ce problème, mais de le prendre à bras le corps, de mettre des moyens, et probablement des crédits, en chantier. Je souhaite donc qu'à l'issue de ce débat, nous puissions aboutir à des actions concrètes et précises qui nous permettront de sortir de ce dialogue difficile dans lequel nous sommes impliqués depuis longtemps et qui, sans empêcher la collaboration, ne nous a cependant pas permis d'avancer.

Pierre Calame — « Difficile dialogue entre chercheurs et acteurs de développement ». Comme souvent la conclusion est dans le titre ; je commencerai en le paraphrasant, d'autant plus volontiers qu'il n'est pas de moi et que je le considère comme une donnée quasi sociologique de ce colloque.

« *Difficile* », cela signifie premièrement que l'on a conscience que cela ne marche pas. Deuxièmement, cela fait partie des faits acquis — je suis d'ailleurs convaincu que c'est la 157^e réunion sur le sujet ! Et troisièmement, puisque c'est difficile, qu'on le sait et que cela ne marche pas bien, cela signifie qu'il ne suffit pas d'en parler, mais il faut bâtir une stratégie. Enfin, il faut poser le problème en des termes déculpabilisés, presque techniques, et sortir de l'idée que la méchanceté des gens est responsable de ces dysfonctionnements.

« *Dialogue* », cela présuppose que chacun ait conscience de la nécessité d'une réciprocité dans la mesure où les expériences des uns et des autres sont partagées. Cette réciprocité ne marche pratiquement jamais. Il faut se demander pourquoi.

« *Chercheurs et acteurs de développement* », cette distinction est très intéressante car elle implique que les chercheurs ne se considèrent pas comme des acteurs de développement. On a retrouvé cette même distinction à Montpellier où le thème était « chercheurs et société ». Si c'est effectivement le cas, alors pourquoi financer les recherches pour le développement ?

Il faut considérer cette table ronde comme un moment de départ et non comme un point d'arrivée. Elle doit servir à réunir des matériaux et l'on s'y efforcera de souligner ce que nos expériences ont révélé de ces difficultés afin de progresser véritablement sur la question. De ceci et de la possibilité de le faire, je veux pour preuve deux petits

faits que je vous livre. Tout d'abord, certains d'entre vous savent qu'avec de nombreux partenaires, nous avons commencé à constituer une base internationale rassemblant différents champs d'expérience. Pour préparer cette rencontre, j'ai réuni cent soixante-dix fiches qui la plupart racontaient pourquoi cela n'avait pas marché. Nous avons donc connaissance historique et pratique de ces difficultés. Par ailleurs, j'ai envoyé une série de fax à des partenaires de la Fondation pour leur demander de me citer trois difficultés et de me faire trois propositions pour y remédier. En une demie-journée, j'ai reçu quatorze réponses ! Cela me paraît encourageant et le moment semble opportun pour élaborer une stratégie. Il serait donc intéressant que cette table ronde permette d'accumuler des propositions et de lancer un processus de mise en œuvre, dans des délais courts, dès la fin de cette rencontre.

Les discussions de la table ronde se sont axées d'une part sur les causes des difficultés du dialogue, à savoir un blocage institutionnel, la différence d'idéologie entre chercheurs et acteurs du développement, l'opposition entre le court terme et le long terme, et l'inadaption de la recherche à la demande sociale ; d'autre part des propositions ont été faites pour remédier à ces difficultés : instaurer un partenariat chercheurs/acteurs du développement, diffuser des résultats de la recherche, développer de nouveaux rapports entre les acteurs, l'administration et la recherche.

Nous publions ici les principales interventions relatives à ces différents thèmes.

DES DIFFICULTÉS DU DIALOGUE

Pierre Calame — Pourquoi y a-t-il difficulté ? Pour répondre à cette question, il faut sortir de l'univers confiné dans lequel dialoguent les chercheurs et ceux qui se disent « acteurs de développement ». Je vous propose deux comparaisons pour analyser cette difficulté, la première avec l'État, la seconde avec l'entreprise.

Ce n'est pas un hasard si les difficultés du dialogue entre l'État et la société et celles entre la recherche et le développement se ressemblent : la science et l'État constituent les deux piliers de la raison, ainsi que l'avait défini le siècle des Lumières. Le dialogue État/société est d'autant plus difficile que les acteurs de la société, les classes moyennes en général, qui sont en face de l'État, diffèrent de celui-ci. Il y a eu de nombreuses rencontres internationales sur le pourquoi de cette situation à propos des quartiers précaires du Tiers monde ou des banlieues en difficulté en France. Les raisons en sont claires et la première est qu'il s'agit d'un dialogue *inter-culturel*. De ce fait, on est incapable de reconnaître *l'autre* comme partenaire, de comprendre la manière dont il pense ou dont il structure ses propres objets. Il y a disjonction complète des rythmes – le court et le long terme – et de la manière dont les uns et les autres se projettent dans l'avenir. De même, la nature des outils financiers que les individus peuvent mobiliser n'a rien à voir avec ceux de l'État.

Je ferai volontiers une comparaison avec l'entreprise. Quand on a travaillé il y a quelques années sur ces questions de rapport « recherche/entreprise », ce qui m'a extrêmement frappé, c'est la naïveté avec laquelle ce problème était posé. Comme s'il suffisait de deux ou trois vulgarisateurs pour former les paysans ! Quand vousregar-

dez la vie économique moderne, vous vous apercevez qu'avant tout, l'entreprise est un gigantesque système de médiations, complexe et imparfait, depuis les services de Recherche et Développement jusqu'aux clients.

Comment allons-nous alors construire les médiations ? Il ne suffit de mettre les gens dans un même « bocal » pour que cela marche. La construction des médiations est l'une des questions centrales des politiques de développement.

Pour identifier les principales difficultés de ce dialogue, je me référerai à la synthèse de la rencontre de Montpellier qui en a proposé une typologie.

La première difficulté relève d'un *blocage institutionnel*. Les organismes de recherche ne sont pas faits pour servir les acteurs du développement. La logique de carrière des chercheurs, celle de leur reconnaissance professionnelles ou celle du financement de leurs institutions, par exemple, n'ont strictement rien à voir avec l'utilité sociale, si on mesure celle-ci à l'aune des besoins des acteurs de développement.

La deuxième concerne l'*idéologie*. Le système mental des chercheurs entrave leur dialogue avec l'autre, notamment quand celui-ci est culturellement différent. A ceci s'ajoute une idéologie de la distance. Ceci étant, il ne n'agit pas de faire un portrait à charge des chercheurs : on pourrait faire le même reproche aux acteurs du développement. Soyons clairs ! Les fax que j'ai reçus témoignent aussi bien de difficultés émanant des acteurs que des chercheurs.

La troisième réside dans la *formation*. En général, les chercheurs ne sont pas suffisamment préparés à un dialogue avec une culture différente pour élaborer des projets communs. De plus, la déontologie de la recherche est centrée sur la rigueur scientifique et non sur l'utilité sociale.

Le blocage institutionnel

Anne Querrien — (...) L'une des difficultés rencontrées est effectivement d'ordre organisationnel ou institutionnel. Nous sommes dans une phase que Jean-Marie Guehenno a très bien définie dans son livre, *La fin de la démocratie*, comme étant l'ère relationnelle ou post-institutionnelle. Nous sommes dans une situation d'atomisation du milieu, au Sud comme au Nord, qui rend très difficile la définition d'approches collectives. (...)

M. Valat — Je suis responsable au sein du ministère de la Coopération de l'appui au secteur productif agricole industriel.

(...) Ces problèmes institutionnels sont extrêmement importants, mais il me semble qu'ils sont relativement faciles à résoudre. On les rencontre aussi bien au Nord qu'au Sud, chez nos partenaires dont, sous forme de marchés, nous finançons une partie des interventions qu'ils sont amenés à conduire. La situation des ressources publiques de nos partenaires est telle que leurs institutions de recherche sont systématiquement battues en arbitrage budgétaire. Elles sont donc obligées d'avoir recours à des ressources extérieures, mobilisées par les bailleurs de fonds.

Ce système a des effets pervers majeurs, d'abord vis à vis de la communauté expatriée qui est appelée à se servir sur ces budgets ; celle-ci, dépendant d'institutions étrangères aux pays d'accueil, n'est ni jugée ni payée par les nationaux avec qui elle travaille.

Elle a donc tendance à privilégier les thèmes de recherche qui intéressent ses institutions et non ceux qui concernent ses partenaires.

D'autre part, du fait que les chercheurs nationaux sont condamnés à survivre de ressources extérieures, ils engagent des programmes qui ne sont pas de nature à pérenniser leurs efforts. (...)

Moctar Ba — (...) En ce qui concerne la recherche au Sud qui est principalement une recherche finalisée, le résultat est faible et la demande est grande. Pourquoi en est-il ainsi ? Parce que les moyens manquent, humains et matériels. Pourquoi manquent-ils ? Ce n'est pas parce que nous sommes pauvres, mais principalement parce qu'il n'y a pas de volonté politique. Dans nos pays, les politiques cohérentes de développement avec une stratégie se font rares. Dans les instituts scientifiques, la recherche est finalisée et est donc appelée à répondre à des questions. Or, s'il n'y a pas une stratégie clairement définie qui définit la place de la recherche et les moyens nécessaires, cela ne peut pas marcher. (...)

La différence d'idéologie chercheurs/acteurs

Pierre Gazin — Je suis chercheur parasitologiste à l'Orstom. Dans le domaine de la santé, les relations entre recherche et développement soulèvent des questions fort nombreuses, et notamment, quels sont acteurs du développement ? *A priori*, on pense aux professionnels de la santé. Or, en général, tout au moins en Afrique intertropicale, ceux-ci ne sont pas des acteurs du développement. Pourquoi ? D'abord, parce que leur formation les incite fort peu à une approche novatrice, mais au contraire à la répétition de ce qu'ils ont appris, quel que soit leur niveau. Leurs pratiques quotidiennes se passent généralement dans des lieux clos dont ils ne sortent pas.

Quels peuvent-être les autres acteurs du développement ? Les élites intellectuelles nationales. Malheureusement, celles-ci sont souvent beaucoup plus tournées vers elles-mêmes que vers le reste du pays. Les membres des congrégations religieuses ? S'ils obtiennent des résultats, ils sont souvent très routiniers dans leurs activités. A mon avis, l'un des principaux agents en matière de santé, c'est l'instituteur. Il faut s'appuyer sur l'éducation dispensée par l'école primaire. Aujourd'hui, à l'intérieur de l'Afrique, l'essentiel est de favoriser le terreau qui permet que les choses soient comprises et intégrées.

Quel est le rôle de chercheurs tels que ceux de l'Orstom ? Même un établissement public scientifique et technique tourné vers le développement, comme cet institut, a tendance à valoriser plus une recherche fondamentale, comme celle du CNRS, qu'une recherche sur le terrain. Et hors de l'Orstom, il est absolument désavantageux d'apparaître comme un acteur du développement ou d'être orienté vers le social. (...)

Georges Bell — De nationalité belge et physicien, j'enseigne à la Faculté des Sciences de Namur ; je coordonne également un réseau international de recherche universitaire sur le développement, appelé Prélude. Celui-ci essaie d'associer dans le partenariat des scientifiques et des acteurs non chercheurs, en même temps que des chercheurs entre eux. C'est sur cette expérience que je fonderai mon intervention ici.

Quels sont les vrais acteurs du développement ? Ce sont des ministères, l'État et des banques, notamment la Banque mondiale. Les chercheurs ne sont que très rarement associés à leurs actions. Au Sud, l'État est une question spécifique. Pour chaque congrès que l'on organise en Afrique ou en Amérique latine, il faut que le ministre de l'Éducation soit dans le coup, ou le ministère de la Recherche, sans quoi l'autorisation n'est pas accordée. Il y a donc un grave problème d'autonomie de la recherche.

La première difficulté est le corporatisme des chercheurs. La science est une institution et elle construit ses savoirs. Mais elle a oublié cela parce que ces savoirs sont devenus universels. Le chercheur qui fait de la recherche fondamentale sait comment il doit chercher mais ne sait pas où il doit arriver. S'il n'en fait pas, il sait, comme le Prix Nobel, Pierre Le Guff, où il doit arriver, mais il ne sait pas toujours comment faire pour appliquer ses résultats. Quand il est technicien ou ingénieur, il sait où il doit arriver et comment y arriver. C'est surtout ce dernier qui intervient sur le terrain.

Cela signifie que les attentes réciproques sont différentes entre les chercheurs et ceux que l'on appelle les développeurs. Ce que veulent les développeurs, ce sont des experts, c'est-à-dire ceux qui savent ce qu'il faut faire et où il faut aller. Or, le chercheur, lui, veut être reconnu pour lui-même, et faire sa carrière soutenu par son institution. Plus le terrain sur lequel il travaille est local, moins il peut répondre à la nécessité d'être promu ou bénéficier largement de l'appui de son « milieu ». En pharmacologie par exemple, travailler sur les pharmacopées traditionnelles ne répond pas aux objectifs de l'industrie pharmaceutique qui préfère que l'on travaille sur le paludisme d'une autre manière. (...)

M. Greslou — Je fais partie du CCFD (Comité catholique contre la faim et pour le développement). Vu du monde extérieur, l'identité du chercheur est bien définie. Il est dans son cénacle, il est facile à trouver. C'est loin d'être le cas pour l'acteur du développement parce que cela va du groupe humain appelé dans nos projets – terme que je n'aime pas beaucoup – « bénéficiaire ou groupe cible » en passant par les expatriés, les techniciens nationaux qui travaillent sur le terrain, les pouvoirs publics locaux, les membres des ONG ou autres institutions qui s'occupent des pays du Sud, etc. La notion d'acteur du développement est un peu floue. (...)

Bernard Hours — Trois éléments font obstacle au dialogue : le corporatisme des chercheurs en France, les dérives idéologiques auxquelles sont exposées les ONG, l'absence de médiation entre la réflexion et les interventions. Les ONG travaillent sur un terrain qui est extrêmement mouvant et elles travailleront sur un terrain qui le sera de plus en plus, parce qu'elles sont aussi, qu'elles le veuillent ou non, l'un des instruments de la présence occidentale, bonne ou mauvaise selon les goûts et les conjonctures, dans le reste de la planète. Les ONG sont parfaitement conscientes de cela. L'époque des idéologies naïves est terminée. Mais sont-elles toujours bien équipées pour maîtriser la difficulté de cette situation ? Ce n'est pas sûr. (...)

Anne Querrien — Il y a une difficulté d'ordre conceptuel. On l'a déjà dit, la recherche est à la fois acteur et analyste du développement. Il n'est pas évident de la singulariser et cela l'est d'autant moins que le rôle de ce que l'on appelle parfois le progrès tech-

nique est de plus en plus vague dans le processus de développement. Dans l'analyse classique, on arrive très bien à identifier les facteurs travail et capital, mais dès qu'il s'agit du progrès technique, on s'aperçoit qu'elle ne constitue que la moitié de l'explication. Aujourd'hui, il est clair que le transfert de technologies et de connaissances ne peut plus être abordé de façon aussi mécaniste qu'il a pu l'être dans les années 1950. En fait, ce sont des processus qu'il faut analyser et non des techniques. La crise identitaire du chercheur n'est pas très différente de celle de l'ingénieur de ce point de vue. Il faut avoir une approche globale des problèmes que l'on veut analyser. Cela veut dire donc que le développement est un *continuum* qui appelle l'intervention d'un certain nombre d'acteurs. (...)

Bernard Husson — Je suis un être hybride, tout à la fois chercheur, homme de terrain, institutionnel... La casquette que je porte est celle de responsable du Comité Français pour la Solidarité Internationale (ex. CFCF). Je dirige en même temps une revue qui s'appelle *Histoire de Développement*.

Pour être clair, je serai très caricatural : les chercheurs sont le miroir de la société, les acteurs de développement incarnent les mutations au sein de la société. Les deux points de vue sont fondamentalement différents. C'est le point de départ.

La première des difficultés à surmonter est le statut des personnes. On pourrait parler à ce propos de la différence entre ces deux « milieux » dans la stabilité de l'emploi, les rythmes de travail, les modes d'appréciation et de promotion. Conclusion de ce premier point très rapide : il faudra « vivre avec » parce que cette question ne pourra être résolue facilement.

On se heurte à une deuxième difficulté, celle de pouvoir poser des questions pertinentes et communes aux uns et aux autres, puisque les bases de travail et les modes de réflexion sont profondément différents. Schématiquement, la recherche procède d'une approche déductive, tandis que les acteurs de développement ont une approche inductive. La qualité de la recherche se mesure à partir de la pertinence de l'objet d'étude, alors que pour les acteurs de développement l'efficacité de l'action est mesurée à ses impacts. Les deux termes de « pertinence » et d'« efficacité » ne sont pas identiques. Les liaisons sont donc très difficiles à établir. (...)

M. Greslou — (...) L'une des difficultés est la place du chercheur sur le terrain. Quand un chercheur arrive, il met en place sa recherche avec des outils, des démarches et des approches compliquées ; il est le seul qui puisse faire cela. Il se met donc au centre et il appelle le « groupe cible » à participer à sa recherche, à son projet parce qu'il a besoin de lui pour remplir ses questionnaires d'enquête, pour avoir des informations. (...)

L'opposition entre le long terme et le court terme

Pierre Gazin — (...) L'un des problèmes très importants qui généralement n'est pas assez soulevé est la question des revenus. La plupart du temps, les professionnels de la santé sont très mal payés ; chacun à l'intérieur de cette profession essaie donc de gagner sa vie par des actes thérapeutiques immédiats plutôt que de travailler sur le long terme en misant sur l'éducation et la prévention. (...)

M. Valat — (...) Au ministère de la Coopération, l'un de nos dossiers les plus brûlants est le défi alimentaire. Les trente-six pays où intervient le ministère sont constitués en grande majorité de PMA où la croissance démographique est plus rapide que celle de la production agricole. Nous sommes donc en permanence confrontés à des problèmes de court terme auxquels l'essentiel de nos ressources est affecté. Ceci complique le dialogue avec nos partenaires scientifiques qui ne sont pas forcément à même de s'adapter à cette problématique. Je restreindrai l'étude de cas à la recherche agronomique. Le modèle idéologique dominant est véhiculé par la Banque mondiale qui a longtemps cru, et qui croit encore malheureusement, au schéma suivant : les innovations proviennent de recherches menées par des centres internationaux spécialisés, elles font l'objet d'adaptation, au niveau des États, par des institutions nationales de recherche agronomique ; une fois ces innovations validées localement, elles sont transmises aux producteurs à travers des systèmes nationaux de vulgarisation. Force est de constater que ce système coûte cher et le rapport qualité/prix n'est pas très bon. (...)

M. Greslou — (...) La première des difficultés réside dans le rythme. L'acteur du développement est pressé : il faut qu'il réponde à des demandes, il a donc besoin rapidement de connaissances opérationnelles et utiles. Le chercheur ne l'est pas ; ce qui compte pour lui c'est la rigueur scientifique avec laquelle il va pouvoir publier un article et faire carrière. (...)

Inadaption de la recherche à la demande sociale

Alain Ruellan — La première difficulté que je voudrais souligner est qu'il ne faut pas se faire d'illusions. On parle toujours de la demande sociale, on dit toujours qu'il faut que la recherche y soit attentive... Mais au fond qu'est-ce que la demande sociale ? Comment la faire émerger ? Comment faire émerger une demande paysane ou une demande industrielle ? (...)

M. Greslou — (...) A quoi servent les résultats ? C'est finalement l'une des difficultés. Vus de l'extérieur, les résultats servent aux chercheurs eux-mêmes et au passage peut-être à la Science, avec un « S » majuscule. Les gens du terrain qui attendent des résultats de la part des chercheurs se sentent aigris ou jaloux, parce que ces résultats auxquels ils ont souvent participé en répondant à des questionnaires et à des enquêtes, ne leur parviennent pas et leur échappent.

Pierre Gazin — La première des questions qui n'est pas assez posée en général est : « Y a-t-il des résultats issus de la recherche actuellement utilisables en santé publique ? ». La réponse qui me vient immédiatement est qu'il y en a très peu. Il y a bien entendu des réussites. Très brièvement, on pourrait citer le programme de lutte contre l'onchocercose qui a remarquablement marché ou la technique de lutte contre les gloses, vecteur de la tripanosomiase, qui a eu du succès lorsqu'elle a été appliquée par les communautés rurales. Mais il y a beaucoup de contre-exemples, tout au moins en ce qui concerne deux grandes pathologies : le paludisme et le sida sur lesquels nous n'avons pas un discours très différent de celui des hygiénistes du début du siècle. L'espoir que l'on a pu fonder depuis une quinzaine d'années dans les soins de santé

primaire témoigne – soyons honnêtes ! – d’une extrême simplification des difficultés du diagnostic et des traitements. (...)

Moctar Ba — (...) Les chercheurs expatriés s’intéressent avant tout à une recherche fondamentale, tandis que nos pays demandent principalement une recherche finalisée. Si les premiers n’arrivent pas à orienter leurs actions dans ce sens, il y a nécessairement malentendu et incompréhension. Il serait bon que les organismes travaillant en coopération avec le Sud, intègrent l’objectif du développement dans la carrière des chercheurs. (...)

PROPOSITIONS POUR UN DIALOGUE

Instaurer un partenariat chercheurs/développeurs

Bernard Hours — (...) Une proposition à la fois concrète et banale : la création d’un comité ou d’une instance disposant de ressources et aptes à financer des projets proposés par appels d’offres, avec une contrainte de collaboration entre ONG et chercheurs, me paraît tout à fait envisageable. Lorsque l’on crée des fondations il est rare qu’elles déclenchent un flux majeur. Nous en avons fait l’expérience depuis dix ans. Dans la plupart de ces appels d’offres, il y a des contraintes concernant la nature des partenaires. Il serait bon d’y inclure les ONG, non pas pour qu’elles fassent de la recherche, mais pour qu’il y ait éventuellement des collaborations concrètes sur des projets de recherche et de développement, chacun apportant ses propres compétences.(...)

Alain Ruellan — (...) Il faut – nous l’affirmons avec force – un dialogue avant, pendant et après les opérations de recherche. On commence aujourd’hui à savoir à peu près comment il faut conduire le dialogue après l’opération de recherche avec les auteurs du développement. En revanche, celui qui précède ou qui s’engage pendant celle-ci est beaucoup plus difficile à mener parce qu’il exige une grande disponibilité. Or, la disponibilité est incompatible avec la concurrence que les chercheurs et les acteurs de développement se livrent entre eux. Peu de gens ont du temps et des moyens à consacrer aujourd’hui à ce dialogue. (...)

M. Valat — Le problème principal est de tenter de rompre une certaine consanguinité des chercheurs et leur inaptitude à comprendre les problèmes de court terme et de développement du fait même de la nature des institutions dans lesquelles ils se trouvent. Alain Ruellan a parlé d’un projet qui consistait à affecter des développeurs chez les chercheurs pour générer un effet de tâche d’huile. Il faudrait faire l’inverse, c’est-à-dire qu’il faudrait que les chercheurs aillent travailler avec les développeurs. Des solutions concrètes existent. Les grands instituts de recherche français avec lesquels nous travaillons pourraient par exemple créer avec leurs partenaires des filiales ; cela leur permettrait d’assouplir les normes officielles régissant leurs institutions et qu’il est difficile de faire évoluer. Il existe des agences spécialisées dans le développement qui sont probablement prêtes à s’allier avec des instituts de recherche.

Georges Bell — (...) Pour qu’un dialogue s’instaure, cela suppose que des chercheurs accompagnent les paysans comme co-experts ou les guérisseurs comme médecins.

Le partenariat développeur/chercheur doit s'instaurer réciproquement. On doit penser globalement les problèmes à partir du local. (...) Il faut construire des savoirs avec des capacités réciproques d'intervention en partenariat pour concevoir sur le terrain les outils qui soient appropriés aux besoins locaux. (...)

M. Greslou — La recherche devrait être à l'écoute de la demande et répondre aux besoins des populations qui auraient besoin d'un coup de main pour connaître mieux leur contexte. Si elles connaissent bien leur village et leur quartier, elles ont plus de difficultés à connaître l'environnement extérieur. Plutôt que de confier uniquement à des chercheurs une recherche dont il sera difficile d'appliquer des résultats, pourquoi les chercheurs ne pourraient-ils pas accompagner ces populations elles-mêmes en les aidant à faire elles-mêmes de la recherche ? C'est compliqué, mais avec un peu de patience, tout le monde peut y réussir. (...)

Anne Querrien — (...) Le partenariat constitue bien entendu l'une des propositions. L'Orstom est un lieu où ce mot a une résonance particulière parce qu'il y est fort bien identifié. Dans notre vie quotidienne, nous avons besoin à la fois de la recherche pure et de la recherche appliquée. Instaurer un partenariat ne signifie pas que tout le monde fasse tout en même temps, mais le fasse en association. Dans les projets que nous gérons, il faut qu'il y ait, via l'évaluation ou l'analyse d'un programme, une intervention du monde de la recherche. L'antidote à la crise institutionnelle, c'est le partenariat qui permet une définition et une hiérarchisation très précises des objectifs et des priorités en collaboration avec nos partenaires du Sud au niveau national et multilatéral ; ces objectifs et priorités sont les cadres absolument indispensables d'une action collective.

Pierre Calame — Comment vous, acteur du développement, dialoguez-vous avec la recherche ?

Anne Querrien — C'est notre vie quotidienne. Mon expérience se limite au champ de la coopération avec les organisations internationales. La recherche est partenaire d'un certain nombre de ces organisations et nous conduisons, de façon interministérielle, un suivi des actions, qu'il s'agisse de recherche agronomique ou médicale, de la préparation de sommets comme celui du Caire qui vient d'avoir lieu. La vie internationale est ponctuée par un certain nombre d'échéances qui amènent les politiques à voir le pays réel qui est derrière eux ! Les chercheurs ont un rôle, de ce point de vue là, tout à fait crucial à jouer. (...)

M. Greslou — (...) Nous essayons modestement de faire au CCFD ce que nous appelons une « évaluation de projets », à savoir des études qui nous permettent de réfléchir sur des thèmes prioritaires, ou thèmes de campagne. Pour cela, nous avons fait appel non seulement à des universitaires, mais aussi à des chercheurs, appartenant à l'INRA ou à l'Institut d'études politiques. Que des chercheurs puissent participer aux évaluations de ces projets est une avancée pour le CCFD qui était une tour d'ivoire fermée sur elle-même. C'est une initiative encourageante qui, je l'espère, va continuer. Pour cela, le CCFD a créé le service « Études-Évaluations » chargé d'organiser cela et que je dirige depuis peu. (...)

Bernard Husson — (...) Avant de faire des propositions, je voudrais leur donner un cadre. Il faut constituer des espaces communs pérennes autour de conventions passées entre chercheurs et opérateurs de développement, et non plus se contenter de rencontres ponctuelles comme cela a été le cas depuis un certain nombre d'années.

La première de mes propositions serait de concevoir des programmes avec des acteurs de développement. Cela se fait déjà, à Kadeu au Sénégal par exemple. La démonstration existe donc aujourd'hui en vraie grandeur.

La deuxième proposition serait de capitaliser les expériences en les confrontant. Autrement dit, il faut que des équipes travaillent ensemble sur la capitalisation de leurs expériences, et notamment sur leurs méthodes de travail. Cela est pour l'instant rarement pratiqué. Sommes-nous capables de confronter nos méthodes de travail et pas seulement les résultats auxquels nous arrivons ? La recherche pourrait avoir dans ce cadre un rôle tout à fait essentiel.

Gustave Massiah — (...) Il est important de réinterroger le rapport entre sciences exactes et sciences sociales. Leur conjonction peut être une piste à suivre parce que nous fonctionnons encore trop souvent sur de vieilles représentations, notamment celles du rapport Nature et Société alors qu'elles sont dépassées aussi bien par la contestation des arrogances du développement productiviste que par le problème des écosystèmes, au Nord comme au Sud. (...)

Diffuser les résultats de la recherche

M. Greslou — (...) Qui doit restituer les résultats de la recherche ? Est-ce le chercheur ? Le développeur ? Sous quelle forme ? Comment le faire ? Tant que les résultats de la recherche resteront dans des bibliothèques, le dialogue demeurera difficile. (...)

Gustave Massiah — (...) Comment développer la capacité d'une société à penser sa propre transformation ? Comment, de fait, introduire la continuité entre milieux de recherche, milieux d'expertises, milieux de conception ? Cela pourrait se faire avec les outils correspondants d'accumulation, de documentation et de publications qui manquent et sans lesquels il ne peut y avoir de continuité. (...)

Bernard Hours — (...) Il est clair que beaucoup de productions sont mal diffusées auprès des acteurs locaux et donc sont méconnues. L'Orstom a produit un grand nombre d'articles et d'ouvrages, mais une bonne partie des acteurs du développement, qu'il s'agisse des responsables politiques ou des ONG, n'en ont pas connaissance pour des raisons de diffusion ou de manque d'intérêt pour ceux-ci. (...)

Bernard Husson — (...) Il faut mettre en place des espaces communs et pérennes de *formation*, concept qui est tout à fait différent de celui de vulgarisation. Ce ne sont pas les seuls chercheurs qui vont donner la bonne parole. Il faut une formation commune à travers par exemple une publication commune qui ferait le tour d'un certain nombre de questions avec des articles signés de chercheurs, d'institutionnels, de bailleurs de fonds ou d'opérateurs de développement. Pour prendre un exemple, *Histoire de Développement* a sorti un numéro intitulé « Droit de cité » et dans lequel la parole était donnée à différents types d'acteurs de développement et à des chercheurs. Ce numéro

s'est très bien vendu parce que chacun a trouvé intérêt à la lecture du point de vue des uns et des autres. Il me semble que il y a là une voie pour une réflexion de fond à moyen terme. (...)

Christian Valantin — Je suis à ma façon un acteur du développement puisque je suis député d'une circonscription mi-urbaine mi-rurale au Sénégal. En tant qu'homme politique, je suis soucieux de la liaison recherche/développement. Depuis la dévaluation, on met davantage l'accent sur le « produire » et le « consommer » local. Le temps des éléphants est révolu. Il faut maintenant aller dans la direction des petites entreprises et je voudrais sur ce plan là insister sur la nécessité indispensable dans laquelle nous nous trouvons, en milieu rural de voir valorisé le travail de la recherche auprès des producteurs. Il faut que la recherche nous donne toutes les études qu'elle peut faire sur la diversification de l'arachide ou sur celle du coton, ou encore sur l'utilisation des déchets, par exemple. Dans ce domaine, la recherche demeure trop confidentielle et de ce fait n'est pas assez opérationnelle. Le temps est venu enfin de diffuser ces résultats pour valoriser le travail des producteurs et en particulier des paysans. (...)

Instaurer de nouveaux rapports entre les acteurs, l'administration et la recherche

Bernard Hours — (...) Il ne faut pas oublier de mentionner parmi les acteurs du développement ceux dont le pouvoir me paraît aujourd'hui déterminant et que j'appellerais, sans vouloir être péjoratif, les technocrates dans les organisations multilatérales et internationales. Leur pouvoir est énorme et ils doivent participer aux médiations. Si l'on continue à ne prendre en compte que les spécialistes, des acteurs essentiels demeureront absents, à savoirs les responsables des grands programmes internationaux, qui ont un pouvoir croissant et qui sont, pour une bonne part d'entre eux, prêts à entrer en méditation. (...)

M. Valat — (...) Il faut sortir de la logique de la relation État/recherche en particulier au Sud. Il y a une forte demande, même dans les PMA, de filiales qui pourraient établir des liens contractuels directement avec les instituts de recherche. Cette piste n'est pratiquement jamais explorée, en tous cas dans les pays où nous travaillons, parce que qu'elle ne garantit pas les ressources et implique des discussions commerciales. Il est du devoir des institutions de recherche de s'intéresser à cette demande. Les paysans africains s'organisent face aux crises économiques et à la déliquescence des États. Leurs organisations commencent à émerger et sont prêtes à passer à un niveau national des accords avec des institutions de recherche. Il est relativement facile pour nos partenaires français de la recherche d'investir dans ce genre d'opération. (...)

Pascal Affaton — (...) Je ne sais pas par quel miracle on pourra sortir de la logique qui lie les institutions de recherche du Sud avec leur gouvernement. A partir du moment où vous avez élaboré un projet, le plus beau du monde et que vous n'avez pas le consensus de l'administration, ce projet est mort-né. (...)

Gustave Massiah — (...) Dans l'optique volontariste de la construction d'un rapport entre développement et démocratie, ce qui n'est ni évident ni linéaire, comment expliciter ce que la pensée scientifique peut apporter ? C'est le rôle que peuvent jouer les

chercheurs dans tout ce qui concerne le développement (je ne prends pas les chercheurs au sens institutionnel, mais comme tous ceux qui se livrent à une activité critique de réflexion et de recherche). Il est nécessaire de valoriser et de mettre en évidence deux impératifs, la liberté de penser et la nécessité de vérifier. Cette démarche peut avoir des implications en termes d'exigence pour la liberté d'expression et d'association. Cette nécessité de vérifier est justement une des meilleures façons d'empêcher l'instrumentalisation de la recherche par le pouvoir. (...)

Moctar Ba — (...) Il serait bon que la recherche, l'administration et la profession forment un cadre de concertation, notamment dans le secteur que je connais, la pêche. Dans ce domaine, on ne peut réaliser aucun aménagement sans une concertation entre la profession, l'administration et la recherche. On a beau arrêter des règles et fixer des lois, si elles ne sont pas bien reconnues par tous, cela ne sert absolument à rien. Cela permet par ailleurs à la recherche de définir ses programmes et les rendre pertinents, ce qui est souvent rare en Afrique. (...)

Yam Dialo — (...) Je suis le directeur du Centre national de la Recherche scientifique et technologique du Mali. Je voudrais donner l'exemple d'une médiation réussie au Sud. Il y a deux mois, j'ai réuni soixante-dix paysans avec des chercheurs, des décideurs, des ONG et des développeurs. Au total, il y avait cent cinquante-cinq participants. Le tour de force consistait à mettre tout ce monde là sur un même pied d'égalité et de discuter en *Bambara*, l'une de nos langues nationales. J'étais donc coincé entre ces ONG qui sont pressées d'agir mais qui ressentent très bien le besoin de résultats scientifiques, et les chercheurs qui avaient de nombreux résultats, mais inexploitable. Il fallait donc faire asseoir côte à côte ces deux communautés ainsi que les autorités qu'il ne faut pas oublier et que les chercheurs regardent souvent de très haut. Les paysans étaient, pour leur part, préoccupés de se retrouver à la même table que des intellos venus de la capitale en costume-cravate, et d'être traités de la même façon. « Monsieur le Directeur, c'est bien la première fois, depuis que le Toubab était là (c'est-à-dire le colonisateur), qu'on nous appelle non pas pour nous apprendre qu'il faut se coucher à gauche ou à droite, mais pour nous demander ce que nous savons », m'ont-ils dit. (...)

Malgré tout, le dialogue a eu lieu et sans trop de conflits parce que nous sommes restés dans le concret. Des propositions ont été faites. Le processus de leur mise en œuvre est en cours, mais nous n'avons pas terminé car il faut « ficeler » tout cela dans un programme fédérateur. Nous avons d'ores et déjà trouvé un compromis entre le monde de la recherche et celui des utilisateurs. Ces derniers sont pressés d'avoir des résultats : nous sommes en zone rurale ; le paysan ne peut attendre deux, trois ou cinq ans pour qu'on vienne lui proposer des résultats ! Nous avons donc imposé pour chaque volet du programme une série d'applications techniques. Des pistes très intéressantes se sont ainsi dessinées. En santé, par exemple : chez moi, dans mon arrière-cour, il y a des plantes médicinales que nous utilisons parce que depuis la dévaluation, nous ne pouvons plus aller à la pharmacie. Il s'agit donc de fabriquer des médicaments avec ces plantes. Cela nous coûterait moins et nous prendrait moins de temps en matière de recherche. (...).

CONCLUSION

Gustave Massiah — Sur ces interrogations qui ont été soulevées au cours de ce débat, j'en ai retenu une conceptuelle, à savoir « en quoi le chercheur est un acteur de développement et en quoi il peut l'être ? » En ce qui concerne les difficultés, on pourrait les inventorier ainsi : la reconnaissance des diplômes et des langues, l'instrumentalisation de la recherche par les décideurs, la validation de l'institutionnel et le travail de terrain, le transfert technologique comme processus et ses difficultés, l'atomisation du milieu au Sud et au Nord, l'exterritorialité de la recherche, notamment les institutions du Nord.

Les propositions faites ont été, pour les résumer, les suivantes : développer la culture du juste milieu, ou des milieux acteurs et chercheurs, favoriser les échanges d'expériences, encourager le partenariat, définir de façon explicite les objectifs et les priorités, rompre la consanguinité des chercheurs, s'appuyer sur les stratégies des producteurs. (...)

Pierre Calame — Il faut valoriser ce qui a été dit. La méthode la plus simple, me semble-t-il, est d'identifier les gens qui sont prêts à aller plus loin et voir comment ils voudraient préciser leurs propositions. À partir de là, on pourrait constituer, dans le prolongement de ce qui avait été fait à Montpellier, un dossier qui permettrait à l'Orstom d'interpeller d'autres organismes de recherche. Il faut que l'on s'impose un délai minimum pour accepter ou refuser ces différentes propositions, demander à ce qu'elles soient approfondies, etc. Il faut construire un processus opérationnel. Dans une table ronde comme celle-là, tout le monde est toujours d'accord sur l'identification des difficultés et sur les propositions pour y remédier. Le problème est en fait le passage à l'acte et, comme l'ont dit les uns et les autres, les transformations institutionnelles et financières que celui-ci suppose.

Michel Levallois — Le succès de cette table ronde – en témoignent le fait que vous ayez été aussi nombreux à répondre à notre appel et la qualité des débats – prouve que le dialogue chercheurs et acteurs du développement constitue un véritable problème. Il y a d'abord un problème de concepts, que nous ne pouvons évacuer. Je dis cela à l'attention de nos autorités de tutelle parce que nous ne le réglerons pas tout seuls. Il faut que nous nous en occupions avec elles.

Je retiens donc la proposition de Pierre Calame d'un « passage à l'acte ». Que nous essayions de l'organiser le plus vite possible. Nous avons ici amorcé un dialogue surtout entre des chercheurs et des acteurs du développement du Nord, même si quelques-uns de nos collègues, amis et partenaires du Sud étaient présents. Je proposerai donc également que nous transportions ce débat au Sud et que ce même dialogue nous revienne dans ses propres termes, car ils sont sans doute différents des nôtres. Il ne faut pas en effet que nous, gens du Nord, continuions à poser les questions et à apporter les réponses. Il faudrait envoyer à des responsables du Sud les éléments de réflexion ici rassemblés, pour qu'il y ait ensuite un retour et pouvoir vraiment aller au bout de la question. Ce problème ne se résoudra pas avec les seules questions posées à Paris, entre organismes de recherche et acteurs du développement occidentaux.

Voilà, Mesdames, Messieurs, en vous remerciant, les conclusions que je crois pouvoir tirer de cette table ronde. Merci à vous tous.

II

TRANSFERTS ET APPROPRIATION

WHO IS DEVELOPING WHOM?

Reflections on American Science Abroad

Deborah Fitzgerald

Massachusetts Institute of Technology (MIT),
Boston (USA)

As a historian of American technology and science, I have been struck by the lack of historical attention given to the transfer of American scientific ideas and technological artifacts to other countries, particularly less-industrialized countries.

Although by the early 20th century, researchers in virtually all fields of science and engineering participated in international scientific work, historians have been reluctant to examine the details of such encounters. While comparative work in the traditional sense of understanding multiple cultures and languages equally is still fairly unusual in history of science and technology, what I am referring to is slightly less daunting, and refers to following Americans on professional trips abroad to understand, not only what lessons they leave in host cultures, but what lessons they bring back (1).

Such sojourns, lasting a few weeks or a few years, can be illuminating in several respects. First, although scientific exchanges are premised on the belief that scientific facts are universally true, it is less clear that such facts operate in a straightforward way outside the home laboratory. Steve Shapin's recent work on 18th-century astronomy suggests this sort of difficulty. Second, scientific and engineering processes that are considered unproblematic in one culture turn out to be nearly impossible, or nearly unrecognizable, in another. Here one might recall the work of engineers and physicians working on the Panama Canal, or the creation of a space satellite system in India (2).

Within the history of agriculture, even fewer scholars have followed scientific ideas and artifacts abroad, despite the fact that agriculturalists routinely capped their professional careers with consulting for USAID, the USDA, the Rockefeller Foundation, or one of the thousands of agricultural businesses operating internationally. One of the reasons for this neglect, I think, has to do with the powerful but poorly understood "development model". According to this, American agriculture went abroad in the 1950s and 1960s primarily to help industrialize food production in less-industrialized countries. Within this model, the stories told have certain similar characteristics: most are told according to an economic, rational-actor paradigm; the "work done" includes not just food production, but anti-Communist pacification as well; the tenor of the

reports is upbeat, entrepreneurial, and cooperative; the science and technology taken abroad is generally unproblematic in terms of its "fit" with the local culture; and the process of development is distinctly one-way (3).

I would argue that this development paradigm has led historians to have an unrealistically narrow view of the ways in which American agriculture interacts with the less-industrialized world, ignoring other styles of interaction that are more complicated and ambiguous than the development model can accommodate. Certainly we cannot use a model developed for the 1950s to explain activities from the 1920s, yet most accounts tacitly do this. For example, by 1920 quite a number of agricultural implement manufacturers had established salesmen in parts of Africa, China, India and Russia. These salesmen spent years in these countries not just selling tractors, but establishing relationships with social and political leaders, with banking organizations, and with farmers. They learned the norms and practices of the culture, the language, the needs and desires of the leadership. They trained other men, both those from that country and those that came there from America and Europe. They socialized with other foreign businessmen living in the area (4).

Now it would seem to me that this sort of activity was extremely important in the gradual industrialization of agriculture in less-industrialized countries, despite the fact that it does not seem rooted in the quasi-philanthropic language of the development model. But historians would be remiss if they described this activity as strictly commercial, because such a description fails to capture the social and economic gridwork that later, more self-consciously developmental, experts attached themselves to when trying to industrialize a place. In other words, while many tractor salesmen (or irrigation engineers, public health officials, etc.) traveled abroad simply for commercial reasons, with no interest in the larger goals that later development specialists articulated, they were agents of industrialization all the same.

Another activity that the development model does not quite accommodate was the advisory work of American experts who were invited to less-industrialized countries to help along the process of industrialization. Such activities are generally described in terms of plain technical assistance, that is, minus the financial incentive (although such Americans were generally paid well for their trouble, they were not engaged in commerce *per se*) and minus the ideological cast. What the development model does not pick up is the extent to which such sojourns fit into the research interests of the American experts, and served as opportunities to expand existing research capabilities. That is, American experts who were constrained by the acreage, budget, or seasonal limitations of their home institution could expand their research activities by going abroad, insofar as there was a match between their research projects and the foreign host's needs. In this event, the actual nature of the transfer activity is reversed from the typical development model; here, one might argue, the less-industrial country is providing at least as much aid to the researcher as the researcher is providing to it.

In this paper I would like to provide an example of this reverse aid phenomena (and, to a lesser extent, of the commercial industrialization phenomena) centering on the experiences of American agriculturalists in Soviet agricultural collectivization between 1927 and 1932. While a full description of this fascinating and complex story is beyond

the scope of this paper, a few pieces of the story may help elucidate some of the ideas I am suggesting (5).

During the first Five-Year Plan, the Soviet government hired over 1000 American technical experts to come to the Soviet Union to help industrialize the manufacturing, transportation, power, and agricultural sectors. With the collectivization of agriculture, wheat "farms" of 100,000 acres were the norm, and thousands of the most modern Western farm implements became the primary form of power. The Americans who were brought to the Soviet Union, then, were those who could oversee the transition from human and animal labor to mechanization, and those who could organize the work of planting and harvesting so much wheat. Among these agriculturalists was M. L. Wilson, an agricultural economist from Montana State University, who spent six months advising the Soviets on their plan to grow 400,000 acres of wheat at State Farm #2; E. J. Stirniman, an agricultural engineer from the University of California, and L. J. Fletcher, an agricultural engineer with Caterpillar Tractor Company, who both spent about two years instructing the Soviets in assembling and operating farm machinery (6).

For Wilson, the Soviet invitation was a real opportunity because the Soviet idea to grow wheat on an industrial scale and in an industrial fashion resonated with American ideas about the direction American agriculture should take. By 1929, many agricultural leaders in America, and in particular agricultural engineers and economists, had come to feel that agricultural production should resemble industrial production. If Henry Ford could mass produce cars cheaply, so the logic went, then farmers should mass produce food cheaply. This idea of modeling agriculture on industry, which was referred to as corporate or large scale or industrial farming, was expressed in a number of ways. The most direct was the growing number of huge farms; at a time when the average farm was still 160 acres, Tom Campbell's "industrial" farm was 95,000 acres, while hundreds more were in the 1000 acre range. Another example was an increasingly strident concern with farmers who, it was felt, should either become trained as managers or hire themselves out as simple laborers. Echoing the industrial obsession with specialization and management, this approach also suggested that farmers were no longer competent to operate these new, industrial farms. Finally, many were anxious to see machines replace farmers in performing the mundane tasks that farmers faced day in day out. One of the great ironies of this historical moment was that, while implement manufacturers were making gigantic farm machinery for Argentina, Canada, and the Soviet Union, they made very few machines scaled to suit American farms, which still relied on horses and hired men (7).

As one of the leading advocates of large-scale farming in America, Wilson found several similarities between American and Russian agriculture that merited further study. First, Wilson's strength and the Russians' main interest was wheat, which had certain growing qualities that made it more easily industrializable than, say, corn. Second, and not coincidentally, the physical conditions of wheat farming in Montana were very similar to those in the Northern Caucasus of Russia; a semi-arid or arid climate and a vast area of flat land nearly devoid of such obstacles as creeks, trees, roads, and buildings. In the American version of industrial farming, this last feature was essential to the successful use of farm machinery such as tractors and combines. Not only did such

machinery need the space to turn around and move continuously, but only such a large tract could financially support an investment in this expensive equipment.

In 1927, with financial assistance from the Rockefeller Foundation, Wilson acquired five farms in Montana that he turned into laboratories for studying farm management. Here he could test out his own theories and also traditional beliefs that, often, were found to be erroneous. For instance, on the basis of his Fairway Farm study, Wilson argued that while the Homestead Act designated 160 acres as the ideal size for a family farm, such a farm could not support a family in areas of light rainfall (such as Montana) where crop yields were consistently lower than in wetter parts of the country. Fairway Farms also enabled Wilson to develop empirical data correlating, for instance, farm size and machinery needs, or farm size and rainfall. Writing to his old mentor Henry C. Taylor just before he went to Russia, Wilson described the northern Caucasus as "primarily our Lone Warrior farm at Brockton expect [sic] on a 100,000 acre scale". The Brockton farm was used mostly to test different brands and types of agricultural machinery, and was in other ways the most "industrialized" of the Fairway Farms. And describing his hopes for the trip to a USDA colleague Wilson wrote "The thing of greatest interest to me is that it involves laying out a 15,000 acre tractor experimental station which would be given over entirely to experimental work in connection with tractor farming". Clearly, for Wilson this sojourn in Russia was not unconnected with his own interests and research, and indeed resonated deeply with his own visions of agricultural change.⁸ Wilson believed that the problems in Russian agriculture were similar enough to Montana problems as to constitute, in effect, an extension of research already underway. This was so because for Wilson, as for other agricultural economists, agricultural problems that could be defined as discrete, abstract problems without regard to regional, climatic, or temporal specificity would be solvable by scientific and technical principles just as laboratory problems were solved. This attitude was apparent in the work plan that Wilson wrote in collaboration with Hal Ware, an experienced Russian hand, and submitted to the Soviet government before the trip itself. After considering the peculiar features of the Russian agricultural situation, Wilson and Ware argued that the Soviets should adopt virtually the same wheat growing system that Wilson recommended to Montana farmers. They made very few concessions to the fact that many facets of the system would be more difficult to accomplish in the Soviet Union (e.g., "timeliness of operations"). Rather, they presented their plan as though it were a strictly technical and nearly formulaic problem that could be solved without considering social, psychological, political, or cultural issues at all. It was clearly this seemingly objective problem-solving activity that Wilson found so appealing in the Soviet situation (9).

The heart of Wilson and Ware's report was a description of Wilson's pet project for wheat growers: the summer fallow system. This system was basically a rotational system on which land was divided up into winter wheat fields, spring wheat fields, and summer fallow fields. Wilson recommended this approach as a replacement for the continual cropping of wheat, which tended to reduce soil moisture, and he thought it was particularly effective in areas of light rainfall, such as Montana. The key features of the system were to increase the wheat acreage, to reduce the amount of planting

and plowing done each year on the farm through rotation, and to use machinery for all these operations.

According to Wilson, planting wheat according to the summer fallow method was not practical on small farms, because it required farmers to keep a large chunk of land out of production while it was "in fallow". For example, a 300-acre farm might have 100 acres in spring wheat, 100 in winter wheat, and 100 in summer fallow; the farmer would be producing on only 200 acres at a time. While the system did generate larger yields overall, a farm of that size probably could not support a Montana family in 1929. The summer fallow idea, then, was not an isolated "input" a farmer could simply adopt or not adopt. It had repercussions for other aspects of the farmers' operation.

The most important implications for the summer fallow method were in the ways farm size and farm machinery were used. Since wheat prices were traditionally lower than prices for other grains, a farmer needed to grow a lot more wheat than he would grow corn. Since in the United States wheat was grown in the arid West rather than the humid Midwest or South, midwestern farms of 160 acres were an inappropriate model for western farmers. Farmers could improve their wheat yield per acre by rotating wheat with fallow, but the farms needed to be much bigger; 700 or 800 acres would be the minimum in Montana. But of course since no farmer could adequately farm that much land by himself, particularly since wheat planting, harvesting and threshing were highly sensitive to timing, a farmer needed to invest in the new harvesting machinery. Finally, in order to pay for this expensive new machinery, farmers needed to produce as much wheat as possible, starting the logical cycle all over again (10).

For Wilson, this whole system of wheat production was an exercise in careful, systematic management. That is, the central problems of the endeavor were as much in organizing and ordering things as they were in understanding agricultural science. Along with others in the new field of farm management, Wilson was interested in redefining agricultural problems so that a problem in wheat yields was not simply a problem of poor seed and too much rain but also of proper use of machinery, labor, credit, and time. For example, since the wheat crop was split between spring and winter crops, machinery and labor use were spread out over the year rather than concentrated in one short burst of activity. Similarly, spreading the crop out over the year reduced the risk from a single weather or insect disaster. As Wilson pointed out, if the farmer was going to spend a lot of money on machinery, it was absolutely necessary to have a dependable, predictable crop as much as possible (11).

The tricky thing about "factory wheat farming", as Wilson called it, was that since each element was highly dependent on all the other elements, a problem with one could foul up the entire system. For example, "The advantages of factory wheat farming lie entirely in its ability to use large power units. If small power units are used, the number of operating laborers is accordingly increased and the advantages of low cost factory wheat farming over small scale farming begin to disappear". It was this interdependence among factors that first made fussy management so critical in the process, and second made the Russian context so risky (12).

One example from Wilson and Ware's report should suffice to illustrate the high degree of planning they thought essential to their system. A big component of the

report was the detailed "standard seasonal program" for the four land units of 2,500 acres each, which listed what would be done to each field, when, and with what equipment from late March to early October. For instance, from June 1 to June 8 field #2 would be cultivated with the Duckfoot cultivator. It would take eight days and 147 tractor hours to accomplish this with two tractors. On June 9 the rotary rod weeder and Duckfoot would cultivate field #4, ending June 17 and spending 147 tractor hours. From Aug. 10 to Aug. 20, field #4 would be cultivated with the disc-plow; it would take 292 tractor hours, so with three machines it should take just under 10 days to complete. Obviously, the breakdown of even one machine could wreak havoc with such a precise system.

Owing to space constraints, the story of these Americans' day to day experience in bringing industrialization to Soviet peasants will be postponed for another time. Instead, I shall consider how these experiences shaped Wilson's views of American agricultural change, and thus circle back to my original thoughts. First, in a somewhat paradoxical twist, Wilson argued that since the Soviets were succeeding in their effort to industrialize wheat production, and since that would generate a Soviet wheat export of 200 to 300 million bushels per year, Wilson suggested that Montana wheat farmers should consider how that would affect their own wheat operations, saying "there never was a time when our Montana wheat farmers especially should be so concerned with efficiency and lowering costs than they are at the present time". And for Wilson, that meant doubling or tripling the size of wheat farms and investing in the new farm machinery. Wilson was not alone in this assessment. As early as 1925, journalist Bruce Bliven put the equation in somewhat starker terms after visiting Ware's Russian farm: "The ignorant peasant in his village is not the only person who needs to have pounded into him the principle of large-scale, efficient and intelligent operations. Here in our own United States, most of our farms are still too small to make profitable the sort of machine operation which is most economical" (13).

Secondly, Wilson's Soviet experience seemed to make him less, rather than more, sensitive to the financial burden facing American farmers who wanted to industrialize their farms. For an American farmer, one of the biggest issues in his thinking about whether to buy tractors and combines was his ability to pay for them. The very high cost of this machinery, and the farmer's uncertainty about whether his increased production would pay for and justify his new equipment, was a serious stumbling block to the mechanization of agriculture. In the Soviet Union, on the other hand, individual farmers were not even the main unit of production; equipment was purchased by the government for the use of the collective farms. So when Americans reported that the Russians purchased \$ 15 million worth of American agricultural machinery in 1929, they were reporting not that Russian farmers had been persuaded of the advantages of industrial farming, but that the Soviet government had. This difference between whether it was the farmer or the state absorbing the cost of industrializing agriculture was an issue virtually ignored by the agriculturalists who promoted large-scale farming (14).

Third, while the Soviets invited the Americans because the latter were thought to have real expertise in the subjects of large-scale agricultural production and agri-industrial management, in point of fact, American expertise in this was largely theoretical in 1929. The largest farm in America at this time was Tom Campbell's farm in Montana,

but at 100,000 acres it was a garden compared to the Soviets' 400,000 acres. And of course Campbell's farm was exceptional. Similarly, the Soviets wanted the Americans to teach them all about mechanizing farm operations, although at this time most American farms were just beginning to invest in mechanical equipment such as tractors. And the Soviets desperately wanted advice on how to organize hundreds of thousands of peasants into working and living units, trained to farm collectively and efficiently, but in this the Americans were woefully out of their league.

Indeed, as one examines the Americans' expectations and attitudes towards their Soviet venture, one is struck by how much faith they had in the power and persuasion of rational, demonstrable scientific fact. Even in the United States these plans would have been optimistic, actually, because they were based on an idealization of nature and human behavior that was unrealistic. And insofar as the plans represented what the Americans would do if they had millions of acres of flat land, lots of laborers, and a government commitment to spare no expense in meeting production goals, the plans were designed for an abstract, theoretical kind of place. Neither Russia nor America, this agricultural place obeyed the laws of physics and chemistry, recognized no political or ideological stance, admitted no legislators, lobbyists, or interested people of any kind, and in fact existed simply to enable scientists to test out their ideas.

This is not to suggest that the American agricultural experts acted in bad faith, or irresponsibly, in any way at all. Rather it is to point out that their effort was driven not by the certainty of scientific tradition, but by the uncertainty of scientific hypothesis. Aside from a handful of existing large-scale farms, and a very small pile of scientific studies, the Americans were hopeful, and at times supremely confident, that their ideas would work in the Soviet Union as well as the United States. Indeed, they seemed to think, if it is based in true scientific evidence, it should work the same way anywhere in the world.

Coming back to the original issues, then, the experiences of Wilson and Stirniman in Russia might be seen as representing something more than mere philanthropy, or mere business, or even disinterested consulting. Rather, for Wilson in particular, the lessons he took to Russia were actually theories that had been only barely tried out in America. And the lessons he brought back from Russia, which both supported and challenged his ideas for large-scale farming, were defined as relevant where positive to the cause, irrelevant where against the cause. This was very similar to the way in which the Rockefeller Foundation played its experiences in technical agricultural assistance in Mexico in the 1940s. In both cases, and no doubt in many more that have yet to be explored, the science and technology taken abroad meant more than the bare facts would suggest, and their implementation and reproduction in the host country thus required more than the hosts had anticipated. Likewise, the returning American scientists learned more than they expected about the universality of scientific ideas and practice, a lesson we, as historian and social scientists, would do well to consider.

NOTES

- 1) An interesting recent addition to this literature is Marcos Cueto, *Missionaries of Science*.
- 2) Steven Shapin, *The creation of Truth*; David McCullough, *A Path Between the Seas*; Raman Srinivasan, "No Free Launch: Designing the Indian National Satellite" (unpublished ms., 1993).
- 3) A good example of this is J. George Harrar, Elvin Stakeman, and *Campaigns Against Hunger*; see also Vernon Ruttan; Deborah Fitzgerald, "Exporting American Agriculture: The Rockefeller Foundation In Mexico, 1943-53", *Social Studies of Science*,
- 4) The pages of *Farm Implement News* for the 1920s are full of small reports of the international postings of implement agents. This discussion is based on field reports written by Caterpillar agents K. G. Morton in West Africa and George Vitt in Manchuria between 1929 and 1932 (F. Hal Higgins Papers, University of California at Davis, Shields Library Special Collection, box 26).
- 5) A much fuller treatment of this story is my "Blinded by Technology: American Agriculture in the Soviet Union, 1927-32" (unpublished ms, 1994, available on request).
- 6) The M. L. Wilson Papers at Montana State University in Bozeman, Montana, a modest journalistic literature, and a few of Stirniman's speeches form the basis of my account. See also Maurice Hindus, *Red Bread* (1931), Lazar Volin, *A Century of Russian Agriculture*, and Robert Conquest, *The Great Terror and Harvest of Sorrow* for a real variety of interpretations of this era.
- 7) Historians have written little on large-scale farming during this period. See Deborah Fitzgerald, "Yeoman No More: Large-scale Farming Between the Wars", (unpub. ms, 1993); on Campbell see E. Angly, "Thomas Campbell: Master Farmer", *The Forum*, July 1931, 86: 18-22.
- 8) Wilson to H. C. Taylor, 26 Mar. 1929 (Wilson Papers, box 37 of 46, file AK-4); Wilson to Lewis G. Michael, 9 Jan. 1929 (*ibid.*, box 10 of 46, file F-18); M. L. Wilson, "Research Studies in the Economics of Large-scale Farming in Montana", *Agricultural Engineering*, Jan. 1929, 10: 3-12.
- 9) H.M. Ware, M. L. Wilson, and Guy Riffin, "Outline Report of Plan", etc. (n.d. but February 1929; Wilson Papers, box 10 of 46, file F-22).
- 10) Wilson, *ibid.* Some difficulties, such as too much rain, were beyond even Wilson's control. But when fields were too wet for tractors to pull planters in 1931, Stirniman persuaded the Soviets to provide him with a bombing plane so that he could sow the wheat from the air, a trick that had worked in California. See Henry Wales, "Russia to Sow Wheat From a Bombing Plane", *Chicago Daily Tribune*, 22 May 1931.
- 11) Ware, Wilson, and Riffin, "Outline Report", pp. 2-3.
- 12) Wilson, Ware and Riffin, "Outline Report", p. 5.
- 13) Wilson to C. S. Noble, 6 Nov. 1929; Wilson to J. V. Bennett, 8 Nov. 1929, and Wilson to E. C. Leedy, 15 Nov. 1929 (all in Wilson Papers, box 10 of 46, file F-19); Bruce Bliven, "Mr. Ware and the Peasants", p. 234; Walter Pitkin, "The Great Dirt Conspiracy", *The Forum*, Aug. 1931, 86: 118-123, on p. 119.
- 14) See for example, Wilson to van Golovnin, 6 Nov. 1929 (F-19).



SAVOIRS, CULTURES ET STRATÉGIES DE COMMUNICATION DANS LES TRANSFERTS DE TECHNOLOGIES

Jean Ruffier

Groupe lyonnais de sociologie industrielle (Glysi)
Institut international de développement des technologies (Inidet),
Lyon (France)

Le débat sur les transferts de technologies aboutit à une impasse

Comment les pays moins développés peuvent-ils rattraper leur retard en matière de production et de mise en œuvre des nouvelles technologies ? Cette question a donné lieu à de nombreux débats sur la manière de réussir les transferts de technologie. A chaque étape de ce débat, on a proposé des solutions, mais, invariablement, leur mise en œuvre a remis en cause les conclusions du jour et poussé vers des horizons plus lointains les solutions au sous-développement. D'abord on s'est contenté de vendre des machines, lesquelles tombaient en panne, ou devenaient inutilisables, faute d'être insérées dans des ensembles techniques cohérents. Alors, on a conçu des projets industriels et vendu des usines entières. La cohérence technique était assurée, mais, dès lors, l'ensemble devenait d'une cohérence trop extérieure au milieu d'insertion de l'équipement industriel. On a donc ajouté un volet nouveau aux usines clés en mains, celui du recrutement et de la formation. Le projet en devenait plus coûteux, mais aussi plus susceptible de déclencher des querelles sans fin entre les contractants, dans les cas d'échecs avérés. Fallait-il attribuer de tels échecs aux choix techniques initiaux, au recrutement, à la formation de la main d'œuvre (1), ou à des raisons inhérentes au pays d'accueil, qui échappent naturellement à l'emprise du vendeur. Les procès en responsabilités sont alors sans fin, ils débouchent assez rapidement sur des dénonciations de la duperie du vendeur, et de la mauvaise volonté, ou mauvaise foi de l'acheteur. La démarche suivante consiste donc à chercher à s'assurer la réussite du transfert. Et le contrat est rédigé en termes de « produit en mains », c'est à dire que le vendeur s'engage à la production d'une quantité fixée auparavant. S'il n'y parvient pas, le vendeur pourra tenter d'invoquer le non-respect de clauses du contrat par l'autre partie, clauses qu'il aura pris la précaution d'inscrire. Mais de nouveau nous retombons dans le conflit et l'accusation réciproque de duperie. La réussite ne garantit nullement l'absence de conflit. Rapidement l'équipement construit vieillit et les performances diminuent. Il est

bien sûr possible de pallier cela par un contrat d'entretien. Mais, plus le contrat apparaît rigoureusement défini, plus il implique une logique de retard. En effet, c'est le produit, et l'outil productif qui sont alors figés sur le papier, alors que dans le reste du monde ils ne vont cesser d'évoluer. Aussi certains préconisent maintenant des contrats d'évolution, le vendeur s'engageant ainsi à mettre constamment le système à jour de l'évolution technique. Les relations entre pays plus ou moins développés prendraient alors un tour nouveau, les uns vendant des idées qu'ils n'ont pas encore eues, les autres payant avec un argent qu'ils n'auront peut-être jamais.

En fait après avoir été l'objet de beaucoup d'espoirs, la réflexion sur les transferts de technologie s'est un peu tarie, le terme qui animait les rencontres internationales de politiciens et d'économistes semble ne devoir plus intéresser que les sociologues. La réflexion théorique a abouti à une forme d'impasse, on est passé de l'idée optimiste selon laquelle les pays défavorisés se développeront en bénéficiant des technologies importées des pays au développement industriel plus ancien (2), à l'idée qu'il existait une nouvelle forme d'impérialisme qui interdisait de réels échanges de technologie (3). Cette idée a eu pendant longtemps ses adeptes. En effet, quoi de plus simple comme explication au non-développement, qu'un ennemi puissant. Si les puissances industrielles s'entendaient entre elles pour interdire le décollage industriel du reste du monde, parviendraient-elles à leur fin ? Rien n'est moins sûr, puisqu'au cours de ces vingt dernières années, les puissances industrielles occidentales ont vu se lever de nouvelles nations industrielles, malgré leurs tentatives explicites pour lutter contre leur concurrence. Par contre, elles ont assez souvent échoué dans leurs tentatives pour faire sortir du sous-développement total d'autres nations. Si c'est l'impérialisme qui explique les réussites et les échecs des transferts de technologie, alors la stratégie de cet impérialisme est loin d'être évidente. Cet acteur formidable évoque plutôt l'idiot d'Hamlet que la main invisible de Smith.

Le recul sur tous les fronts de la doctrine marxiste a laissé le champ libre à des théories plus culturelles selon lesquelles les pays moins développés pâtissent avant tout d'un niveau de culture qui ne serait guère favorable à la réussite technologique (4).

Cette idée a beaucoup d'adeptes aujourd'hui. Elle permet en effet de mettre en place un remède universellement considéré comme souhaitable. Développer la formation de la population du globe apparaît hautement défendable d'un point de vue éthique. Si on peut prouver qu'elle est également nécessaire d'un point de vue économique, on aura concilié la morale et l'utilité. Nous ne voulons pas trancher dans un débat si important, simplement indiquer que parfois nous voyons ce que nous souhaitons voir, et que notre morale risque de nous aveugler. Il est probable que de hauts niveaux éducationnels favoriseront la généralisation des techniques productives les plus performantes, mais doit-on dire qu'il y a ici nécessité ? Des exemples existent qui montrent que non (5). On peut très bien faire fonctionner des usines modernes avec des ouvriers très peu formés.

L'adoption des technologies de pointe ne passe pas automatiquement par des niveaux élevés de formation

Dans une recherche comparative franco-mexicaine, nous avons pu nous attacher à des exemples qui prouvent que des niveaux élevés d'éducation ne sont pas une condition nécessaire pour parvenir à la maîtrise de technologies productives de pointe et complexes (6). Cette recherche, menée de 1982 à 1984, comparait deux à deux des unités productives très automatisées, situées respectivement en France et au Mexique, ayant des niveaux équivalents de productivité, mais reposant sur des niveaux de formation très différents. Il s'agissait d'une part de deux usines de fabrication de yogourts appartenant au même groupe industriel, dont l'une se trouvait en Alsace et l'autre au centre du Mexique. D'autre part nous avons retenu deux lignes de métro, l'une desservant Lyon, l'autre traversant Mexico. Nous cherchions pourquoi des niveaux de formation contrastés au sein de chaque paire technique aboutissaient à des niveaux de fonctionnement jugés équivalents.

L'échantillon contenait en fait des situations paradoxales. Nous avons choisi ces sites précisément parce que tous avaient des résultats jugés plus performants que la moyenne par des spécialistes de diverses nationalités, bien que la moitié disposât d'une main-d'œuvre à très bas niveau de formation. La surprise était de trouver un cas mexicain, celui du métro, où le niveau moyen de formation était beaucoup plus élevé que dans l'homologue lyonnais. En fait, la société lyonnaise avait reclassé dans le métro une partie du personnel du réseau d'autobus, personnel dont le niveau dépassait rarement le certificat d'études primaires même dans la maîtrise. Alors que le métro mexicain, du fait de son rôle stratégique dans la gestion de la plus grande ville du monde, avait mis des seuils très élevés au recrutement de ses salariés. En quelque sorte, on pouvait considérer qu'en moyenne, les salariés lyonnais avaient une scolarité dont la durée équivalait à la moitié de celle des salariés de Mexico. Dans le yogourt, la situation s'inversait, les Français disposant non seulement d'une formation en moyenne deux fois plus longue que celle de leurs homologues mexicains, mais une partie des techniciens et de la maîtrise avaient effectué celle-ci dans des écoles laitières spécialisées qui n'existent pas au Mexique. La performance de l'usine de yogourt mexicaine en devient d'autant plus surprenante.

L'analyse fait apparaître que les étonnants « bons » résultats de l'usine de yogourt mexicaine et du métro lyonnais reposent sur une capacité plus grande des salariés à échanger des informations pertinentes et à encadrer la formation de leurs collègues. Elle montre également que la principale barrière de sociabilité entre la base et le sommet passe plus haut dans les lieux à faible qualification mais haute performance. Dans toute entreprise, on observe un clivage principal qui sépare la base du sommet en deux groupes de référence, deux « nous », différents. Ce clivage s'observe ici à un niveau plus bas dans les lieux où les niveaux de qualification sont plus élevés. Ainsi, le paneliste du métro de Mexico se sentait déjà cadre alors que son homologue lyonnais considérait que les cadres étaient plus hauts dans la hiérarchie que lui-même. Dans le yogourt, le directeur de l'usine mexicaine disait se battre pour obtenir des chefs de secteurs des attitudes supposées conformes avec leur statut de membre de l'encadrement.

A Strasbourg, le problème résidait plutôt dans une mauvaise communication de ces chefs de secteur avec leur base.

Ici, se trouve une des premières clés explicatives de notre enquête. Dans certaines conditions, une rareté de savoirs techniques peut pousser à la mise en sommeil de conduites de rétention qui apparaissent autrement couramment. L'enquête fait apparaître, tant dans le métro lyonnais que dans l'usine laitière mexicaine, des réseaux de transmission efficace des informations et des connaissances qui n'existent pas, ou fonctionnent plus mal, chez leurs homologues formellement plus dotés en qualifications. Ainsi nous avons été frappé des tensions qui existaient dans le métro mexicain et dans l'usine laitière alsacienne. Dans le métro mexicain, tant la maîtrise que les conducteurs s'efforçaient d'éviter que des collègues puissent faire tomber sur eux la responsabilité d'un incident. Le résultat en était que la communication entre les conducteurs dans leur cabine et les panelistes de la salle de contrôle était très incomplète. Les conducteurs lyonnais montraient une confiance beaucoup plus grande en leur panelistes. De ce fait les panelistes compensaient leur formation théorique peu élevée par une meilleure connaissance du terrain.

Dans le cas du yogourt, l'usine alsacienne était l'objet d'un affrontement entre deux logiques techniques portées par les groupes différents de la hiérarchie, et ce dans un contexte de diminution des effectifs et rajeunissement des cadres. Des éclats étaient fréquents, et certains accusaient d'autres d'actes proches du sabotage. Un tel contexte n'était pas favorable à la résolution de certains problèmes techniques. Dans le cas de l'usine laitière mexicaine, on avait pu observer la constitution de réseaux de solidarité qui avaient un peu la forme que prennent les modes de parrainage dans la mafia. Ces réseaux dépassaient largement le cadre de l'entreprise mais, au sein de celle-ci, jouaient un rôle essentiel à plusieurs niveaux. D'une part les membres d'un tel réseau veillaient à la formation de leurs « coates » ou amis. Ils mettaient la défense du groupe avant celle de leurs intérêts individuels et ainsi n'hésitaient pas entre eux à se transmettre tout ce qu'ils savaient. Comme ces réseaux incluaient en leur sein des individus aux positions très diverses dans l'entreprise, on peut dire que la réussite de l'automation dans l'entreprise leur doit beaucoup. Ils ont permis la mise en forme d'un savoir collectif, certes limité à certains individus, mais propre à donner une image opérationnelle de l'ensemble du système productif et de ses interconnexions.

Existe-t-il des technologies adaptées à la culture des pays moins industrialisés ?

Si on se doit donc de rejeter le niveau scolaire comme condition nécessaire du transfert des technologies performantes vers les pays peu ou moyennement industrialisés, on peut utiliser des conditions culturelles moins quantitatives et plus qualitatives. Ainsi, certains auteurs ont pu pousser l'idée d'une technologie adaptée aux situations socio-culturelles locales. Selon eux, le problème serait que les pays moins développés ne parviendraient pas à appréhender des technologies conçues pour des cultures et des niveaux éducationnels complètement différents de ceux qui ont cours dans les pays moins développés. Ils se mettent à rechercher des technologies conçues en référence à la population où elles sont supposées devoir s'appliquer.

Mais ce mouvement est retombé dans la mesure où les techniques adaptées se sont vite avérées moins performantes. En effet, l'inégalité est ici trop grande entre les moyens mis en œuvre par les pays industrialisés pour développer les technologies de pointe, et les sommes consacrées à la mise au point de ces techniques dites « adaptées », lesquelles, faute d'études suffisantes, se présentent surtout comme des technologies au rabais. De ce fait, l'espoir d'une technologie permettant le développement, plutôt que renforçant les inégalités de l'ordre international s'estompe, même s'il est encore soutenu par des institutions internationales (7).

Le résultat est que les théoriciens du développement ont abandonné la réflexion sur les transferts de technologie pour se focaliser sur les problèmes de gestion, lesquels donnent lieu à des politiques d'amélioration plus discernables. C'est notamment ce qu'observe Judet dans un article où il fait le bilan de ces dernières années (8). Faute de pouvoir rien dire d'opérationnel sur l'implantation de technologies performantes dans les pays du Tiers monde, les économistes retournent sur le terrain de la gestion et de la politique commerciale et financière, où il y a certainement beaucoup à dire et à faire dans le sens d'une meilleure rentabilité des investissements économiques, quelque soient leur degré de technicité.

Ce déplacement ne doit pas nous cacher que nous sommes devant une impasse de la réflexion sociologique. Tout se passe comme si nous ne savions poser le problème que de manière à expliquer invariablement les échecs, et que les réussites soient reléguées au rang de miracles isolés et irreproductibles. Certes la sociologie pratique le recours à la statistique et aux probabilités, mais cela ne saurait justifier une théorie qui n'expliquerait que les cas les plus fréquents, et resterait muette devant les exceptions. Il faut donc admettre que le problème des transferts de technologies a été posé de telle sorte qu'il nous mène à une impasse.

Cette impasse se doit à la notion selon laquelle la technologie est une marchandise

Les impasses théoriques proviennent moins souvent du manque de sens logique des propositions sur lesquelles s'appuient les débats, que du travail de sape produit par une idée qui paraît évidente aux yeux de ceux qui la manipulent, mais qui ne l'est pas. Or, c'est le cas des raisonnements qui reposent sur l'idée que le transfert de technologie se réalise à travers des contrats selon lesquels l'un des partenaires apporte la technologie qui fait défaut à l'acheteur. Elle fait de la technologie une marchandise que le vendeur vendrait intégralement à l'acheteur. C'est cette conception même qui est la source des conflits, les clients voient que les vendeurs ne parviennent pas à leur fournir des systèmes équivalents à ceux qu'ils leur ont montré pour emporter le marché. Ils croient avoir acheté des systèmes socio-techniques quand on ne leur livre que des matériels, des programmes et des cours de formation. En fait, acheteurs et vendeurs s'abusent eux-mêmes en pensant que puisqu'il y a un contrat, ce contrat porte sur une marchandise, et que cette marchandise correspond à ce que veut l'acheteur, c'est-à-dire un système socio-technique qui fonctionne.

Avec la montée en puissance de l'idéologie de l'entreprise dans le monde intellectuel, on tend à inverser les valeurs dans les modes explicatifs, au lieu de chercher à retrouver les rapports sociaux sous les rapports économiques, on en vient à prôner une

économie des relations sociales. Cette tendance, comme toute démarche heuristique, doit certainement nous apporter son lot d'intuitions intéressantes, mais encore faudrait-il que les scientifiques ne confondent pas l'ordre des rapports sociaux avec celui des marchandises. Or il y a une différence de nature entre une machine faite de métal et de plastique, et un système productif, mélange de machines et d'hommes. Les machines sont presque complètement descriptibles et reproductibles (9). En revanche, les hommes sont irreproductibles, chaque individu est unique, chaque groupement d'individus l'est d'autant plus. Les efforts que l'on fait pour décrire l'activité humaine dans un système productif, pour passionnants qu'ils soient, resteront toujours dérisoires en regard de la complexité de cette activité. Il ne suffit pas de lire le règlement intérieur d'une entreprise, de noter les écoles suivies par chacun des salariés, et de rassembler toute la documentation existante dans l'entreprise, pour donner les moyens de reproduire à l'identique un système productif performant. De ce fait un système productif n'est pas une marchandise, il ne peut pas être reproduit à l'identique. Or l'illusion des contrats de transferts de technologies est bien celle-là. On fait visiter au client potentiel des usines qui marchent bien chez le vendeur, et on propose de lui vendre des machines et des procédures, quand celui souhaite un système productif équivalent à celui qu'on lui a fait miroiter.

Le transfert d'équipements ne fait guère problème, sinon quand des États considèrent certains équipements comme « sensibles » et en interdisent la vente. Cela nourrit des frustrations sur les acheteurs éventuels, mais n'explique pas pourquoi les équipements achetés sont moins performants chez l'acheteur que chez le vendeur. La question des échanges d'informations est plus délicate. Dès 1977, Hiance notait que : « la plupart des inventions ne sont exploitables qu'à l'aide d'un savoir-faire minutieux. Ce dernier ne figure pas dans le brevet. Pour qu'une licence ou une cession forcée d'un brevet ait des chances d'aboutir à un transfert de technologie effectif, il faut d'une part que le savoir-faire existe, et d'autre part que son titulaire consente à le faire transférer » (11). Mais ici l'auteur suppose que la rétention vient du vendeur, c'est-à-dire de l'employeur de ceux qui possèdent ces savoirs minutieux. Dans la réalité, le problème est plus complexe car la rétention n'est pas toujours le fait des vendeurs de technologie. Depuis Crozier (1964)¹¹, on sait que les salariés d'une entreprise peuvent avoir intérêt à ne pas communiquer entre eux des informations qui seraient utiles à une meilleure production. Cela montre l'importance des relations entre certains acteurs de la mise en œuvre d'une machine complexe (12). Ces relations font donc partie intégrante de la machine. Elles lui sont aussi nécessaires que les composants mécaniques et électroniques. Leur rupture, ou leur disparition, produit à terme les mêmes effets que la disparition d'un des composants matériels.

Vendre un système productif ou collaborer à sa réalisation ?

Le problème du transfert de technologie se voit donc replacé dans le débat plus vaste qui est celui de la constitution de systèmes techniques complexes. Le vendeur ne vend jamais qu'une partie, et une partie certainement plus simple que celle qu'il ne peut vendre. On peut en effet postuler que les humains sont toujours plus complexes à manœuvrer que les artefacts.

Voyons maintenant ce qui se passe lorsque le transfert porte sur un système hyper-complexe, comme dans le cas d'un projet industriel important. Dans ce cas, le vendeur, comme l'acheteur, représentent chacun une pluralité d'acteurs, théoriquement liés dans un intérêt commun, mais ayant en fait des intérêts et des stratégies différentes. Ceci nous est apparu très nettement dans l'observation d'un projet de métro chinois dans lequel travaillaient des sociétés françaises (13), observation menée de 1989 à 1991, mais poursuivie depuis à travers des missions annuelles.

Nous y avons vu que les avis des acteurs français divergeaient quant aux informations que devaient donner les experts français à leurs homologues chinois. D'un côté nous avions des ingénieurs plus préoccupés de participer à la conception d'un système technique efficient, de l'autre nous avions des commerciaux soucieux de faire payer les services et matériels fournis. Nous avons pu montrer dans cette recherche que si la position de ces commerciaux l'emporte, les acheteurs chinois ont peu de chance de disposer d'un métro économiquement et techniquement performant. Autrement dit, un véritable transfert de technologie ne sera effectué que si la position que nous avons attribuée aux ingénieurs l'emporte sur la position que nous avons attribuée aux vendeurs. Et sans véritable transfert de technologie, on voit mal comment la ville parviendrait à se trouver maîtresse d'un métro qui marche bien. Cependant, et c'est un enseignement de notre recherche, les ingénieurs ont du mal à obtenir une rémunération correspondante à l'effort investi. L'action des commerciaux représente la garantie de ne pas trop perdre d'argent dans l'opération. Les ingénieurs ont dépensé des sommes considérables à l'échelle de leur société, il y a peu de chances qu'ils rentrent dans leurs frais initiaux, même s'ils participent à la solution retenue par la ville chinoise. Il est facile de dire ici que le cas est très particulier, que ces ingénieurs ont eu la malchance de travailler au moment où les relations avec la Chine devenaient plus difficiles. Il n'empêche que le résultat nous paraît assez global. L'ingénierie a du mal à se faire rétribuer, surtout, comme c'est le cas présent, lorsqu'elle intervient en amont de la décision finale d'achat de l'équipement.

Cette difficulté à obtenir une rétribution correcte du transfert de technologies de conception est encore aggravée en Chine d'une tendance de l'administration à refuser tout paiement pour une livraison non matérielle (14).

Cette incapacité à obtenir une rémunération convenable pour l'ingénierie a poussé cette dernière à penser son lien avec les fabricants de matériel.

C'est ce dernier point qui paraît le plus prometteur, mais il soulève de nombreuses questions. Il est évident qu'un ingénieur français, indépendamment de son patriotisme est habitué aux matériels français qui sont généralement préférés dans les métros français, où dans ceux vendus à l'étranger avec des crédits de protocoles français. L'ingénieur français doit donc pousser son interlocuteur vers des solutions françaises qu'il maîtrise mieux. Mais s'il les maîtrise mieux, il en connaît davantage les faiblesses, surtout il est plus à même de dire à ses interlocuteurs chinois ce que eux sont à même de réaliser eux-mêmes, et ce qu'il vaut mieux laisser à l'industrie française. En quelque sorte, et pour résumer ce point, plus la collaboration initiale est poussée, plus les Chinois auront tendance à favoriser le choix de matériel français. Cette même collaboration permet aux Chinois de faire la part de ce qu'ils gagneraient à réaliser sur place et ce qu'ils auront

meilleur compte d'acheter à l'extérieur. La coopération tend à réduire le montant des contrats à venir tout en réduisant les coûts de leur négociation.

Enfin, et c'est une chose que les Français savent bien, une collaboration bien établie peut faire apparaître un concurrent sur le marché international du métro. La construction par la France du métro de Montréal a renforcé l'industrie ferroviaire canadienne et celle-ci est devenue un concurrent sérieux, notamment sur le marché chinois. Le métro de Mexico a aussi été l'occasion pour ce dernier pays de capitaliser une réelle expertise, et on commence à voir les représentants de ce métro proposer leurs services aux acheteurs, notamment du Tiers monde.

Aussi est-il difficile de faire la balance d'une démarche de coopération technique à la conception d'un métro. On peut supposer, avec nous, que la qualité de cette coopération est nécessaire au succès technique du métro, et donc à la réputation de l'industrie française (15). Mais il conditionne des dépenses plus importantes avant même l'appel d'offres, donc des dépenses dont on ne sait pas si elles seront productives (16).

Le lien entre ingénierie et fabricants est en fait effectué par l'État français, lequel fait des avances à la première avec l'espoir que les seconds gagneront des marchés rentables.

Les chercheurs qui travaillent sur les transferts de technologie prennent assez peu en compte la position de l'État vendeur (excepté pour ce qui est des refus de vente de matériels stratégiques) ; or nous avons pu voir que cette position jouait un rôle très important, notamment dans le cas de l'État français. Celui-ci intervient constamment. Il octroie des avances pour démarches promotionnelles, octroi qu'il subordonne, souvent tacitement, à des modes particuliers de coopération technique. L'État rend ou non possible les gros contrats commerciaux, c'est souvent lui qui met le coup de pouce final, par exemple en faisant jouer le niveau politique le plus élevé. L'industriel qui veut réussir doit donc tenir compte de ce qui, dans l'État, passe pour de bons ou mauvais contrats. L'État français fait aussi figure de représentation et de porte-parole pour les industriels. L'État se juge en quelque sorte garant de la qualité française, car il sait que la mauvaise prestation d'un industriel peut avoir des effets désastreux sur les possibilités commerciales de tous les industriels français. Enfin, l'État fait fonction d'antenne, avec ses représentations commerciales, pour les industriels français qu'il conseille, et pour lesquels il recueille des renseignements, ou sert d'intermédiaire avec les clients locaux (17). Par les nombreux points de rencontre avec les politiciens dont le rôle est de décider des investissements dans les métros, les agents de l'État jouent un rôle de représentation des industriels. Les discussions qu'ils ont avec les autorités locales ne sont pas non plus étrangères à l'amélioration de la capacité de négociation de celles-ci avec les industriels français. L'image que donne l'État français de la coopération technologique « à la française » constitue une contrainte pour les industriels français qui doivent s'efforcer de s'y conformer.

De ce fait, l'ensemble des acteurs français du métro ne cessent de se rencontrer, de s'épier, d'essayer d'agir les uns sur les autres. Cette interaction, parfois conflictuelle, souvent plus feutrée, complique les représentations qu'ont les Chinois des Français et vice versa (18).

La contradiction entre les Français se résout à la poursuite de deux buts : l'obtention d'un contrat important et la réussite technique du projet de métro. Or si tous sont partisans de l'obtention des deux buts (19), chacun n'est généralement porteur que d'un seul. En quelque sorte, une démarche strictement rationnelle de chaque acteur le pousserait à agir dans le sens de l'obtention du premier but au détriment du deuxième. Seul l'arbitrage d'un tiers peut balancer leur attitude en faisant dépendre l'obtention du deuxième but de la poursuite du premier.

Bien évidemment, ce serait au client chinois d'orienter les buts en définissant des contraintes. Mais il n'y a pas un client chinois, mais plusieurs acteurs qui participent de ce client générique tout en poursuivant des buts parfois contradictoires entre eux.

La municipalité chinoise était tentée d'acheter un métro « clé en mains » sous l'argument qu'elle avait plus d'assurances de le voir fonctionner, alors que les ministères pékinois poussaient à un métro intégrant à la manière d'un patchwork le maximum de pièces fabriquées nationalement. En renforçant les compétences techniques de la municipalité, la coopération technique lui a permis de se dégager de l'option « clé en main » tout en lui fournissant des arguments pour lutter contre les options pékinoises. Laissée à elle-même la municipalité aurait acheté un métro très coûteux, et dont l'adaptation à la situation locale n'était pas entièrement assurée. Sans contre-pouvoir, les ministères pékinois auraient pu pousser à des choix techniques peu cohérents entre eux, rendant d'autant plus incertain le fonctionnement performant du métro futur.

Conclusion : transferts de technologie et systèmes productifs efficaces

Les recherches citées dans ce papier conduisent à penser différemment la question des transferts de technologie. Il faut probablement distinguer mieux ce qui fait problème : la reproduction de réussites dans la mise en œuvre de systèmes productifs complexes. En effet, nombre de ventes de technologies, d'équipements ou de procédés se passent presque incognito parce qu'elles se réfèrent à des systèmes parfaitement maîtrisés. Dès lors que l'on aborde des systèmes complexes, alors le résultat devient incertain et ne saurait être garanti par contrat.

Peut-être la difficulté que nous avons à comprendre la différence entre un système facilement maîtrisable et un système complexe, provient-elle d'une mauvaise perception de la partie immatérielle de la production. Les entreprises tendent à confondre ces systèmes avec les machines et les informations qu'elles ont achetées. Or, à y regarder de près, la partie d'un système productif complexe qui peut faire l'objet d'un contrat de vente, est finalement très réduite. Dans de tels systèmes, il existe toujours une partie essentielle qui ne saurait être parfaitement décrite, formalisée. C'est bien sûr cette partie qui fait l'originalité du système, par rapport à ceux qui sont constitués des mêmes éléments matériels et des mêmes programmes ou procédures formalisées. C'est donc là que se joue la réussite ou l'échec. Or c'est cette même partie qui ne peut être ni vendue, ni possédée par un individu, voire par une entreprise.

Les recherches mentionnées dans cet article montrent que le problème principal posé dans les ventes d'équipements ou de procédés réside dans la capacité à articuler les savoirs nouveaux avec ceux qui existent déjà au sein du système qui cherche à s'équiper. Ces savoirs préexistants constituent en quelque sorte le socle sur lesquels

les savoirs nouveaux pourront prendre sens. L'enquête franco-mexicaine montre que ces savoirs préexistants n'ont pas besoin d'être très élevés, si les capacités sociales d'articulation sont bonnes. L'enquête franco-chinoise révèle que la difficulté à réussir la constitution d'un système technique nouveau réside davantage dans la qualité des relations sociales à nouer entre acheteurs et vendeurs que dans la rédaction d'un contrat pourtant toujours nécessaire.

La question du transfert de technologie est donc certainement à reprendre sous d'autres termes. Le transfert ne saurait porter sur l'ensemble d'un système productif de pointe. Il doit accompagner une action de constitution d'un système socio-technique original. En fait, toute opération de production de tels systèmes s'apparente à une innovation, dans le sens où Callon (20) utilise cette notion. A bien y regarder, tout système productif un peu complexe fait l'objet de nombreux transferts dans sa constitution et dans son évolution. Le transfert ne saurait caractériser la vente d'équipements d'un pays hautement industrialisé à un pays en développement, il est aussi au centre des systèmes productifs des pays les plus modernes. Notre proposition consisterait à ne plus dissocier la question des transferts de technologie de celle de la maîtrise des systèmes productifs techniquement complexes (21).



NOTES

- 1) Cf. notamment : Katz Jorge M., *Importación de tecnología, aprendizaje e industrialización dependiente*, ed. Fondo de Cultura Económica, Mexico, 1976, 226 p.
- 2) Cf. Dufourt D. et alii, *Transfert de technologie et dynamique des systèmes techniques. Eléments pour une politique nouvelle de la recherche scientifique*, offset Conseil et Développement, Saint-Etienne, 1978, 254 p.
- 3) C'est un peu à ce niveau qu'aboutissait l'excellent ouvrage de Perrin J. (*Les transferts de technologie*, Paris, La découverte, 1983). Perrin aboutit à une vision pessimiste de la possibilité des transferts de technologie, car : « *L'expérience a montré que la technologie n'est pas une ressource naturelle, un patrimoine commun au service du développement, mais qu'elle est au centre des rapports de pouvoir et de domination* » (p. 15).
- 4) Cf. Damachi UG., *Theories of management and the executive in the developing world*, London, Macmillan Press, 1978, 163 p.
- 5) Un certain nombre de travaux ont déjà été menés visant à rechercher les causes des réussites dans la modernisation d'entreprises situées dans des pays défavorisés. Cf. notamment Shaiken H., *High technologies and global production, positions of the US unions*, University of California, 1988. Dans cet ouvrage l'auteur parle de la délocalisation très réussie d'usines ultra-modernisées avec un personnel peu qualifié en s'appuyant sur l'exemple de GMC au Mexique.
- 6) Les résultats de cette enquête ont été publiés dans : Bombilaj, Ruffier, Supervielle, Villavicencio, *L'automation sans diplôme, les savoirs nécessaires dans quatre unités performantes : yogourt, métro, France, Mexique*, Rapport final ATP, doc Glysi 4/85, Lyon, sept. 1985, 206 p. Une thèse de doctorat s'est particulièrement efforcée d'expliquer comment la maîtrise de technologies de pointe a pu être le fait d'ouvriers si peu qualifiés : Villavicencio Daniel, *Transfert de technologie et qualification : la construction sociale des « savoirs efficaces » dans une entreprise française de yaourt au Mexique*, thèse de doctorat, Université Lyon II, juin 1989, 212 p.
- 7) Gonod Pierre F, « Quel développement technologique pour le Tiers Monde ? Des "technologies appropriées" à celles "au service de l'humanité" », *Travail et société*, vol. 11, n° 1, Genève, janvier 1986. L'auteur de cet article développe la philosophie du BIT en matière d'aide à des projets industriels. S'étayant sur un débat contradictoire entre les tenants des technologies adaptées et ceux qui sont pour la reproduction des technologies dominantes, il dégage une voie pragmatique qui s'efforce de tirer partie des ressources locales et de s'appuyer sur l'existant sans hésiter à utiliser dans la mesure du possible les technologies les plus performantes. Son postulat est qu'il est plus difficile d'utiliser les technologies nouvelles dans les pays pauvres mais qu'il importe de le faire en faisant attention aux manques d'infrastructures pour éviter les échecs et en s'appuyant sur une participation maximale de la population concernée pour tenter l'essaimage. L'ampleur des difficultés lui apparaît considérable notamment dans le savoir-faire des industrialisateurs, il conclut son article ainsi : « *L'impératif est désormais de comprendre la technologie* ».
- 8) Judet Pierre, « Les pays intermédiaires : des expériences à l'appui d'une réflexion moins pessimiste sur le développement », *Revue Tiers monde*, n° 115, juillet-septembre 1988. Judet rassemble un catalogue de réussites relatives dans des actions industrielles menées au sein de ce qu'il appelle les pays intermédiaires. Il ne donne que peu d'explication pour rendre compte du pourquoi de ces réussites (et également des nombreux échecs de ces pays) mais l'article vaut pour l'énumération des cas qui y est faite. Il vaut aussi pour son plaidoyer en faveur du pragmatisme. Les pays intermédiaires qui ont des réussites adoptent des politiques qui rejettent l'ultra-libéralisme, comme le dirigisme trop étroit, et qui au plan des échanges extérieurs se caractérisent par la doctrine suivante : « *ni ouverture débridée, ni autarcie asphyxiante* ».
- 9) Nous disons ici « presque », car toute machine a une histoire, dans laquelle sont intervenus des réglages, ou des modifications mineures, lesquels expliquent ses résultats, mais que personne n'a peut-être noté, et qui échapperont donc au regard de celui qui cherche à les reproduire.

- 10) Hiance M., « La propriété industrielle dans les transferts de technologie aux pays en voie de développement », in *Transferts de technologie et développement*, Librairies techniques, Paris, 1977. Perrin (1983), qui reprend cette citation, s'efforce essentiellement de décrire les éléments que devrait comporter la fourniture du vendeur pour parvenir à un transfert effectif. Il imagine que cette fourniture doive comprendre des échanges de documents et des opérations de formation, mais comme tout économiste, il n' imagine pas que la difficulté puisse venir du fait que le patron vendeur n'est pas détenteur des savoirs qu'il prétend vendre, dans la mesure où ces savoirs sont inclus dans la tête de ses salariés.
- 11) Michel Crozier (1964), *Le phénomène bureaucratique*, Le Seuil, Paris.
- 12) La démonstration de l'importance de ces relations est, en fait, l'objet du rapport déjà cité (note 11). En travaillant sur une vingtaine d'établissements différents éparpillés sur les territoires argentin et uruguayen, nous avons pu relever un rapport direct entre l'efficacité des machines les plus complexes, et la qualité des relations entre les principaux acteurs de leur mise en œuvre.
- 13) Outre l'auteur, l'équipe de recherche comportait quatre autres chercheurs : il s'agit de Hu Wei, Catherine Paradeise (Glysi), Shi Xue Rong (Glysi et université de Shanghai) et Yan Xiang Jun (université de Canton).
- 14) La Chine ne reconnaît que difficilement et depuis peu la propriété intellectuelle. C'est-à-dire qu'il n'y a pas de délit constitué dans le cas de la copie d'un plan, de la reproduction d'un texte, d'un logiciel ou d'une œuvre d'art. La Chine vient de se doter d'une nouvelle législation sur les brevets qui devrait faciliter le paiement des royalties et éviter le boycott externe des produits chinois. Cf. Jean-François Huchet (1993), *Transferts internationaux de technologie et industrialisation tardive : le cas de l'industrie électronique en République Populaire de Chine*, Thèse de doctorat de l'université de Rennes 1, 2 t., 640 p. Cf. aussi Theodor Leuenberger (Ed), *From Technology Transfer to Technology Management in China*, Springer-Verlag, Berlin, 1990.
- 15) Les concurrents étrangers se servent de difficultés de réalisation et de fonctionnement de récentes réalisations françaises pour s'implanter sur un marché autrefois plus largement acquis à la technologie française.
- 16) De nombreux marchés de métros en Chine ont été passés à des sociétés différentes de celles avec lesquelles les municipalités chinoises avaient travaillé pour définir le contenu du marché : l'investissement de prospection s'avère donc coûteux et particulièrement risqué dans ce pays.
- 17) Il va de soi que dans ce paragraphe nous employons le mot État au sens large. Pour être plus précis, il faudrait distinguer le rôle des CCI, des banques nationalisées, des délégations de représentants de partis politiques ou d'institutions publiques nationales ou locales. Enfin, nous n'avons pas fait, dans ce point, le partage entre les tâches qui incombent légalement à l'État, de celles qu'il accomplit sans qu'elles relèvent en principe de sa compétence.
- 18) Une des tâches que se sont fixés les sociologues a été d'améliorer les représentations qu'ont les différents acteurs les uns des autres. Nous avons notamment défendu l'idée du maintien des premiers ingénieurs français dans le projet devant les Chinois, comme devant les Français, sous l'argument qu'en conservant un même interlocuteur du début du projet à sa réalisation, la municipalité chinoise créait les conditions optimales à une accumulation de connaissances chinoises sur le métro futur.
- 19) Pour autant que nous puissions en être juge, les commerciaux ne souhaitent pas se trouver responsables d'une vente d'un métro qui ne fonctionnerait jamais (cela s'est vu ailleurs), et les techniciens ne sont pas tout à fait indifférents à la réussite commerciale française. Pour ce qui est des sociologues chinois, ils estiment que l'investissement qu'ils ont fait dans cette recherche trouvera davantage de prolongations si la France augmente sa présence dans leur ville, comme ce serait le cas si elle participait à la réalisation du métro.
- 20) Callon, Latour, « Comment suivre les innovations ? Clefs pour l'analyse socio-technique », *Prospective et santé publique*, Numéro sur l'innovation, Paris, 1986. Dans cet article, les auteurs renversent la perspective de l'analyse des innovations. Ils s'opposent à la théorie qu'ils appellent diffusionniste selon laquelle l'innovation résulte d'une bonne invention technique qui s'est imposée naturellement au corps social et ne voit que des mauvaises idées qui inéluctablement seront condamnées à l'échec et des bonnes qui triompheront toujours même si une mauvaise préparation du corps social peut conduire à ralentir son avènement. D'après eux, les inventions ne sont jamais au point à l'origine. Elles ne triomphent que si

elles sont acceptées par la chaîne sociale complète qui va de la recherche théorique à l'achat de l'objet en passant par la recherche appliquée, la mise en production et la commercialisation. Cette acceptation ne se fait qu'à travers des négociations au cours desquels l'objet de l'invention et ses principes peuvent être complètement modifiés. Il n'y a donc rien d'inéluctable dans le développement d'un nouveau produit. Celui-ci ne s'impose que dans la mesure où la déstabilisation de la société qu'il suppose est apparue souhaitable à l'ensemble des acteurs qui ont misé sur lui.

- 21) Notons aussi que, profitant du tarissement du débat sur les transferts de technologie, le mot a été repris et est désormais couramment utilisé pour parler du transfert des connaissances de la sphère académique à celle de la production. Nous ne pouvons que souscrire à ce glissement puisqu'il dégage le thème de la théorie de la dépendance où il s'était enlisé.



TRANSLATING AMERICAN MODELS OF THE TECHNICAL UNIVERSITY TO INDIA AND SOUTH KOREA

Robert Kargon and Stuart Leslie
Department of the History Science,
The Johns Hopkins University, Baltimore (USA)

Science, Technology and Development in India after Independence

Nehru's development strategy was based on his view that science-based industry was key to the West's prosperity, and that it was critical to India's future as well. As early as 1934 he stated:

I want to increase the wealth of India and the standards of the Indian people, and it seems to me that this can only be done by the application of science to industry, resulting in large-scale industrialization. (1)

When the Indian National Congress formed its National Planning Committee in 1938, it chose Nehru as its chairman. It was here that Nehru first formulated in a systematic way his view that modern technology lay at the base of future Indian development and that a self-sustaining scientific community was essential for it. Writing later of the work of the Committee, Nehru wrote:

The three fundamental requirements of India, if she is to develop industrially and otherwise are: a heavy engineering and machine-making industry, scientific research institutes and electric power. These must be the foundations of all planning and National Planning Committee laid the greatest emphasis on them. (2)

India would require scientific institutes and technical universities, and could not depend on market forces to produce them. But what should be the nature of these institutes? In a report which appeared in 1944, the famous British physiologist Professor A.V. Hill advocated not a British but an American model:

The future of Indian industrial and agricultural development must depend upon the supply of first-class technical brains, trained in an atmosphere both of original research and of practical experience. This requires not only that there should be facilities for technical training at all important centres in India, but that one or two institutes of the highest possible standing should be founded. (...) There is no institution as yet in the United Kingdom comparable in magnitude, in the quality of equipment and in excellence of teaching and research work, with the Massachusetts Institute of Technology at Cambridge. Mass. (3)

The call was taken up by Sir Ardeshir Dalal, Director of the Tata Iron and Steel Company who had recently been appointed to the Viceroy's Executive Council for the Department of Planning and Development. At his first press conference (September, 1944), he announced that the establishment of an Indian M.I.T. would receive the Department's highest priority (4).

A committee, under the chairmanship of Mr. N.R. Sarkar, was formed to explore and clarify the nature of the model to be followed.

During the following year, India was freed from colonial rule and Jawaharlal Nehru became independent India's first prime minister. As prime minister, Nehru moved quickly to implement strategies conceived before the war. He established the National Planning Commission, and reiterated his commitment to scientific and technical advance:

Today no country can advance in peace or war except with a full knowledge of modern science and technology... We have to absorb the spirit of science in India (5).

While the goal was intermediate and long-range scientific, technical and industrial independence, it was quickly seen by Nehru and his advisers, the scientists S.S. Bhatnagar and H.J. Bhabha, and the economist P.C. Mahalanobis (all three Fellows of the Royal Society) that in order to build the required infrastructure outside help was required (6).

Nehru's India stood between the West, led by the U.S., the U.K. and France, and the second world, under the hegemony of the Soviet Union. The plan would maintain this position, and not compromise India's role as a leader of the Third World. As such, the Government of India wished to *balance* the influence of East and West, and sought assistance from both sides of the Cold War and from international organizations.

Kanpur and the other Indian Institutes of Technology

The first Indian Institute of Technology was founded five years after the Sarkar Report. It was located in eastern India at Kharagpur. Assistance both financial and technical were sought from and received from international organizations, especially Unesco, from West Germany and from the United States. The first programs drew on the technical appendices of the Sarkar Report, and the 1950-1951 editions of the MIT and California Institute of Technology's bulletins (7). From 1951 to 1956 the Kharagpur experiment was closely watched and eventually its position was codified in the Indian Institute of Technology Act of 1956 which stated that the IIT was intended as the premier engineering institute of India; all new IITs were supposed to be modeled on it and that its own development was to be on the pattern of MIT of the United States (8).

This Act was part of a broad-front push towards industrialization and scientific agriculture. In May, 1956 Prime Minister Nehru introduced India's Second Five-Year plan which aimed at greatly expanding coal and steel outputs, increasing food production and doubling electric power (9).

As part of building India's technical base, four new Indian Institutes of Technology followed in the period 1958-1961. Whereas the first, experimental IIT at Kharagpur was established in close association with the West, the first new IIT was founded with the assistance of the Soviet Union. While the first formal request for aid from Unesco for the Bombay IIT mentioned that it was to be patterned after MIT, the memorandum of

understanding that ultimately was produced between India and the U.S.S.R. understandably deleted the reference (10). The Soviet government, anxious to woo India in the Cold War context, gave a high priority to the effort. Scientists and engineers, equipment, textbooks, Russian-language instruction and 3.6 million rupees for additional equipment was provided by the Soviet government (11).

In the late 1950s, the administration of MIT was approached by the governments of India and the United States to assist in the development of the fourth IIT, to be located at Kanpur, an industrial city sometimes called the "Pittsburgh of India". For a variety of reasons including concern for the drain on MIT's domestic resources, MIT opted for a consortium approach; the consortium which would include the University of California, Purdue, Michigan, Ohio State, Princeton, Carnegie Tech and others, would however be led by MIT.

What was the American view of the terrain? Of course, the establishment of the Soviet-sponsored IIT at Bombay was duly noted in Washington, and India's neutral position in the Cold War made it imperative that the U.S. not lag behind in assisting India. U.S. agencies, such as the Agency for International Development, wished to ensure a «western-based and western-oriented education» for Indian scientists and engineers, without, however, "alienating them from the real problems in their own country" (12). The goal was to "strengthen the umbilical cord" (13). However there is another dimension as well that must be carefully weighed.

Among American universities in this period, the missionary zeal to disseminate both American know-how and the lessons of U.S. democracy (both believed to be pillars of the American way of life) was widespread. This mental set accounts for the devotion of the faculty and administrations of many US institutions despite the lack of apparent immediate reward or even long-term return.

The following is an insightful representation of the American view by Prof. Robert Halfman, an MIT engineer who was a key figure in mounting the Kanpur program:

The Americans represented a new, rapidly changing society dedicated to growth and progress which were often expressed in materialistic terms. Although the fundamental drives toward useful and practical activity leading to salvation in finite time can be traced to religious roots, the technological revolution was characterized by the rational, scientific way of thinking and flowered profusely in the context of the democratic ideal. Particularly in the years around 1960 technology was ascendant, promising unlimited progress based on the ever more rapid revelation of natural truth through the sciences. (14)

By 1960, an organizing team led by Dean Gordon Brown, and Professors Norman Dahl, C.H. Norris, and L.D. Smullin was formed and began conceptualizing "an MIT type" of institution for India.

What was the MIT model, which as they saw it, they wished to transplant to India? The MIT archives contain exceedingly revealing documents that illuminate this question:

Clearly the form and substance of MIT are as much a product (and a part) of its environment as, say, Oxford is of the English scene, and neither should or could

be transplanted bodily. However, we think we can identify the major characteristic of MIT which has made it different from other institutions of technology, and we believe that this characteristic is an exportable quantity. We identify this essence of MIT as the intermixing of research, graduate training and undergraduate teaching in the same institution with the continual feedback which brings new research discoveries directly into the graduate teaching, where they are made more simple and better understood, and thence into the undergraduate teaching. (15)

Dean Gordon Brown and Professor Norman Dahl, the chief authors of this note, understood that MIT as described here is doing what any great university does. MIT did lay claim to pioneering such an environment for engineering and science. They continue :

[W]hat we have to offer is a spirit and a way of approaching technological education rather than a blueprint of specific curricula or recommended research topics. In other words, in aiding India we could... work with the Indians in an attempt to create an institution in which will exist the type of environment we have at MIT. (16)

The implementation of the MIT strategy began almost at once. The key line was to move ahead on all fronts – undergraduate education, graduate education, and research. The educational programs were based on the position, gaining ground in engineering education since the late 1950s, of basing the curriculum on extensive scientific training, that is, on the primacy of “engineering science”. The point, of course, was to train engineers in fundamental science and its applications so that they would be able to participate and contribute to the new engineering directions of the future, rather than base their training on existing practices only. The criticism that this new curriculum met, i.e. that it was “too theoretical” was met by Norman Dahl, the MIT program leader, this way :

Do the students emerge from the curriculum with the idea that they can use their knowledge of the physical world to attack any problem or do they see themselves as able only to cope with that limited subset of problems which they have studied in some detail? Or to put the question another way, as they go into practice will the graduates look for the problems that need to be solved or the problems they think they can solve ? (17)

Some specific points of departure regarding teaching included the “textbook system”. Usually, at Indian institutions, students relied on lecture notes and on library reserve books; the MIT way included furnishing students textbooks which they could keep, as long-term tools. The examination system would also follow an American model. The usual Anglo-Indian practice of end-of-year and end-of-course external examinations would be replaced by internal examinations. The former have the disability of freezing curricula into “tight molds”. The number of contact class hours would be almost halved to encourage individual work, and a complement of humanities and social science courses, as at MIT, would be introduced. (18)

Over the course of the next decade, the many successes of the Kanpur IIT are clear, depending of course on one’s measure of success. The faculty became “Indianized”

as the Americans gradually phased-out their role; the students were considered among the best in India and well-trained on a world-wide standard. By the 1970s, the other IITs began to converge in their curriculum and their research programs, generally following the American model delineated at Kanpur. However, there is one significant area which was a failure. The hopes for an MIT/Route 128 or Stanford/Silicon Valley type of university-industry relationship did not materialize. Local industry did not respond to the presence of this new resource in any way commensurable to the opportunity. As early as 1964, plans were launched to develop an "industrial research park" adjacent to the campus to stimulate academic-industrial links.⁽¹⁹⁾ In 1966 discussions were initiated by IIT/K and the government of the state of Uttar Pradesh to establish such a park, specially targeted at electronics in conjunction with the Department of Electrical Engineering. Plans were proceeding well until the land designated for the park had been leased to a brick-making firm for five years; the matter disappeared into the bowels of the court system.

But more generally, the problem of "brain drain" persists. A former high-level Indian government scientists-administrator told the following story recently at the World Bank in Washington. "When a student is accepted to an IIT", he said, "he is said to have spiritually ascended to America; four years later his body follows".

One of the chief reasons for this leakage of talent is that Indian industry often does not utilize it in a timely and interesting way. Hopeful plans for university-industry cooperation has continued to founder on the shoals of university-industry mismatching.

Technical Education and South Korea's Economic Miracle

By 1960, American development experts had essentially written off South Korea as a "display window" for capitalism and democracy in Asia. Despite having received some \$ 2 billion in US economic aid and another \$ 1 billion in military assistance in the decade following the Korea War, South Korea still lagged behind the North industrially and economically. President Syngman Rhee's economic policy of "coercive deficiency" and foreign exchange manipulation may have kept US aid dollars flowing, but at the cost of complete political and economic dependence. From 1953-1960, American assistance accounted, on average, for a tenth of South Korea's gross national product, three-quarters of its imports, and half its government revenues.⁽²⁰⁾

In May 1961, a military junta led by Park Chung Hee ended South Korea's brief experiment in democracy that had followed Rhee's ouster the year before. Park governed by decree until the nominal restoration of civilian government in 1963, then as president until his assassination in 1979. Unlike Rhee, Park was "a true believer in modern science", convinced that South Korea's future depended as much on its industrial as its military strength. He redefined the struggle with the North not only as a military and political contest, but also as «a competition in development, in construction, and in creativity" (21). His first five-year economic plan, begun in 1962, called for a national commitment to industrialization, with the goal of doubling exports, to \$ 117 million a year, while cutting imports from \$ 316 million to \$ 41 million.⁽²²⁾

Rejecting Rhee's policy of isolationism, and the import-substitution strategy that had sustained it, Park and his economic advisors aimed at achieving competitiveness in

world markets. First, South Korea would capitalize on its comparative advantage in labor costs, and develop robust export sectors in textiles, footwear, and other light assembly industries. Next it would build up steel, shipbuilding, and the heavy chemicals industry. Finally, drawing on the experience and financial resources gained from earlier leading sectors, it would begin competing in high technology industries such as electronics and pharmaceuticals. At each stage, the government would provide leading sector firms with preferential access to bank credit and foreign capital, a highly protected domestic market, reduced tariffs on manufacturing equipment, lower taxes, and other incentives, while easing mature firms into the open market. In an effort to gain some of the advantages of scale enjoyed by global competitors, the government organized Korean firms into giant chaebol conglomerates, similar to Japanese zaibatsu, but with much more direct state investment and intervention (23).

Park and his advisors understood that to compete with foreign firms, Korean industry needed access to foreign know-how and capital. By 1961 South Korea had spent \$ 100 million on foreign licensing, training, and fees, with little to show for it. Instead of simply buying technology, the Park government encouraged cooperative ventures with multinational firms, beginning with a joint US-Korean nylon plant in 1962.

Realizing that Japan could also provide a vital source of capital, technology, and experience, Park, at considerable political risk, normalized relations with Korea's former occupier in 1965. He dropped longstanding Korean demands for reparations in return for pledges of economic assistance totaling some \$ 800 million (24). Japan rapidly supplanted the US as Korea's biggest trading partner, direct investor, and technology licensor, with 397 licenses by 1975, compared to 122 for the US. (25)

Direct foreign investment and licenses could provide Korean industry with know-how and an opening into export markets, but could also foster a new kind of dependency. Korean exports surpassed even the ambitious goals set by the first five-year plan, but foreign-owned or invested firms accounted for a third of the manufacturing exports, and a much higher share in such key industries as machinery and machine parts (94 %), metal products (89 %), and electric and electronic components (84 %) (26). Consequently, while exports grew rapidly, so did imports of the advanced technologies that Korean firms could not manufacture themselves. In industrial electronics and electronic components, for instance, South Korea continued to run substantial trade deficits (27).

In formulating the second five-year plan, for 1967-1971, South Korea's industrial planners determined to break this cycle of dependency. In some respects, they were starting from scratch. Korea was spending less than one half of one percent of its GNP on research and development, compared with about four percent for its most important trading partners (28). Even its biggest electronics and chemicals firms did almost no research and development of their own, aside from routine testing and quality control. South Korea's universities awarded several thousand undergraduate degrees in science and engineering a year, two-thirds of them in engineering. But the best students went abroad to complete their educations, and relatively few of these "lost brains", as they were called, ever returned, because there were no jobs for them back in Korea.

Strengthening Korea's technological infrastructure would therefore mean increasing the demand for research as well as increasing the supply of researchers. The Korea

Scientific and Technological Information Center (KORSTIC), established in 1962, was intended to help industry keep pace with foreign breakthroughs. But moving from a labor-intensive to a skill and knowledge-intensive economy, as South Korea's Economic Planning Board intended to do, would require developing greater self-sufficiency in research and development.

Korea's self-strengthening program found unexpected support from a US government under pressure to cut foreign aid programs to help pay for the escalating war in Vietnam. President Park's state visit to Washington in May 1965 marked a watershed in Korean-US relations. Instead of asking for the usual foreign aid package, Park negotiated for \$ 150 million in development loans (29). In addition, Park and presidential science advisor Donald Hornig discussed a Korea Institute for Science and Technology (KIST) as a way of stimulating industrial development, reversing the "brain drain", and providing a prototype for other newly industrializing nations (30).

To evaluate the prospects for KIST, President Johnson sent a blue-ribbon technical mission to South Korea that July. Headed by Hornig, its members included such experienced industrial researchers as Bell Laboratories head James Fisk and Battelle Memorial Institute president Bertram Thomas. They returned convinced that KIST, properly conceived and supported, could have a decisive impact on Korean industry. The secret, they stressed, was keeping KIST focused on problems of direct interest to Korean companies. Research institutes in developing nations too often chose projects of interest to their academic counterparts in the developing world, but irrelevant to local industrial needs (31).

Battelle Memorial Institute, under contract from the US Agency for International Development (USAID), sent its own team to Korea in the fall of 1965 to gauge support for KIST, and to draw up more detailed organizational plans. Its report recommended nothing less than a Korean version of Battelle, an independent, non-profit, multidisciplinary institute supported by industry and government contracts (32). The assumption was that contract research would ensure a closer coupling of scientific and industrial objectives than conventional government or university research institutes. Once Korean industry learned the advantages of contract research for itself, the planners argued, KIST would become self-supporting.

Impressed with the proposal, USAID awarded Battelle a followup contract to serve as a «sister institute» for KIST, to recruit and train its staff and to organize and launch its research program. The Korea government formally incorporated KIST in February 1966, backed by \$ 9.2 million in grants and loans from USAID (including \$ 3.1 million for Battelle), and \$ 12.2 million from other US assistance programs. South Korea pledged \$ 2.7 million of in-kind contributions, including a prime parcel of land northeast of Seoul (33).

KIST's first challenge was recruiting a qualified staff without depleting Korea's scant supply of industrial researchers, or competing for manpower with the universities. As president of KIST, Park tapped Hyung Sup Choi, an American-educated metallurgist who had previously headed Korea's atomic energy program. To fill out the senior ranks, Battelle targeted expatriate Korean scientists and engineers who, given the right incentives, might be interested in returning home. Battelle identified and screened 866

Koreans with advanced technical degrees living abroad. Choi interviewed the most promising, being careful to explain that KIST wanted researchers committed to solving industrial problems, not to winning Nobel Prizes (34). Altogether, he convinced 32 scientists and engineers, 23 from the US, and the rest from Germany, Sweden, Australia, Japan, and Great Britain, to repatriate. Because these scientists came predominantly from universities and large corporate laboratories, few of them had any experience with the deadlines and bottom lines of contract research. To train them in the art of selling science to industry, Battelle assigned them as temporary research associates in its Columbus, Ohio laboratories (35).

Before setting the research agenda for KIST in any detail, Battelle conducted 16 extensive technology surveys, asking what Korean industrialists really wanted, and were willing to pay for. On the basis of these reports, KIST decided to concentrate on five broad technical areas – food technology, materials science, electronics, chemical engineering, and mechanical engineering. KIST organized itself into 31 independently managed laboratories, each expected to become financially self-supporting, covering the entire range of Korea exports, from Seafood Processing and Fishery Resources, to Shipbuilding and Ocean Engineering and Heavy Industrial Engineering, to Semiconductor Devices and Pharmaceutical Research (36).

KIST's mission was not basic research. Rather, it was intended as "the window through which the transfer of foreign technology to domestic industry can be made... It guides and counsels industries in selecting appropriate technologies for import and in modifying, improving, and adapting imported technology for application and dissemination. KIST is the bridge between domestic industry and advanced technologies of foreign countries" (37). It gave priority to those industries selected by the government as future export leaders – heavy industry, chemicals, electronics, and energy technology.

KIST confounded the skeptics, who doubted the willingness of Korean firms to pay for domestic research when they could buy foreign technology. KIST, with assistance from Battelle and the Korean government, promoted itself aggressively. It hosted technical symposiums and seminars for industry, and invited guest researchers to join KIST laboratories. Within two years it had lined up \$ 1.2 million in industrial contracts, the largest for the engineering design for the new Pohang Steel Mill. The government also provided some crucial start-up support, funding major contracts for developing a computerized telephone system and for designing and building a pilot plant for freon production. (38) In the early years, the government picked up most of the cost. But by 1973, industry was already funding slightly more than half the total contracts, by value (39). KIST's focuses also shifted, from solving straight-forward manufacturing problems for smaller firms in the 1960s to "productivity improvement, cost reduction, domestic raw material development and imported technology improvement to serve large industrial firms which have accumulated considerable technological capability" in the 1970s (40).

Beyond its strictly scientific research, KIST also undertook several influential science and technology policy studies. One forecast future energy demands, recommending a major commitment to nuclear power. Another considered the future of Korean manufacturing, recommending that the government "encourage international cooperative programs aimed at export through tie-ups with outside firms that can supply product

technology and are seeking an economic manufacturing source", a strategy that figured prominently in Korea's third five-year plan, beginning in 1972 (41).

Perhaps KIST's most lasting contribution was convincing Korean industry to fund its own research programs. By the mid-1970s, KIST had already registered 131 patents, introduced several commercial products, and completed \$25 million in contracts (42). But with a professional staff of less than 200 (including 53 Ph.D.s), KIST could only do so much on its own. Perhaps its real impact was as a catalyst for industrial research. KIST's practical successes made Korean firms more willing to invest in-house research. Total Korean spending for science and technology as a proportion of gross national product rose sharply from .267 % in 1965 (about average for a developing country) to .867 % by 1980, and to 1.77 by 1985. Though still low by US or Japanese standards, that ranked at the top for developing countries. An even more impressive measure of industry's new-found confidence in research was the government's declining share of R&D spending, from 9 to 1 in 1965 to just 3 to 7 in 1985 (43). In targeted industries, Korea had nearly closed the R&D gap with its competitors, spending, for instance, 3.51 % of sales for R&D in electrical machinery, compared to 4.70 % for Japan and 5.19 % for the US, and 3.07 % for precision machinery, compared to 4.02 % for Japan and 5.98 % for the US (44).

KIST also provided the cornerstone for Korea's first "science park". Seeking to encourage greater interaction among its research institutions, the government relocated KORSTIC to a site adjoining KIST, and set up the new Korea Defense Research Institute nearby. Scientists could then share expensive library facilities, computer systems, and instrumentation, and more conveniently collaborate on projects of common interest (45).

KIST could increase the demand for research, but it could not increase the supply of researchers, for it did no graduate teaching. The closer Korean firms approached the research frontier, the more acutely they felt the lack of qualified scientists and engineers. Short of hiring expensive foreign talent, the only way Korea would be able to staff its expanding industrial laboratories would be to train its own industrial researchers. The government, convinced that Korea's conservative universities were not up to the job, especially at the graduate level, decided in 1970 to establish an entirely new institution of higher learning devoted exclusively to science and engineering, one, like KIST, closely coupled to industry.

Again, Korea turned to USAID for advice and financial assistance. To assess the proposal, USAID appointed a committee of American engineering educators led by Frederick Terman, widely acknowledged as the "father of Silicon Valley". As Stanford University electrical engineering professor, dean, and provost, Terman had pioneered any number of original schemes for bringing together industry and academia – an honors cooperative program, where corporate employees earned advanced degrees while working full-time on company projects; research exchanges that brought corporate researchers to university laboratories and classrooms, and professors to industrial laboratories; affiliate programs that offered members a sneak peak at university research and first pick of the best graduate students; the Stanford Industrial Park, where companies could set up advanced laboratories and manufacturing facilities close to campus, and to university consultants (46). Terman's innovations had helped make Silicon Valley

synonymous with high technology. USAID and the Korean government hoped he could work similar miracles there.

What made the USAID project especially appealing to Terman was that in the years since his 1965 retirement he had been trying, without much success, to create just the kind of training center the Koreans seemed to have in mind. In 1966 a consortium of high technology companies in New Jersey, led by Bell Laboratories, had asked him to draw up plans for a new Institute of Science and Technology to help them compete with regions such as Silicon Valley and Route 128. Terman's bold blueprint called for a corporately funded and staffed institute, with training programs focused on the specific needs of consortium members. But when the participating corporations could not agree on who should pay how much for what, the consortium fell apart. Terman drafted a similar proposal for the SMU Foundation in Dallas, designed to build up Southern Methodist University as a corporate resource for Texas Instruments and other local high technology firms. That venture, led by Terman protegee Thomas Martin, stumbled after TI reduced its support in the electronics slump of the late 1960s (47). Likewise, the Oregon Graduate Center, founded by former Stanford Research Institute staff member Donald Benedict, with backing from Textronix, failed to live up to its billing as the catalyst for Silicon Forest.

Terman's USAID mission, which included Martin and Benedict among its five members, came to Korea convinced that with the support of USAID and the Korean government, they could succeed abroad where they had failed at home. Terman's "Survey Report on the Establishment of the Korea Advanced Institute of Science", submitted to USAID in December, 1970, incorporated virtually every innovation he had perfected at Stanford or had intended for the proposed graduate centers in New Jersey and Dallas. Like the New Jersey plan, KAIS would be an independent, graduate-only institution, with perhaps 200 students at the master's level, and another 200 at the doctoral level. Rather than trying to cover the entire range of scientific disciplines, it would build steeples of excellence in fields of potential interest to corporate clients, a longtime Stanford strategy. Instead of structuring the curriculum around conventional departments, KAIS would combine interdisciplinary centers – electronic sciences or communications engineering – with more specialized subject offering – polymer technology or pharmaceutical chemistry.(48)

The really "distinctive feature of KAIS", Terman predicted, "will be extensive interactions with the technological activities of Korean industry" (49). To encourage close cooperation between KAIS and local industry, he proposed adopting a set of strategies that had already proved effective in linking Stanford to Silicon Valley. Following the example of the honors coop program, KAIS would recruit most of its students from industry. New employees would get a brief "tour of duties at the sponsoring firm and gain some practical views", before starting their educations, while experienced employees would return to school for advanced training while continuing to work full-time (50). A formal Industrial Visiting Committee would advise KAIS on curricula. Faculty would be encouraged to consult with industry, while industrial scientists would be invited to serve as adjunct professors at KAIS. Younger faculty members would be expected to see KAIS as a way station to industry. An interactive television network, an inno-

vation introduced at Stanford and extended by Martin at SMU, would bring KAIS into the workplace. In each case, KAIS's goal would be "to bridge the gap existing between the background of BS students now trained by Korean universities, and the knowledge required to deal effectively with the problems in engineering and applied science with which Korean industry will be concerned in the years ahead" (51).

Like KIST, KAIS was intended to win markets, not Nobel Prizes. While research would be a vital part of its teaching program, especially at the doctoral level, its mission was "to satisfy the needs of Korean industry and Korean research establishments for highly trained and innovative specialists, rather than to add to the world's store of basic knowledge" (52). What Korean industry needed was not so much new knowledge, as means for applying existing knowledge in creative and appropriate ways. Ideally, KAIS would complement KIST and other scientific institutions, by supplying them with researchers attuned to the special challenges facing Korean industry. For that reason, it was given a place in the "science park", alongside KIST, KORSTIC, and the Korea Defense Research Institute.

Looking ahead, Terman offered a bold prediction. By the end of the century, KAIS would be enrolling 3000 students, and its graduates among the leaders of Korean industry and government. "Korea itself will have become a prosperous and modern albeit medium-sized nation, with a strong economy and a secure position in international trade. Its domestic prosperity, and its strength in international commerce will be based as much or more on merchandizing the products produced by trained minds as products representing the labor of trained hands. Above all else, Korea will have become an inspiration and a model of 'desire and expectation rolled into one' for all other developing nations." (53)

Astonishingly enough, all of Terman's predictions came true well before the turn of the century. KAIST (Technology was subsequently added to its official title) now enrolls 10,000 students, and its graduates have taken responsible positions throughout Korean industry and government research institutes. Korea's total R&D spending is approaching 3 % of GNP, and may well surpass Japan, Germany, and the US before the decade is out. Korean companies spend three times more on R&D than their counterparts in Taiwan, nineteen times more than India, and, as a percentage, only slightly less than Japan (54). Korea has become a major world competitor in virtually every heavy industry and high technology, and according to the World Bank, "is widely regarded... as a role model by other developing countries" (55).

But it is a model of paradoxes. If anything, Korea's massive R&D investment seems to have made it more dependent on foreign technology. Gold Star and Samsung can no longer count on licensing proven products from IBM, Fujitsu, or Hewlett-Packard, as they once did. Instead, they have to compete head to head, but with much smaller R&D budgets. As a percentage of sales, Korean electronics firms have nearly closed the gap with their American and Japanese competitors, but the biggest American computer maker still spends more for R&D than all of Korea's scientific institutions, public and private, combined. Consequently, the Korean electronics industry finds itself increasingly squeezed between the industrial giants on one hand, and the newly industrializing nations of Asia such as Indonesia, Malaysia, and China, with substantially lower

wage rates than Korea, on the other. Keeping ahead of newly developing countries means training more scientists and engineers, to gain a comparative advantage in human capital. Competing with the Japanese and Americans means developing ever more sophisticated products, if only to use as bargaining chips to secure foreign licenses. That, in turn, means developing the basic research behind those products. A recent World Bank study suggests that "the Korean electronics industry has come to the point where the availability of skilled scientific, engineering and technical labor represents the single most critical potential constraint to its future development" (56). But what kind of scientists and engineers may turn out to matter more than sheer numbers. The question now facing Korea is whether models of research and technical education designed for a strategy of late industrialization, where adapting foreign ideas was enough, will adequately serve Korea's future needs.

Conclusion

When examining the *transfer* of technical models from the West to developing economies, it must be remembered that from an historian's point of view, the concept of transfer is not rich enough to control the complex phenomena with which we must deal. We suggest instead the concept of *translation* – how a particular model is reworked across cultural boundaries.

The post-World War II period, especially the quarter century from 1955-1980, was a great time of scientific and technical reconstruction in Europe, in Asia and in America as well. This tremendous effort was characterized in part by attempts to utilize what were perceived to be models "exported" from the United States. To understand this period will involve grasping the nature of the "translation" of the model in each national or cultural context. The Shah's "massachusettsi" failed to understand that a successful translation of the American model requires a receptive social system in which it can flourish. High technology is a social process not a commodity.

Nehru, Bhatnagar, Homi Bhabha and others responsible for India's decision to build India's capacity for producing scientists and engineers had a much better grasp of this. Indeed, in producing well-trained engineers along American lines but firmly within an Indian context, India has done well. However, the goal of some of India's planners, that of stimulating Route 128's or Silicon Valleys, has not materialized. Owing in part to the nature of university-industry relationships in India, there has not been as much success on the *demand* side, i.e. there has not been an easy and fertile integration of IIT graduates into industry.

In Korea, the approach was quite different and has led to different results. The establishment and the evolution of KAIST was demand-driven. Korea's astonishing success with KIST and KAIST underscores the relevance of Frederick Terman's vision of a new type of academic institution, one more suited to close and fruitful interchange with industry. Now however, Korea has reached the point where basic research leading to new products and entire new industries is what is required to maintain competitiveness. Whether seeking markets rather than Nobel Prizes will, in the long run, prove more practical remains to be seen.

REFERENCES

- 1) Ward Morehouse, "Nehru and Science: the Vision of New India", *Indian Journal of Public Administration* 15 (1969): 491.
- 2) *Ibid.*, pp. 421-422.
- 3) A.V. Hill, *Scientific Research in India* (London, 1944), p. 29.
- 4) Kim P. Sebaly, *The Assistance of Four Nations in the Establishment of the Indian Institutes of Technology, 1945-1970*, University of Michigan Comparative Education Dissertation Series, Ann Arbor, 1972, p. 17.
- 5) Baldev Raj Nayar, *India's Quest for Technological Independence*, v. 1 (n.p., n.d.), p. 257.
- 6) V.V. Krishna, *S.S. Bhatnagar on Science, Technology and Development...* (New Delhi, Wiley, 1993).
- 7) Sebaly, p. 36.
- 8) *Ibid.*, p. 40.
- 9) Milton Meyer, *India, Pakistan and the Borderlands*. Totowa, N.J., 1968, p. 186.
- 10) Sebaly, p. 52.
- 11) V.A. Verbenko and Batuk Desai, *IIT: Symbol of New India* (New Delhi, USSR Embassy, 1979), p. 24.
- 12) Burton Newbry [A.I.D.] to S. Brooks, 26 November 1968, in MIT Archives, MC 152, Box 1.
- 13) *Ibid.*, p. 2.
- 14) Kanpur Indo-American Program, *Final Report (India) 1962-1972* (Newton, Mass., 1972), p. 36.
- 15) Memo, G. Brown, N. Dahl, *et al.* to President J. Stratton, 27 October 1960, p. 6.
- 16) *Ibid.*
- 17) Kanpur Indo-American Program, *Final Report*, p. 27.
- 18) "An Opportunity for United States Participation in Indian Technical Education", MIT Archives, Brown MC24,5/211, pp. 10-11.
- 19) KIAP, Seventh Progress Report (1965), p. 22.
- 20) Edward Mason *et al.*, *The Economic and Social Modernization of the Republic of Korea* (Cambridge: Harvard University Press, 1980).
- 21) Jon Huer, *Marching Orders: the Role of the Military in South Korea's "Economic Miracle"*, (New York: Greenwood, 1989), p. 67.
- 22) Huer, *op. cit.*, p. 161ff.
- 23) *World Bank Support for Industrialization in Korea, India and Indonesia* (Washington, DC: The World Bank, 1992), pp. 33ff offers a good summary of Korea's industrial strategies. Alice Amsden, *Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization* (New York: Oxford University Press, 1989) is the standard account.
- 24) Huer, *op. cit.*, p. 147.
- 25) Mason *et al.*, *op. cit.*, pp. 200, 476-477.
- 26) Mason, *et al.*, *op. cit.*, p. 477.
- 27) Korea: *Managing the Industrial Transition. Vol. II. The Conduct of Industrial Policy* (Washington, DC: The World Bank, 1992), pp. 189-197.
- 28) Jinjoo Lee, "Contract Research and Its Utilization in a Developing Country: An Analysis of Factors Influencing the Transfer of Industrial Technology from Korea Institute of Science and Technology (KIST) to Its Clients", (Ph.D. diss., Northwestern University, 1975), p. 44.
- 29) Mason *et al.*, *op. cit.*, pp. 197ff.
- 30) Philip Boffey, "Korean Science Institute: A Model for Developing Nations?", *Science*, 167 (March 6, 1970).

- 31) Lee, *op. cit.*, pp. 26-29.
- 32) Final Report on Battelle's Assistance to the Korea Institute of Science and Technology, (Battelle Memorial Institute, June 30, 1971), pp. 1-2.
- 33) Boffey, *op. cit.* and Final Report on Battelle's Assistance to the Korea Institute for Science and Technology.
- 34) Boffey, *op. cit.*
- 35) Final Report on Battelle's Assistance, pp. 28-32.
- 36) *Ibid.*, pp. 15-18.
- 37) "Policy and Strategy for Science and Technology", (Ministry of Science and Technology, Republic of Korea, 1975), p. 40.
- 38) Final Report on Battelle's Assistance, Appendixes G and H.
- 39) Lee, *op. cit.*, p.65.
- 40) "Policy and Strategy for Science and Technology", p. 43.
- 41) Final Report on Battelle's Assistance, pp. 33-34.
- 42) "Policy and Strategy for Science and Technology", Ministry of Science and Technology, Republic of Korea, 1975, (Stanford University Archives, Terman Papers, SC 160, VI, 20/7).
- 43) Manuel Castells and Peter Hall, *Technopolies of the World: The Making of Twenty-first-century Industrial Complexes* (New York: Routledge, 1994), p. 57.
- 44) *Korea: Managing the Industrial Transition: The Conduct of Industrial Policy*, p. 24.
- 45) Frederick Terman, *et al.*, Survey Report on the Establishment of the Korea Advanced Institute of Science, (Washington, DC: USAID, December 1970), pp. 41-44 (Terman Papers, SC 160 X 3/3).
- 46) Robert Kargon, Stuart W. Leslie, and Erica Schoenberger, "Beyond Big Science: Science Regions and the Organization of Research and Development" in Peter Galison and Bruce Hevly (eds.) *Big Science: the Growth of Large-Scale Research* (Palo Alto: Stanford University Press, 1992).
- 47) Stuart W. Leslie and Robert Kargon, "Electronics and the Geography of Innovation", *History and Technology* (Summer, 1994); Robert Kargon and Stuart Leslie, "The Obsolescent University: Reconfiguring Science and Technology in Postwar America". (forthcoming)
- 49) Frederick Terman *et al.*, "Survey Report on the Establishment of the Korea Advanced Institute of Science", (Washington, DC: USAID, December 1970), pp. 24-26 (Terman Papers, SC 160 X 3/3).
- 50) "Report on the Establishment of the Korea Advanced Institute of Science", p. 7.
- 51) KunMo Chung and Frederick Terman, "Comments on Organization and Planning for Korea Advanced Institute of Science", (Washington, DC: USAID, January, 1971), p. 45. (Terman Papers, SC 160 X 3/4).
- 51) "Survey Report on the Establishment of the Korea Advanced Institute of Science", p. 6.
- 52) *Ibid.*, p. 9.
- 53) "Survey Report on the Establishment of the Korea Advanced Institute of Science", p. 54.
- 54) *World Bank Support for Industrialization in Korea, India and Indonesia* (Washington, DC: The World Bank, 1992), pp. 62-63.
- 55) *Ibid.*, p. 33.
- 56) *Korea: Managing the Industrial Transition: The Conduct of Industrial Policy*, p. 208. This World Bank study provides a comprehensive survey of the Korea electronics industry, pp. 189-217, from which the information for much of this section has been drawn.

LE TRANSFERT DU SAVOIR-FAIRE TECHNOLOGIQUE :

Les entreprises japonaises au Mexique

Arturo A. Lara Rivero
Universidad Autónoma de México (UAM),
Mexico (Mexique)

Introduction

Le but de cette communication est de présenter une réflexion sur le transfert des connaissances tacites (1) et du savoir-faire (*know-how*) depuis la société mère, dans ses usines du Japon, jusqu'au secteur électronique implanté au nord du Mexique.

Notre communication est divisée en deux sections. La première tentera d'expliquer l'importance du savoir-faire dans les entreprises réalisant des économies d'échelle, comme cela est le cas pour le secteur de la télévision. Dans la seconde section, nous explorerons quelques modalités selon lesquelles se transfère le savoir-faire issu des sociétés mères japonaises dans les entreprises manufacturières installées au Mexique. En particulier, nous identifierons les obstacles qui donnent à ce transfert de savoir-faire un coût quantitatif et qualitatif qu'il convient d'étudier (2).

Les entreprises

Depuis 1980 dans la ville de Tijuana (3) (Nord du Mexique), l'entreprise TV-D fabrique des récepteurs de télévision couleur à destination de sa propre usine installée en Illinois, pour le marché des États-Unis. Cette entreprise est formée de deux divisions, toutes deux implantées dans le nord du Mexique (État de Basse Californie du Nord, Tijuana). La première division produit des châssis de TV, des sous-ensembles et des ensembles finaux, le tout destiné aux États-Unis (4). La seconde division assemble des syntoniseurs de canaux destinés à l'Allemagne, à Hong-Kong et à la Corée. La première division a 1 413 employés dont 18 % sont des administratifs, 2,9 % des techniciens, et 79,1 % des ouvriers. La deuxième division comporte 654 employés ; dont 4,7 % sont des administratifs, 10,1 % des techniciens et 85,2 % des ouvriers.

L'entreprise TV-A, productrice de récepteurs couleur, a commencé à fonctionner au milieu des années 1980 dans le nord du Mexique (à Tijuana). Ses marchés sont les États-Unis, Puerto-Rico, le Canada, Hawaii et la Chine. En 1992, l'entreprise TV-A

employait 3938 personnes dont 25 % de personnel administratif, 5 % de techniciens et 70 % d'ouvriers.

Les entreprises TV-A et TV-D ont été retenues pour cette étude parce que toutes deux : 1) produisent des téléviseurs couleur (produits finis) ; 2) sont de capital à 100 % japonais ; 3) sont gérées par une direction japonaise ; 4) ont des procédés de travail fortement automatisés pour les sous-ensembles et les contrôles ; 5) étant localisées à Tijuana, elles se partagent le marché local du travail (mêmes éducations, expériences, âges et approches de l'organisation), et elles ont les mêmes relations intra- et inter-industries (économies externes). Des caractéristiques fondamentales communes permettent de les comparer.

Importance du transfert de savoir-faire dans des secteurs réalisant des économies d'échelle

Quel peut être l'enjeu d'une étude sur le transfert de savoir-faire à un niveau international et dans le secteur de la télévision ? D'une façon générale, le transfert et l'usage réel de nouvelles technologies requièrent des connaissances tacites qui, en tant que telles, ne sont pas incorporées aux équipements et qui ne peuvent pas se communiquer sous forme écrite. En second lieu, comme le signalent Pavitt et Dosi (1990), les connaissances tacites sont d'une importance majeure dans les secteurs caractérisés par leurs économies d'échelle (5).

Les raisons de cet importance du savoir-faire dans le secteur de la télévision sont bien exprimées par la nature du parcours technologique suivi par le secteur. Les traits les plus marquants en sont les suivants :

- 1) C'est un secteur très sensible aux prix, comme tous ceux produisant des biens de consommation techniquement avancés et durables ;
- 2) La complexité croissante du contexte (technologie, consommateurs, matériels, etc.) (6) et des entreprises (tailles, interdépendance matérielle, flux, logistique, etc.) fait que les avantages d'une entreprise par rapport à une autre résident dans les secrets de production, dans l'accumulation et l'appropriation du savoir-faire (7), les créneaux techniques, les patentes et l'apprentissage dynamique (8) ;
- 3) La source de la technologie des procédés est interne à la firme, la relation entre celui qui la procure et celui qui l'utilise s'établit à l'intérieur de la même entreprise ;
- 4) Ce sont de très grandes entreprises (9) qui luttent entre elles et qui innovent ;
- 5) La diversification technologique est importante, elle s'effectue de façon verticale (10).

Il faut souligner que les systèmes de production de téléviseurs sont très sensibles aux erreurs. Avec l'emploi croissant, dans les manufactures, de machines programmables dont le prix varie entre un demi et un million de dollars, et en raison aussi de l'incorporation croissante de circuits intégrés dans les téléviseurs, une défaillance dans les équipements ou une erreur humaine deviennent très coûteuses, par leurs conséquences néfastes sur le temps d'utilisation des équipements, des composants et des produits finaux. Dans cette perspective, les départements d'ingénierie et, en général, tous les travailleurs de la production, spécialement les opérateurs des machines reprogrammables, doivent être capables de contrôler les incidents par un entretien préven-

tif, et doivent aussi améliorer et corriger les procédés. Les groupes de travailleurs ont à affronter et à résoudre les « contingences » suivantes :

- a) Contingences qui surviennent au niveau des équipements, lors de discontinuités ou de blocages dans des processus d'automatisation adaptables ;
- b) Contingences, dramatiques pour la manufacture, que créent des niveaux de rotation élevés du personnel (12 % de rotation mensuelle, en moyenne, dans le secteur électronique), entraînant une variation dans le volume global et la composition individuelle de la force de travail ;
- c) Contingences provoquées par les modifications du milieu, en fonction des variations de conception des produits, du volume de la production, et du rythme du changement technologique ;
- d) Contingences associées à des modifications imprévisibles des formes d'organisation.
- e) Contingences trouvant leur origine au niveau des relations intersubjectives : i) entre les individus ; ii) entre les groupes de travail ; iii) entre les départements (11).

Les travailleurs doivent affronter ces « contingences » dans les conditions suivantes : hauts niveaux d'incertitude ; marges d'information réduites ; renseignements fiables peu nombreux ou non disponibles ; temps toujours limité, une pression s'exerçant pour que les groupes de travail choisissent rapidement et efficacement parmi les différentes options possibles et résolvent correctement les défaillances.

En résumé, la variabilité et la complexité du système et de son environnement, ainsi que la pression du temps, obligent les groupes de travail à élaborer des formules flexibles d'adaptation au changement, à développer l'esprit du travail en équipe, à partager connaissances et savoir-faire.

La façon la plus importante, sans être la seule, d'assurer la compétitivité dans les entreprises électroniques japonaises consiste à exploiter le savoir-faire du personnel d'exécution, pour diminuer les temps morts du fonctionnement des machines, pour augmenter la qualité et la productivité. Ainsi que nous l'avons noté par ailleurs (12), la compétitivité de niveau international des producteurs de télévision japonais a été obtenue par l'application de formes d'organisation assurant la production, l'accumulation et l'appropriation des connaissances, d'une façon efficace et souple.

Échange d'information et transfert du savoir-faire (know-how)

Le transfert de machines reprogrammables du Japon aux usines du Mexique, que l'on observe dans l'industrie électronique à la fin des années 1980 et au début des années 1990, exige l'élaboration de stratégies à haut niveau de sophistication technologique. Il faut en effet que ces machines soient adaptées, modifiées, et il est nécessaire d'obtenir que les équipes fonctionnent de façon efficace dans une ambiance différente de celle où se trouvait le matériel d'origine. Dans l'obtention de ce résultat, la manière dont les entreprises transfèrent et propagent les qualifications, d'une usine à l'autre, est essentielle.

Les entreprises japonaises ont transféré leur savoir-faire de la façon suivante :

- 1) Un personnel japonais et américain (permanent et temporaire) est transféré aux usines mexicaines ;

- 2) Des managers, ingénieurs et techniciens de fabrication sont envoyés au Japon pour formation ;
- 3) Le personnel de l'usine mexicaine est envoyé pour se former dans des entreprises japonaises installées aux États-Unis ;
- 4) Un personnel qualifié (managers, ingénieurs, techniciens et, dans une moindre mesure, superviseurs et ouvriers spécialisés) est envoyé dans des écoles de formation au Japon, pour assimiler les stratégies de formation et les formes d'organisation japonaises susceptibles d'être appliquées dans les usines mexicaines (13).

Les deux entreprises manufacturières japonaises du domaine électronique que nous avons étudiées en 1992 affirment, l'une et l'autre, que les formations destinées aux opérateurs feront peu de place à la maintenance. Seule une petite partie du personnel est chargée de tâches de maintenance (14). En 1992, une enquête sur 229 usines électroniques a montré que, en moyenne, 7,6 % du personnel seulement participaient « à la maintenance d'équipements et de machines destinées à l'électronique » (15). C'est à des conclusions semblables qu'est parvenu A. Hualde après deux enquêtes, l'une en 1993 sur 31 usines de manufacture électronique, l'autre en 1994 sur 52 autres usines du même secteur. Ses conclusions sont que les nouvelles techniques de travail, de recherche de la qualité et de la productivité « privilégient le comportement, l'attention, l'engagement des opérateurs, mais pas la complexité technique des opérations » (16).

Sous cet aspect, les entreprises japonaises localisées au Mexique apparaissent éloignées du modèle japonais (17). En effet, une pratique centrale de la stratégie d'apprentissage dans les entreprises japonaises implantées au Japon est d'engager tout opérateur d'une machine dans des tâches de maintenance de plus en plus complexes. Un opérateur au Japon doit connaître les interventions de maintenance, les surveiller et s'en charger. À mesure que le travailleur s'engage dans la maintenance de sa machine, il acquiert de plus grandes capacités de compréhension et surveillance des défaillances, et devient capable de les réparer. L'expérience japonaise montre que cet apprentissage est peu coûteux si l'opérateur s'engage quotidiennement et progressivement dans la maintenance.

La question se pose donc de savoir quelles sont les possibilités et les limitations rencontrées par les entreprises japonaises lors d'un transfert de connaissances tacites aux travailleurs de leurs usines établies au Mexique.

Pour étudier les problèmes auxquels sont confrontés les gestionnaires et les ingénieurs de la manufacture d'exportation pour structurer des dynamiques d'apprentissage de groupe, nous devons analyser la perception des personnes directement impliquées dans le processus de travail.

À propos de ce problème de « l'amélioration des processus de coopération », voici ce que dit un cadre chargé du contrôle de la qualité dans une manufacture :

« Nous, les Mexicains, sommes très proches des Américains en ceci que nous voulons tout suivre dans le détail. Par exemple, tu n'as pas le droit de regarder quoi que ce soit, sans avoir rempli un formulaire et reçu une autorisation signée. Ce système n'a rien de commode et on peut y perdre beaucoup. C'est là que le système japonais est gagnant. Quand se produit un incident, le Japonais ne pense

pas aux règlements, il réagit, et à la minute tout le monde sait ce qui se passe dans l'usine. Ici, nous croyons que cela ne marcherait pas. Au Japon, cela fonctionne parce que les gens l'ont fait ainsi toute leur vie, ils ont été programmés pour s'adapter, ils n'ont pas d'autre alternative que de s'adapter, et ils le savent depuis toujours. Ici, cette expérience nous manque, nous ne croyons pas qu'elle marcherait parce que nous manquons un peu de maturité sous cet aspect. Je crois que nous pourrions travailler comme au Japon, et peut-être mieux, en réalisant cette intégration, cette coopération mutuelle nécessaire, alors que nous pensons encore individuellement, chacun voulant gagner son trophée, sans partage. »

Il faut s'interroger sur les causes de cette situation, ou sur les éléments qui y contribuent. La question de la coopération se trouve au centre du processus d'apprentissage. Coopération pour que les travailleurs les plus expérimentés transmettent leurs connaissances aux moins expérimentés. Coopération pour que les opérateurs communiquent leurs expériences à leurs supérieurs. Coopération du personnel qualifié mexicain qui doit socialiser, dans la collectivité du travail, ce que lui apprend le personnel japonais et américain. « Coopération », voilà le mot clé, mais la coopération implique la confiance, elle suppose des conditions organisationnelles et économiques qui la stimulent. La coopération nous parle d'individus, et de leur volonté de contribuer, ou de résister, ou de se montrer indifférents aux propositions de l'entreprise. Un document de l'entreprise TV-D définit ainsi les principes de base de l'administration de l'entreprise :

« Chaque employé doit être sincère et doit coopérer avec les autres dans l'exécution de son travail. (...) Le progrès et le développement s'obtiennent seulement et uniquement par l'harmonie et la coopération de tous. » (18)

Dans les paragraphes suivants, nous présenterons quelques postures à partir desquelles chaque acteur construit des liaisons intersubjectives. Nous nous intéresserons aux formes de communication entre gestionnaires, ingénieurs (japonais, américains et mexicains) techniciens et opérateurs, sans perdre de vue que l'objet de notre étude est centré sur les zones de plus grande complexité technologique de la manufacture.

a) Gestionnaires et ingénieurs japonais

Le séjour relativement court (entre 3 et 5 ans) des Japonais dans le pays ne leur donne pas le temps de bien apprendre la langue. Cette limitation a un impact négatif sur le niveau d'établissement des flux de communication avec les autres membres de leur équipe de travail. L'apprentissage interactif s'en trouve affaibli.

Les détenteurs de la technologie des organisations venue du Japon sont en majeure partie des Japonais. Étant donné que la confiance, élément nécessaire pour partager de l'information, est précaire entre les employés japonais et mexicains, la situation convient mal au transfert du modèle organisationnel japonais au Mexique.

Certains ingénieurs signalent que les Japonais cherchent à assurer leur mobilité propre à l'intérieur de leur corporation. Ils sont plus motivés par leurs relations avec leurs supérieurs japonais, ou appartenant à leur corporation, que par les relations avec un personnel de rang hiérarchique inférieur et « natif » par surcroît. C'est ainsi que lors-

qu'il s'agit de décider et de traiter des informations importantes, ce sont régulièrement les Américains et les Japonais qui participent à la prise de décision.

Un témoignage de cette situation a été donné aussi lors d'un entretien effectué par Taddei y Robles (1992 : 36) avec un chef du personnel d'une manufacture d'électronique :

« Nous avons eu des problèmes parce que les Japonais se sentent très supérieurs ; ici, nous avons une direction japonaise très despotique, qui méprise toujours les gens (...). Les Japonais n'ont pas envie d'apprendre l'espagnol, ils ne restent que trois ans ici. (...) ils veulent tout traiter confidentiellement, ils sont très réservés. Ils ne nous laissent, à nous les gestionnaires mexicains, aucun pouvoir de commandement (...). L'information nous file entre les doigts. »

b) Ingénieurs et techniciens mexicains

Certains obstacles à l'établissement d'une logique collective de travail sont liés à la position assumée par des groupes bien définis d'ingénieurs et de techniciens qualifiés.

La rotation importante du personnel qualifié mexicain contribue à l'affaiblissement de la mémoire organisationnelle. Il est reconnu que l'une des causes principales de la rotation est l'attente d'un changement rapide et de meilleurs revenus. C'est ce que garantissent les entreprises organisées selon le modèle de Taylor et de Henry Ford, ou les entreprises américaines typiques, mais que les ingénieurs et techniciens mexicains ne trouvent pas dans l'entreprise japonaise.

Le personnel qualifié mexicain rechigne à accepter des conditions de travail propres au modèle japonais, mais étrangères au modèle américain. Par exemple, selon les Japonais, le lieu de travail où un ingénieur ou technicien doit passer la plus grande partie de son temps n'est pas son bureau, mais l'atelier lui-même. Ce sont des exigences que beaucoup d'ingénieurs ne sont pas disposés à accepter et qui font que le personnel qualifié mexicain tourne d'une entreprise à l'autre.

Un responsable du contrôle de la qualité, qui fut l'initiateur de l'organisation des « cercles de qualité » de son entreprise, signale que l'un des plus grands problèmes qu'il ait rencontré fut la résistance des ingénieurs et techniciens à modifier leur conception du pouvoir et de l'organisation du processus de travail, conception issue du modèle de Taylor et de Henry Ford.

Comment modifier des formes traditionnelles de travail, comment les remplacer par des formes d'organisation et d'apprentissage moins hiérarchisées et moins segmentées ? Comment se débarrasser d'une vieille vision tayloriste qui veut que l'objectif de l'administration soit de remplacer des procédés établis à vue d'œil par des systèmes scientifiques (Taylor 1983 : 31), et comment substituer à cette vision une stratégie qui intègre le savoir-faire des travailleurs ? De même, comment enlever au personnel qualifié l'idée que c'est à lui d'organiser le travail, sans compromis avec les opérateurs, et comment lui faire comprendre que l'organisation doit résulter du jeu coopératif entre tous les acteurs du processus de production ?

Les formes organisationnelles japonaises que l'on veut imposer à la manufacture tentent de donner une place centrale au savoir-faire de la force de travail. Certains

gestionnaires reconnaissent que la direction n'a pas la possibilité de s'approprier l'habileté et les connaissances tacites de la force de travail (si cette appropriation était possible, son coût serait infiniment élevé). Il est plus judicieux d'exploiter le savoir décentralisé, au niveau de chaque travailleur et de tous à la fois, par l'intermédiaire de groupes de travail (cercles de qualité, suggestions, etc.). Ce nouveau schéma implique que les ingénieurs et les techniciens doivent partager le pouvoir et limiter leurs décisions discrétionnaires, par exemple ne plus choisir librement ou imposer la meilleure manière de travailler, ou ne plus avoir l'exclusivité de la programmation. Certains ingénieurs se trouvent en condition d'être des subalternes du personnel japonais. On veut de plus leur imposer l'établissement de relations horizontales avec les travailleurs, et le partage de leur pouvoir. Il est naturel qu'ils résistent à la dynamique des groupes de travail.

En ce qui concerne les débuts de l'organisation des groupes de travail, un gestionnaire faisait remarquer ceci :

« Malheureusement, il y a eu des gens de niveaux différents, techniciens, superviseurs, ingénieurs qualifiés qui, de façon inattendue, résistèrent au changement. Ils modifièrent par la suite leur attitude, après avoir vu les premiers résultats. Quelques personnes cependant ne voulurent jamais accepter (la dynamique des groupes de travail) et durent se trouver une autre entreprise. »

En l'absence de syndicats et de réglementation formelle des postes de travail, l'ingénieur ou le technicien lié directement au processus du travail est responsable de la construction (ou de l'absence) de formes horizontales de communication et de formes coopératives d'interactions. Sa position stratégique s'explique par ceci :

- a) son rôle de courroie de transmission entre gestionnaires, ingénieurs japonais et personnel mexicain ;
- b) sa position élevée dans la hiérarchie du savoir scientifique et technique au sein de l'usine ;
- c) sa position dans la hiérarchie des postes qui lui confère le pouvoir, et virtuellement le monopole, de déterminer les formes et les stratégies de la qualification dans le travail. C'est pour ces raisons que son horizon idéologique reste imprégné des principes de Taylor et de Ford, et cela explique une partie de sa résistance à la mise en place de formes coopératives de travail.

La perception que les ingénieurs et techniciens ont des opérateurs a des effets déterminants sur les formes d'organisation de l'entreprise. En adéquation avec les présupposés de l'idéologie tayloriste sur la nature humaine – chaque individu est un *homo economicus* –, le personnel qualifié tend à construire des images stéréotypées des ouvriers mexicains qui présupposent, dès le départ, qu'il sera impossible de modifier la nature profonde de ces ouvriers. Bien entendu, les résultats finissent souvent par leur donner raison, leur préjugé étant biaisé à l'évidence. Ces présupposés sur la nature humaine conduisent à un jugement circulaire.

c) Les ouvriers

Du point de vue des gestionnaires, plusieurs éléments peuvent expliquer la faiblesse des formes de coopération au niveau des opérateurs. Mentionnons d'abord l'inexpé-

rience relative et la faible qualification des travailleurs, ces caractères étant liés à leur âge moyen (de 18 à 20 ans) et à leur peu de scolarité (8 ans d'école). A cela s'ajoute un problème d'identité, les ouvriers s'identifiant beaucoup plus à leur catégorie socio-professionnelle qu'à la firme dans laquelle ils travaillent.

« Notre ouvrier », affirme un gestionnaire, est beaucoup plus fier de dire « je travaille à la ligne de production... » (indication du poste et de la qualification) que de dire « je travaille pour la firme... » (TV-D ou TV-A, par exemple).

L'instabilité, la rotation des travailleurs affecte sensiblement le fonctionnement des entreprises, surtout celui des entreprises à haut niveau de connaissances et capital important, comme celles du secteur électronique qui doivent se conformer à des standards de qualité rigoureux.

Pour manipuler des machines complexes, comme celles réalisant les insertions automatiques dans l'industrie électronique, un minimum de trois années est requis pour l'apprentissage et l'habilitation au travail. Un opérateur ou un superviseur qui se retire crée donc un problème sérieux, pour plusieurs raisons :

- 1) Le bénéfice du capital humain dans lequel l'entreprise a investi est perdu ;
- 2) Un certain savoir-faire est perdu pour l'entreprise et se transmet à une autre (19) ;
- 3) Il se produit un déséquilibre dans la structure des postes de travail et des tâches ;
- 4) L'intégration et la communication entre groupes de travail sont déstabilisées et fragilisées ;
- 5) Dans l'ensemble, les niveaux de la qualité, de l'efficacité et de la productivité de l'usine sont affectés.

La rotation du personnel se répercute négativement sur les niveaux de qualité des procédés et des produits.

« Un point important qui influe sur la qualité est la rotation locale, dit le responsable de la qualité dans l'entreprise TV-D. Il est difficile de créer une zone d'expertise dans notre travail à cause de ce taux de rotation. »

Le responsable des relations industrielles de l'usine TV-D ajoute ceci :

« Nous n'obtiendrons jamais un niveau de coopération stable dans la compagnie, si l'indice de rotation ne descend pas à 1 % environ. »

L'instabilité des travailleurs exerce une pression sur les entreprises et les pousse à établir des programmes de qualification « croisés » avec l'objectif de créer des travailleurs polyvalents. « Nous essayons toujours d'avoir au moins deux personnes capables de faire le même travail. Mais ce type de gestion doit être encore développé. C'est un des buts des gestionnaires. »

Pour faire face à la rotation des ouvriers des machines robotisées, les entreprises essayent d'avoir au moins trois jours de stock pour éviter la paralysie des chaînes d'assemblage. Pour stabiliser les niveaux de qualité et de productivité, les usines du secteur électronique tentent de s'assurer le soutien technique et l'approvisionnement des usines de Californie. Ce rapprochement ne dispense pas les entreprises de l'obligation d'établir des mécanismes de stabilisation de la force de travail au sein de la manufacture, en élaborant un système salarial et un plan de carrière (20) pour attirer et retenir les employés. Organiser un système hiérarchique, des incitations, des apprentissages

dans des usines qui deviennent sans cesse plus grandes, plus complexes et plus changeantes exige une adaptation continue de l'entreprise.

Il est devenu nécessaire, pour les manufactures, de retenir les travailleurs depuis les moins qualifiés des secteurs d'assemblage manuel jusqu'aux travailleurs des secteurs impliquant de gros investissements (insertions automatisées et tests fonctionnels). Le degré de vulnérabilité de l'entreprise n'est bien entendu pas le même lorsqu'elle perd un assembleur d'une ligne de montage, ou un superviseur ou un technicien électronique. La qualité et la fiabilité du matériel électronique produit étant essentielles, les entreprises doivent s'assurer que chacune des opérations, manuelles et automatisées, est réalisée en parfaite conformité avec les normes (21).

Les niveaux élevés de rotation (de 8 à 12 % mensuellement dans les entreprises étudiées (22) bloquent la formation de liaisons de communication stables, affaiblissent la mémoire organisationnelle ainsi que l'accumulation d'expériences, le tout se répercutant négativement sur les processus d'apprentissage.

Les caractéristiques du marché interne du travail dans la manufacture se conjuguent avec l'inexistence de syndicats, le peu de stabilité de l'emploi, la variabilité des salaires et leur concurrence, l'instabilité du besoin en personnel, ceci ayant pour résultat de créer chez les travailleurs les plus expérimentés et les plus qualifiés une tendance à refuser de socialiser leurs savoirs. Cette conduite paraît « rationnelle » à un travailleur qui pense se faire un concurrent sérieux sur le marché interne du travail s'il l'aide à se qualifier. C'est ainsi qu'un marché du travail concurrentiel et instable au sein de la manufacture conduit à des stratégies « opportunistes », individuelles, du point de vue de l'entreprise (23). L'individualisme se traduit dans certains cas par une attitude apathique, et dans d'autres cas par une résistance aux règles du jeu coopératif.

L'attitude des opérateurs affecte le cœur même de l'apprentissage du travail, cet apprentissage supposant que les travailleurs transmettent leur savoir-faire et leur expérience aux moins expérimentés. Les employés les plus anciens ayant une position stratégique dans le processus de travail tendent à élaborer des stratégies du « petit nombre ». D'une part, ils négocient pour eux-mêmes des avantages salariaux avec la direction, et d'autre part, en conservant le monopole de leur savoir-faire, ils tentent de s'assurer une plus grande stabilité d'emploi. Le résultat est une faible diffusion du savoir-faire au sein de l'entreprise.

Conclusion

Après la mise en évidence, par l'étude de deux entreprises, de la segmentation des flux d'information et de la logique du « petit nombre », se pose la question de savoir comment peuvent s'évaluer les processus de transfert de savoir-faire depuis les firmes japonaises vers les usines japonaises situées dans le nord du Mexique.

Les obstacles entravant la circulation fluide de l'expérience du travail, les attitudes prises par les acteurs (pour des raisons de mobilité, de salaire, de pouvoir, de pré-supposés idéologiques, de jeux opportunistes), nous conduisent à caractériser la situation de la manière suivante :

- 1) L'entreprise, considérée comme un tout, gaspille son patrimoine de connaissances, en particulier les connaissances tacites, ou savoir-faire, de ses travailleurs.

- 2) Elle perd aussi des possibilités d'amplifier ses connaissances par l'intermédiaire d'un apprentissage interactif ; les groupes sont la source la plus importante du développement des innovations.
- 3) Du fait que les ingénieurs japonais sont les vecteurs du transfert de la technologie (savoir-faire, et organisation) du système japonais, les barrières qui se forment dans les processus de communication affectent autant les travailleurs mexicains que japonais, les uns et les autres perdant des possibilités de recueillir des savoirs tacites disséminés parmi l'ensemble des travailleurs de l'usine.
- 4) En raison de la hiérarchisation des postes de travail, de la densité et complexité de l'information associée à cette hiérarchie, on peut remarquer que ce sont les ouvriers qui sont les plus touchés, parce qu'ils sont privés de possibilités d'apprentissage et qu'ils se trouvent dans l'incapacité de se convertir en acteurs actifs du processus de modernisation et de changement technologique.

Traduit par Sébastien Mollet



NOTES

- 1) Par « connaissances tacites » nous entendons désigner les connaissances dérivées de la pratique et orientées vers l'action. Leur accumulation, par une personne ou par un groupe de travail, a de profondes implications sur le changement technologique et sur l'activité économique. Nous caractériserons les connaissances tacites en disant qu'elles sont idiosyncratiques, informelles, et seulement partiellement codifiables. Cf. Arcangeli Fabio (1993), « Local and Global features of the learning process » in : Marc Humbert (éd.) *The Impact of Globalisation on Europe's Firms and Industries*, Pinter Publishers, London. Cf. Williamson O. & al. (1975) « La relación de empleo: El análisis del intercambio idiosincrático », in : *El Mercado del trabajo: Teorías e implicaciones*, Luis Toharia (Comp.), Alianza Editorial, 1983, Madrid.
- 2) Cf. Arrow K. (1969), « Classificatory Notes on the Production and Transmission of Technological Knowledge », *American Economic Review; Papers and Proceedings*, Vol. 52 (May), pp. 29-35; Cf. Teece D. (1976) *The Multination Corporation and the Resource Cost of International Technology Transfert*. Cambridge : Ballinger ; Cf. Teece D. « Technology Transfert by Multinational Firms : The Resource Cost of Transferring Technological Know-How », *The Economic Journal*, 87 (June 1977), pp. 242-261 ; Cf. Freeman C. (1965) « Research and Development in Electronic Capital Goods », *National Institute Economic Review*, n° 34, Vol. 34 (November) ; Cf. Mansfield E. (1974), « Technology and Technical Change » in : *Economic Analysis and Multinational Enterprises* (ed. J. Dunning). London : Allen and Unwin.
- 3) Cette ville a connu plus de 20 années d'industrialisation accélérée.
- 4) Nous n'étudierons ici que cette première division.
- 5) Cf. Pavitt (1984), « Sectoral Patterns of Technical Change : Toward a Taxonomy and a Theory », *Research Policy*, Vol. 13, n° 6.
- 6) Les tendances les plus remarquables sont celles-ci. 1) Les producteurs occupant la frontière technologique avancée du secteur de la télévision étaient peu automatisés au départ, mais sont passés à un niveau d'automatisation de 65 % en 1977, 90 % en 1983 et 100 % en 1987. 2) Une conséquence a été de réduire les heures de travail direct, par produit, de 8,8 en 1965 à 1,6 en 1977 et 0,4 en 1987. Cf. Bartlett C. & Ghoshal S. (1992), *Transnational Management: Text, Cases, and Readings in Cross-Border Management*, Irwin, Boston, M.A.
- 7) La source fondamentale des innovations de la production est assurée par les travailleurs se trouvant impliqués par le maniement des machines, c'est-à-dire les techniciens, superviseurs, personnel de maintenance du matériel, ouvriers spécialisés et opérateurs en général. Les connaissances tacites sont disséminées parmi cette collectivité de travail.
- 8) Diverses études sur la compétitivité internationale dans le secteur de la télévision montrent qu'il est essentiel de faire avancer les apprentissages lorsque s'accroissent les niveaux de production au cours du temps. Cf. Chen J. (éd.) *Pacific Partnership: United States-Japan Trade: Prospects and Recommendations for the Seventies*, Lexington Books, Lexington, Mass., 1972. Cf. Lara Rivero (1994) « Competitividad y aprendizaje tecnológico en el sector de la electrónica de consumo » in : *Comercio Exterior*, Vol. 44, n° 9, Septiembre 1994, México.
- 9) En 1987, 76 % de la production mondiale de téléviseurs couleur se trouvaient entre les mains de 11 entreprises : 6 japonaises, 3 européennes, 1 nord-américaine et 1 coréenne. Cf. Humbert & Perrault (1991) *La globalisation de l'industrie électronique*, GERDIC-Centre de développement. Rapport final. Université de Rennes I, France. A propos d'économies d'échelle, au début des années 1990, les entreprises Matsushita et Sony produisaient chacune plus de 12 millions de téléviseurs à l'année.
- 10) Les entreprises japonaises tout particulièrement, et même les européennes, sont des entreprises à production multiple. En plus de la fabrication des machines reprogrammables, des robots et machines de transfert, elles produisent les circuits intégrés et l'ensemble des composants les plus complexes des téléviseurs. Cf. Bartlett C. (1992) ; Cf. Masud Y. & Steinmuller W. (1981), « The Role of Vertical Integration in the US and Japanese Semiconductor Industries », Draft Paper, US-Japan relations Group, Stanford University.

- 11) Cf. Arturo A. Lara Rivero (1994), « Capacitación en el trabajo en dos empresas maquiladoras » in : *Continuidades y discontinuidades de la capacitación* (Comp.) D. Villavicencio Ed., Fundación Friedrich Ebert, Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- 12) Cf. Arturo A. Lara Rivero (1994), « Competitividad y aprendizaje tecnológico en el sector de la electrónica de consumo » in : *Comercio Exterior*, Vol. 44, n° 9, Septiembre 1994, México. Cf. Villavicencio D., Lara R., Martínez A. (1995) « Aprendiendo a fabricar televisiones como en Japón », in : *Japan Inc en México*, Coord. Jordi Michel (sous presses, Universidad Autónoma, México).
- 13) Il faut signaler que les procédés de qualification dans les usines japonaises sont définis en détail et systématisés par les départements de formation situés dans les usines-mères, de façon à ce que soit suivie une stratégie globale de formation. Le personnel mexicain doit étudier, assimiler et appliquer de façon créative les directives et les techniques de travail.
- 14) Cf. Arturo A. Lara Rivero (1994 b) *Cambio tecnológico y demanda cualitativa de fuerza de trabajo en la maquiladora electrónica*. Thèse de Doctorat, CEDDU, El Colegio de México.
- 15) Cf. Carrillo Jorge (coordinateur) (1993), Rapport « Mercados de trabajo en la industria maquiladora de exportación », STYPS-COLEF, México.
- 16) Hualde Alfredo (1994), « Capacitación y calificación en la maquiladora fronteriza : Un ensayo de evaluación », (mimeo), El Colegio de la Frontera Norte, México.
- 17) Cette observation concorde avec les conclusions du groupe de recherche dirigé par Hiroshi Kumon sur le peu de participation des opérateurs aux tâches de maintenance dans les nouvelles entreprises japonaises fabriquant des téléviseurs sur le territoire des États-Unis. Cf. Abo Tetsuo (éd.) (1994) *Híbrid Factory : The Japanese Production System in the United States*, Oxford University Press, 1994, USA.
- 18) C'est l'auteur qui souligne.
- 19) Pour l'entreprise, le départ d'un travailleur qualifié et son engagement par une firme rivale peut signifier un transfert d'expérience et de connaissance. Pour construire des barrières contre la concurrence et pour se protéger, l'entreprise doit garder une partie essentielle de sa force de travail, puisqu'il est impossible d'obtenir brevets ou patentes pour toute l'expérience ou la connaissance acquise.
- 20) Dans l'usine TV-D, les plans de carrière du début s'inspiraient du modèle japonais. Les entreprises comprenaient 5 niveaux, ou catégories, de travailleurs. Avec le temps, elles augmentèrent jusqu'à 9 le nombre des catégories, chacune d'elles ayant deux ou même trois sous-catégories. Comme le disait un gestionnaire des ressources humaines de cette entreprise, « le schéma était japonais, mais les catégories s'établirent par la pratique ».
- 21) Si, par exemple, un travailleur n'assemble pas correctement un semi-conducteur, le produit final ne fonctionnera pas bien, ce qui conduira à une perte de temps et d'argent pour réparer l'erreur. Les conséquences sont plus graves encore si le produit est vendu avec des déficiences.
- 22) Pour 1989, la moyenne mensuelle de la rotation a été de 12,2 % à Tijuana (Mexique), et de 3,7 % à Monterey (USA). Parmi les 222 industries manufacturières, le taux mensuel moyen de rotation est de 6 à 10 % pour 37,8 % d'entre elles, et de 11 % pour 35,6 %. Cf. Carrillo Jorge (cord.) (1993), *Mercados de trabajo en la industria maquiladora de exportación*. Ed. El Colegio de la Frontera Norte - Secretaría del Trabajo y Previsión Social. México D.F.
- 23) Ce problème y a été étudié par les théoriciens du « coût de la transaction ». Nous définissons les tendances « individualistes » ou « opportunistes » des travailleurs en premier lieu à partir des conditions spécifiques du marché du travail, et en second lieu dans la perspective tayloriste mise en évidence par les entretiens approfondis effectués avec un groupe de travailleurs des usines TV-A et TV-D. Soulignons que nous construisons la notion d'« individualisme », non dans une perspective anthropologique, sociologique ou culturelle, mais dans le domaine économique. Pour une définition de caractère économique de l'individualisme et de la logique du « petit nombre », voir Williamson O. (1985) *Markets and Hierarchies*, New-York : Free Press ; Williamson O. & al. (1975) « La relación de empleo : El análisis del intercambio idiosincrático », in : *El mercado de trabajo : Teorías e implicaciones*, Luis Toharia (Comp.), Alianza Editorial, 1983, Madrid.

TABLE RONDE

Femmes, science,
technologie et développement

TABLE RONDE

Femmes, science, technologie et développement

Président de la séance

Geoffrey Oldham

Science and Technology Advisor, IDRC, Ottawa-Canada

Participants

Yamina Bettahar

professeur à l'Université d'Alger

Jeanne Bisilliat

Institut français de recherche scientifique
pour le développement en coopération

Lawrence Bush

Université de l'État du Michigan, États-Unis

Corinne Cécilia

Anthropologue

Renée Clair

membre de la délégation française à l'Unesco

Suzanne El Kenz

Tunisie

Sandra Harding

Université du Delaware, États-Unis

Maria Margaret Lopes

Université de Campinas au Brésil

Betsy MacGregor

CRDI, Ottawa-Canada

Béatrice Ruivo

Junta Nacional de Investigaçao Cientifica, Lisbonne

Thérèse Tréfeu

Orstom, Paris

Geoffrey Oldham — Nous avons deux heures pour présenter et discuter la version préparatoire d'un rapport des Nations Unies, proposé par la Commission des sciences et techniques au service du développement et consacré aux incidences pour les femmes à travers le monde du développement scientifique.

La question posée dans ce rapport n'a pas été celle du rôle des femmes dans le développement et notamment dans celui des sciences et des techniques. La préoccupation de notre commission aux Nations Unies était différente. Notre intérêt s'est attaché à la différence d'impact des applications scientifiques et techniques sur la vie des hommes ou des femmes.

De plus, cette table ronde n'a pas tout à fait le même statut que les autres. Elle est conçue comme un maillon, au sein du processus d'études, de consultations et de débats qui doit conduire à la réalisation de la version finale du rapport présenté, au nom de la Commission, tout d'abord à la Conférence mondiale sur la femme à Pékin en septembre 1995, puis au Conseil économique et social des Nations Unies. C'est pourquoi, les idées comme les faits et données chiffrées qui pourraient être aujourd'hui versés au débat viendront nourrir ce processus, avec une chance d'entrer dans le rapport final et d'influer sur les recommandations faites aux gouvernements comme aux Nations Unies.

Aussi dois-je en dire un peu plus sur l'élaboration de ce rapport et sur son contexte. Chose étrange, la première de ses commissions permanentes, constituée par les Nations Unies, date de 1946 ou de 1947 : elle a trait au statut des femmes. Celle qui est ici en cause est la toute dernière : elle date de l'an dernier et se rapporte au développement scientifique et technique au service du développement. Une fois son instauration décidée, 53 gouvernements y ont désigné leurs mandants : commissaires ou chefs de délégation. Le rôle de la commission est d'instruire un petit nombre de sujets dans son domaine et de préparer pour les gouvernements des recommandations argumentées ; la commission doit aussi évaluer l'action sur ce point des organismes relevant des Nations Unies et proposer au Conseil économique et social (Ecasud) une amélioration de ses activités et de leur coordination. La Commission dont nous parlons est la principale conseillère des Nations Unies dans son domaine : celui des sciences et de la technologie. Elle ne se réunit en plénière que tous les deux ans. Durant l'intersession, elle a décidé d'entretenir de petits groupes de travail, composés de commissaires et chargés de diriger les recherches, puis de préparer un projet de synthèse et recommandations à soumettre à la Commission, sur tel ou tel des sujets prévus au prochain ordre du jour. C'est un mode de fonctionnement sensiblement différent de celui de la plupart des autres commissions, qui confient généralement à leur seul secrétariat le soin d'établir les documents préparatoires, livrés au dernier moment à la Commission ou à ses conseillers (experts), qui n'ont plus qu'à les avaliser ou à les rejeter, mais qui ne s'en sont pas appropriés les idées et qui ne se sentent donc pas très responsables pour œuvrer à leur mise en œuvre. Le nouveau processus, impliquant les commissaires à chaque étape et dès le stade de l'analyse, devrait inverser cette tendance.

Dès sa première session, l'an dernier, notre Commission a décidé de sélectionner ses thèmes de travail en fonction des sujets qu'aborderaient deux ans plus tard, les grandes conférences des Nations Unies. En 1995, il y aura deux conférences majeures : le Sommet social de Copenhague (et la commission s'est facilement résolue à former

un groupe de travail sur « technosciences et besoins élémentaires »), l'autre grand événement sera la quatrième Conférence mondiale les « Femmes et le développement » à Pékin. La Commission s'est beaucoup plus difficilement persuadée qu'il fallait mettre en place un groupe de travail sur les sciences et techniques et la condition féminine, mais elle s'est finalement résolue ; et c'est là l'un des trois thèmes de travail finalement retenus. Les commissaires se sont répartis à leur gré dans les trois groupes de travail, et il y a eu neuf volontaires pour constituer celui concernant la science et la condition féminine. Constitué des représentants du Burundi, du Canada, de la Chine, du Costa Rica, des Pays-Bas, de la Roumanie, du Royaume-Uni, de l'Arabie Saoudite et de la Tanzanie, ce groupe offre une bonne représentation de la planète avec une participation du monde en développement, satisfaisante. Voilà donc une heureuse réplique à la critique faite à la constitution d'un tel groupe de travail, à savoir qu'il venait du Nord et que le sujet pouvait intéresser les Européens, mais qu'il n'était pas de grand intérêt aux yeux du Sud.

La première réunion du groupe de travail a eu lieu en décembre 1993 et j'y fus élu président. Pourquoi pas une femme ? Parce que, sur 53 pays, 51 ont désigné pour commissaire un homme, et les deux seules femmes qui se sont portées volontaires pour ce titres l'ont été pour d'autres groupes de travail que celui-ci. Il nous a donc fallu reconnaître que si pénétrantes fussent nos analyses et si pertinentes nos recommandations, tout rapport que nous produirions – nous autres, groupe évidemment masculin – n'aurait aucune légitimité aux yeux de la moitié (féminine) du monde. Notre première décision fut donc de nous adjoindre, en nombre égal à celui des commissaires, huit femmes conseillères, représentatives de ces diverses régions du monde, expertes sur les questions de l'incidence des développements techno-scientifiques sur les conditions de vie des femmes, mais aussi pour plusieurs d'entre elles politiquement expérimentées, capables de relier recherche académique et décision politique. Bien qu'elles aient légalement le statut de conseillères, elles sont membres à part entière du groupe et de ses travaux, et signeront le rapport final à l'égal des commissaires. De même, nous avons fait appel à 16 expertes mondiales sur les facettes diverses du sujet : énergie, environnement, agriculture, emploi, industrie, savoirs locaux... et nous leurs avons commandé une revue critique des enjeux liés à chacun de ces thèmes. Finalement, un groupe d'une trentaine de personnes dont trois quarts de femmes est au travail. Celles-ci s'appuient d'ailleurs sur une communauté féminine bien plus vaste, car elles participent pour la plupart à de vastes réseaux et à des fédérations d'ONG.

Nous avons aussi dû trouver les financements nécessaires pour permettre à un si large groupe de tenir ses quatre ou cinq réunions plénières et pour financer les études de base. Les Nations Unies n'ont pas les moyens d'assurer ce nouveau style de travail. Il a fallu trouver à l'extérieur les trois quarts du million de dollars nécessaire pour faire fonctionner sérieusement et démocratiquement ce processus. Le Dr Vodenberg a été d'un grand secours pour convaincre le gouvernement néerlandais de fournir près de la moitié des ressources nécessaires, mais nous avons aussi reçu des appuis de la Suède, des États-Unis et du Canada, de la part d'institutions publiques, d'ONG, de fondations, voire de personnes privées désireuses de soutenir l'entreprise.

Neuf mois passionnants se sont écoulés au cours desquels j'en ai pour ma part

appris plus que je n'eusse pu en rêver. Où en sommes nous ? Nous avons eu trois réunions plénières et, lors de la dernière, il y a quelques semaines au Costa Rica, nous avons discuté 11 des 16 rapports sectoriels commandités. Ils sont en cours de révision et nous en ferons un livre qui devrait être publié en mars prochain. Nous avons pris contact avec le secrétariat qui prépare la conférence de Pékin et nous intervenons dans les commissions spécialisées. Notre rapport y sera présenté en bonne place et nous avons espoir de peser sur la plate-forme d'actions qui sera proposée. Notre tâche majeure est maintenant de produire un rapport de synthèse de 24 pages (le maximum autorisé) constitué de recommandations politiques faites aux gouvernements et aux Nations Unies. Il me reste à présenter comment nous envisageons de le structurer.

Nous ferons place à un sujet que presque tous les gouvernements et toutes les conférences internationales préoccupés par la question abordent : la place des femmes dans la production de sciences et de techniques nouvelles. Nous avons rassemblé autant de données que possible sur trois points : l'éducation des filles, la carrière des femmes dans les secteurs scientifiques et techniques et la place des femmes dans la définition des politiques scientifiques et technologiques. Nous avons essayé de caractériser les obstacles à l'amélioration de la situation dans ces trois domaines. Nous avons tenu compte des variations culturelles à ce sujet. Nous voudrions étayer ainsi quelques recommandations. Mais, c'est un sentier battu : beaucoup s'en sont déjà préoccupés ; de nombreuses données existent. C'est cependant encore insuffisant au regard des besoins en la matière. Notre démarche n'apporte pourtant rien là de bien original.

Nous avons également porté attention à une autre dimension, le caractère « mâle » du développement. Pour simplifier, dans la plupart des pays en développement, tout particulièrement dans les zones rurales ou/et les plus pauvres, les tâches dévolues aux hommes et aux femmes diffèrent non seulement dans leurs travaux, mais aussi dans leurs responsabilités domestiques. Sur les femmes repose l'essentiel des charges domestiques, sans compter les soins aux enfants et aux vieillards. Cette différenciation des sexes recoupe tous les problèmes de développement – nous parlons ici de développement humain durable. Dans le domaine des développements techniques, nous sommes ainsi guidés vers un certain nombre d'observations et peut-être de propositions généralisables. Nous n'en avons pas établi la preuve, mais pointé les symptômes. En voici quelques-unes. Le changement technique semble profiter plus aux tâches masculines que féminines. Par ailleurs, il n'est pas en tout point bénéfique et nous avons ressenti ses méfaits plutôt sur les conditions de vie et de travail des femmes que sur celles des hommes. De plus, les priorités de recherche et la conception des transferts de technologie ont tendancielllement moins pris en compte les besoins et les aspirations des femmes, particulièrement dans les campagnes. Enfin, quatrième et dernière proposition : l'accès aux savoirs techniques paraît moins ouvert aux femmes qu'aux hommes.

Pour l'instant, nous n'avons pas de preuve : nous n'avons que des illustrations mais suffisantes pour que ces quatre propositions soient considérées. Quoiqu'il en soit, le fait même d'attirer l'attention sur le possible caractère « mâle » du développement devrait alerter les décideurs et permettre que dans les projets politiques à venir, des

mesures appropriées garantissent la prise en compte équitable des besoins et des aspirations des femmes comme ceux des hommes. Il nous revient maintenant de condenser sur ces bases nos recommandations aux Nations Unies et aux gouvernements.

En ce qui concerne la pratique des Nations Unies que nous avons à évaluer, la tâche ne sera pas trop difficile. Nous avons identifié (avec l'aide précieuse de l'Unifam) trois domaines où des mesures doivent être prises. En premier lieu, l'emploi de professionnelles par les agences des Nations Unies (nous en avons examinées 24) est faible. Toutefois si leurs conseils ou leurs directoires se fixent des objectifs – en ce domaine comme en d'autres – les résultats suivront dans le sens d'une répartition plus équitable des postes. Les délégations nationales et les conseils d'administration dans chaque agence ont donc ici des responsabilités majeures à prendre. En second lieu, dans beaucoup d'agences existent d'un côté des groupes et programmes d'action sur le développement des femmes, de l'autre sur le développement des sciences et techniques. Ceux-ci sont cependant étanches les uns aux autres, chacun manifestant le plus grand désintérêt pour les travaux de l'autre et la plus grande méconnaissance de leurs enjeux. Notre seconde recommandation sera d'améliorer l'interaction entre ces différents groupes. Je passe sur la troisième recommandation relative à la coordination des agences.

Et je viens au deuxième grand chapitre de recommandations : celles aux gouvernements. Ces gouvernements et leurs nations sont extrêmement variés, les situations très différentes – parfois au sein d'un même pays. Il faudrait des centaines de recommandations pour en couvrir la diversité. Et l'on sait en ce cas ce qu'en font les gouvernements : ils les ignorent. Seules quelques recommandations en tout petit nombre ont une chance d'avoir de l'effet. Nous sommes un peu dans l'impasse et nous cherchons à réduire les problèmes à l'essentiel. Que voulons nous que les gouvernements fassent d'une autre manière que par le passé ? Nous en sommes venus à élaborer ce que nous appelons une « déclaration d'intentions ». Nous souhaiterions que tous les gouvernements s'y rallient. Ce socle minimal est constitué de quatre incitations (une cinquième existe à l'intention des pays disposant de riches savoirs indigènes). Betsy MacGregor va vous les exposer afin que vous sachiez où nous en sommes.

Betsy MacGregor — Il s'agit d'une « déclaration d'intentions » concernant la science et les techniques mises au service d'un développement humain durable. En voici la teneur.

Tous les gouvernements s'engagent à œuvrer pour réaliser les buts suivants :

- 1) Parvenir à une répartition équitable entre hommes et femmes des postes et carrières au sein des instituts producteurs de sciences et de techniques comme au sein des instances chargées de leur tutelle.
- 2) Faire en sorte que les besoins et les aspirations des femmes autant que des hommes soient pris en compte dans la définition des priorités de recherche comme dans la conception de nouvelles technologies, leur transfert et leur mise en œuvre.
- 3) Faire en sorte que l'éducation scientifique des filles et des femmes soit poussée au même niveau que celle des garçons et des hommes afin que les uns et les autres soient capables de décider en connaissance de cause des bienfaits qu'ils peuvent retirer dans leur vie quotidienne d'un développement des sciences et des techniques.

Faire en sorte qu'autant de filles que de garçons bénéficient d'une formation supérieure scientifique et technique qui les qualifie à devenir techniciens, ingénieurs et chercheurs scientifiques.

- 4) Faire en sorte que toutes les femmes, à l'égal des hommes, accèdent au savoir et aux informations y compris scientifiques et techniques qu'il leur faut pour améliorer leur qualité et leur niveau de vie.
- 5) Aux pays qui abritent encore de riches systèmes de savoirs locaux traditionnels, nous proposons enfin ce cinquième objectif : prendre des mesures pour que tout projet de développement et tout programme d'action à la base incorporent et valorisent ces systèmes locaux notamment les savoirs féminins, et promeuvent vigoureusement tous les alliages heureux des systèmes de connaissance traditionnels et modernes.

Geoffrey Oldham — Voilà où nous en sommes. Notre intention est pour le moment de ne formuler que deux recommandations aux gouvernements : celle tout d'abord de souscrire à la précédente « déclaration d'intentions » et celle d'instituer sa propre commission ou groupe de travail pour proposer les mesures appropriées de mise en œuvre : le groupe étant constitué de personnes y ayant des intérêts (de femmes aussi bien que d'hommes) qui rendront dans un temps défini leur rapport sur les chemins de réalisation adaptés à chaque pays.

Comme vous le présentez, nos propositions ne sont pas totalement arrêtées. Nous aimerions ici recueillir votre avis sur le fait que nous touchons bien aux points essentiels. Pour commencer, je voudrais donner d'abord la parole aux invitées de la table ronde et leur demander quatre choses :

- 1) Tout d'abord, leur commentaire d'ensemble sur le brouillon de la synthèse que nous leur avons remis hier dans un état si préliminaire que nous n'avons pas pu le distribuer à l'ensemble de cette salle. Nos invitées ont cependant pu se faire une idée des thèmes que nous comptons développer. Si elles estiment que nous sommes à côté des points essentiels ou que l'accent est à mettre différemment, qu'elles nous le disent.
- 2) En second lieu, je voudrais que chacune nous donne quelques exemples précis, propres à leur pays, concernant soit la place des femmes dans la science soit le caractère « mâle » du développement avec les conséquences à tirer dans le domaine de la production et du pilotage des sciences et techniques.
- 3) Troisièmement, je leur demanderai de formuler trois recommandations qu'il leur semblerait bon de présenter à leur gouvernement pour qu'il opère autrement que par le passé vis-à-vis du sexisme des scientifiques et développeurs.

Renée Clair — Je voudrais tout d'abord saluer cet événement qui permet de poser la question à la plupart des États du monde, des aspects « sexués » de l'évolution scientifique et technique en vue d'un développement humain durable. Je salue l'événement parce que dans de nombreux États, ce qui frappe, c'est le silence.

Je commencerai par une petite anecdote. Il y a dix jours, nous avons eu, à l'Unesco, un colloque sur la biodiversité. En introduction, les orateurs avaient insisté sur la nécessité de faire un rapprochement entre la biodiversité, la diversité culturelle et celle des

langues. Ce furent de très beaux discours. Mais, alors que nous parlions de diversité culturelle et linguistique, il n'y avait que cinq pour cent de femmes dans les panels. Lors d'une discussion très importante sur la conservation des espèces, on nous a présenté un document qui se voulait une question posée à la dizaine d'orateurs discutant sur le sujet parmi lesquels naturellement, il n'y avait pas de femmes. Il est intéressant de noter la réaction de la salle à ce document : le silence ! Il n'y a pas eu de commentaire. Finalement, un intervenant a repris avec beaucoup d'humour la question sur un mode badin. Mais je suis restée quand même un peu choquée. J'ai su qu'il y avait eu un certain nombre de remous par la suite et que nous étions arrivés à parler de ce problème dans le rapport final.

Dans la plupart des communautés scientifiques que je connais personnellement, on ne parle pas de ce problème. Il est refoulé et l'on ne veut rien savoir. Qu'une commission des Nations Unies porte cette question devant le monde entier me paraît donc un événement très important.

En ce qui concerne l'analyse de la lecture de ces textes, vous posez la question « sciences et techniques, par qui ? » La réponse est tout à fait concluante : les sciences et les techniques sont faites principalement par les hommes. J'ai quelques documents statistiques à vous donner. A l'Orstom, il y aurait, je crois, une vingtaine de femmes pour environ un millier de personnes.

Thérèse Tréfeu — Il y en a plus, mais elles ne sont jamais dans les structures de pouvoir. Il n'est pas démontré qu'il y ait une discrimination sexiste dans notre Institut, mais dans la réalité, il est très difficile pour les femmes d'obtenir des postes de pouvoir.

Documentaliste à l'Orstom, j'ai pu également observer que dans le secteur de l'information scientifique, s'il y a un très grand nombre de femmes bibliothécaires ou documentalistes, les responsables en sont des hommes qui ne sont pas de la profession. Ils ont bien sûr un certain niveau, mais n'ont pas la pratique de l'information telle que nous la pratiquons avec une expérience assez ancienne quelquefois. Nous sommes dirigées par des gens qui ne connaissent pas bien notre métier. C'est clair.

Renée Clair — Dans 373 laboratoires du CNRS, il y a 14,7 % de femmes, dont la moitié dans les sciences humaines ; ce qui laisse 7 % de chefs des laboratoires pour les « disciplines » physique, chimie. Il faudrait définir ce que vous appelez les « sciences et les techniques modernes ». Je l'ai compris comme étant la physique, la chimie, les mathématiques, la biologie et leurs applications, mais il faudrait déjà s'entendre sur ce terme.

En ce qui concerne l'Académie des sciences en France, c'est superbe ! Nous avons quatre femmes sur 176 académiciens. Ces quatre femmes soutiennent d'ailleurs tout à fait le mouvement et elles sont prêtes à intervenir.

En ce qui concerne l'industrie, un seul chiffre : parmi les 280 000 ingénieurs français recensés en 1993, 7,7 % sont des femmes.

Dans l'enseignement, on retrouve une évolution qui sans être aussi caricaturale, montre bien l'évolution future des élèves recensés : malgré une forte proportion de filles en Première S (environ 50 %) on observe une dégringolade dans les baccalauréats scientifiques C, les filles s'orientant déjà beaucoup plus sur les baccalauréats scientifiques à dominante biologique ; naturellement, on en compte moins de 20 %

dans les classes préparatoires aux grandes écoles scientifiques. Ajoutons que se pose actuellement en France un problème très grave dans le recrutement des filles dans les grandes écoles, en mathématiques et en physique, puisque le concours est fait de telle sorte que, certaines années, il n'y a eut qu'une ou deux, voire aucune, reçues à ces concours. La « mixité » pose donc quand même un certain nombre de problèmes dans sa mise en œuvre.

« Pour qui ? » est la deuxième question que vous posez dans votre rapport. En effet, pour qui ? pour les hommes. Et pour quelle société ? Il est évident que les sciences et les techniques profitent majoritairement aux hommes. Vous avez déjà développé un certain nombre d'arguments en la matière. Vous dites de façon un peu détournée que si l'on continue comme cela, on court à la catastrophe. Selon vous, il est essentiel pour que le développement soit humain, c'est-à-dire pour qu'il prenne en compte les aspirations des hommes et des femmes et qu'il soit durable, que la dimension femme soit prise en compte. Mais, me semble-t-il, vous mettez moins l'accent sur la notion de justice ou d'égalité, quoique l'on trouve souvent ce mot dans le texte, que sur une « survie collective ».

Je voudrais revenir sur la notion de justice, puisque vous nous avez demandé d'apporter notre point de vue. Ce texte est plein de tensions et nulle part il n'y est question du statut des femmes et de leur liberté. Il est indiqué que les femmes ont trois générations en charge (les enfants, les jeunes adultes et les personnes âgées) ; comment peut-on dans ces conditions envisager une formation scientifique qui requiert une certaine liberté ? Il n'est jamais montré l'incompatibilité entre les qualités requises pour faire des sciences (la mobilité, la rapidité, l'adaptabilité, l'ouverture) avec le statut des femmes, celui de « femmes clouées » parce qu'immobilisées par des charges extrêmement importantes, partout dans le monde, et pas seulement dans les pays en voie de développement. Il faudrait donc revoir le statut des femmes et profiter de l'élaboration de ce texte pour tenter une avancée en matière de leur liberté.

Le domaine des sciences et des techniques est un domaine de discussions et de débats publics. Et je voudrais aussi insister sur la possibilité pour les femmes de passer du secteur privé dans lequel on les cantonne assez souvent au secteur public.

Quelles sont les trois recommandations que je proposerai ? La première, renforcer l'éducation. La deuxième, promouvoir des centres d'étude dans chaque État, notamment en France où cela n'existe pas ou tout au moins cela fonctionne mal. Il faut qu'il y ait un lieu où ces questions puissent être discutées en relation avec les centres de recherche et l'enseignement. La troisième priorité serait la solidarité et le partage des savoirs entre États. Il y a une nécessité de collaboration internationale. Les Nations Unies ne sont pas simplement là pour donner des recommandations aux États, mais aussi pour les faire travailler ensemble.

Pour conclure, je me suis posée la question de la légitimité de ma venue ici pour parler d'un sujet aussi vaste et complexe. La commission française pour l'Unesco où je travaille a lancé, en prévision de la Conférence de Pékin, un projet sur « femmes, sciences et technologies ». Par ailleurs, l'État français avec d'autres incite l'Unesco à mettre en œuvre une organisation à l'intérieur de cette institution afin de traiter ce problème dans les prochaines années, c'est-à-dire après Pékin. J'espère que sous la

pression de ces États, nous arriverons à engager l'Unesco sur cette question très importante.

Béatrice Ruivo — De nationalité portugaise, je suis membre dans mon pays du Conseil national de la recherche scientifique et technique. Il y a quelques mois, j'ai eu la chance d'écouter Geoffrey Oldham présenter au siège de l'Unesco l'histoire de son groupe de travail. Il me semble important d'inciter ainsi à l'action les plus hauts niveaux d'organismes internationaux. L'une des raisons tient à la mondialisation actuelle de la science et de son pilotage. L'autre provient du rôle éminent joué par les agences internationales et multilatérales sur les politiques nationales. Ces mises en réseau internationales favorisent un essaimage d'idées, en particulier celles concernant la politique scientifique, ses instruments et sa gestion. Il faut souligner l'importance grandissante accordée par de nombreux pays aux ressources humaines dans les politiques de sciences. La participation des femmes à la production de sciences et de technologies attire alors l'attention. L'une des raisons – bien mise en lumière par l'école de réflexion « constructiviste » – tient à leur mise en œuvre d'une épistémologie originale. Une autre touche à la simple exigence des droits de l'homme : puisque nous sommes en France, j'évoquerai les écrits de Simone de Beauvoir sur les droits de la femme ainsi que ceux de Véronica Stoltonshaya, décédée le mois dernier, et qui disait que le sexisme de la science (qu'elle avait fortement documenté) était l'un des cas (exemples) de déni des droits humains fondamentaux. Une dernière raison, qui a récemment fait bouger beaucoup de choses dans le monde, tient aux besoins croissants de main-d'œuvre très qualifiée – en particulier dans le domaine des sciences et des techniques dont les produits affectent de plus en plus nos vies quotidiennes. Encourager les femmes à se tourner vers des carrières scientifiques, utiliser ce nouveau potentiel devient donc un enjeu essentiel pour les pays développés. Le rapport qui nous a été présenté fait bien ressortir cette idée, celle d'une science tournée vers la satisfaction des besoins sociaux. D'autres conférences ont déjà abordé ces questions comme celle sur les niveaux scientifiques et techniques, ou celle organisée par les femmes scientifiques du Tiers monde à propos des femmes ingénieurs et chercheurs. Mais en ce cas les femmes avaient parlé de leur côté, et surtout de leurs propres recherches : il n'y a pas eu jusqu'ici d'approche aussi complète des rapports entre sexes et techno-sciences que celle ici proposée.

Il faudrait mettre, néanmoins, plus d'insistance sur l'importance, à long terme, d'une prise de participation des femmes à l'œuvre scientifique.

Que savons nous de cette participation ? Nous ne pouvons sous-estimer cette première insuffisance. Les données sont rares. Il est donc difficile de suivre les évolutions, comme de faire des comparaisons internationales. Nombre de données sur les acteurs de l'œuvre scientifique agrègent les sexes : cette pratique obscurcit la situation, occulte certains aspects des problèmes, favorise certaines approches ou détourne d'autres études et analyses. La situation n'est pas la même s'agissant de l'éducation et de la pratique scientifiques. L'Unesco, l'OCDE, la Communauté européenne présentent des données et des indicateurs distinguant les sexes à propos de l'enseignement. Mais quand on vient aux métiers de la recherche et du développement, l'Unesco seule poursuit dans cette voie et propose quelques chiffres.

La question des données, de la statistique est très importante. Quelques études ont porté sur la participation des femmes à l'œuvre scientifique dans les pays développés et plus récemment, dans les pays semi-industrialisés ou sous-développés. Bien que l'on présuppose volontiers que le rôle des femmes est globalement marginal en recherche, il apparaît que d'un lieu à l'autre, le marché du travail intellectuel n'est pas le même, pour des raisons historiques, économiques et culturelles. Si l'on compare les données, trois groupes de pays se différencient, d'après leur niveau de développement. Dans les pays les moins développés qui misent très peu de ressources sur la recherche et le développement, la proportion de femmes-chercheurs est aussi généralement très faible. Dans les pays développés, qui affectent à la recherche et développement une part élevée ou moyenne de ressources, la proportion de femmes-chercheurs restait aussi paradoxalement faible jusqu'à il y a peu. C'est plutôt le groupe des pays semi- ou nouvellement industrialisés qui peut faire montre de la représentation féminine relativement la plus importante dans les professions techno-scientifiques.

Le sous-développement est donc un obstacle structurel à la promotion scientifique des femmes et une recommandation particulière devrait porter attention aux remèdes à trouver dans cette situation. Mais ce n'est pas tout. La situation dans les pays développés est paradoxale, il faut s'en expliquer. Bien sûr, dans ces pays, le premier essor techno-scientifique a eu lieu en un temps où les femmes n'étaient pas entrées sur le marché du travail : la division sexuelle du travail scientifique en a été marquée, elle est restée profondément ancrée dans la société. De surcroît, quand, dans ces sociétés, un secteur se valorise, qu'il vient à générer de hauts revenus, les femmes qui s'y trouvent en sont déplacées, marginalisées. Le tableau change cependant. La présence des femmes, dans les métiers techno-scientifiques et dans les instances de décision correspondante, s'est accrue depuis dix ans dans les pays développés.

La participation des femmes à la vie économique, leur accès à l'éducation étaient plus avancés au moment où se sont tardivement industrialisés des pays comme l'Argentine ou le Portugal. La leçon est peut-être que si le développement se produit à un moment où la société s'est déjà ouverte à certaine participation des femmes, il leur offre une excellente occasion de se tailler une place dans les métiers techno-scientifiques. Il convient donc de reconnaître au développement cette qualité : celle d'offrir des opportunités. Tous les phénomènes de cette sorte sont reliés aux valeurs subordonnées à la culture prévalente en chaque société, à la valeurs accordée à la recherche scientifique, à l'idée qu'on se fait du rôle des femmes et sur leur place dans l'économie, la politique, la vie sociale.

Il y a enfin autre chose. On sait l'enjeu pour la gestion scientifique de cette mise en réseau de système d'acteurs aux intérêts divers, qui découvrent leur commun avantage à produire (ou du moins à laisser faire) des recherches qui serviront leurs intérêts particuliers. Voilà pourquoi des structures et des procédures conçues pour favoriser et pour stimuler la participation d'une catégorie particulière d'acteurs peuvent être décisives. Le fait que les femmes soient mises (ou se mettent) rarement en valeur dans bien des disciplines, aussi bien qu'aux échelons de la décision scientifique, est le chausse-trappe où disparaissent nombre de sujets de recherche qui seraient de grande incidence pour le bien-être des femmes elle-mêmes, et dans la vie courante.

Voilà quelques idées, et je suggère de mettre l'accent sur quelques points. Le premier est le sous-développement, et des recommandations particulières devraient concerner les pays sous-développés. Le second porte sur l'importance de tirer leçon de l'expérience des pays semi- ou nouvellement industrialisés, de leurs pratiques éducatives et de leur implication significative des filles dans l'enseignement technique et scientifique. Un troisième point stratégique concerne la présence active des femmes dans toutes les structures et tous les rouages de procédure qui font la machinerie de gestion et de pilotage de la science. Enfin, il faut inciter les pays à recenser leurs ressources humaines techniques et scientifiques, à bien distinguer selon les sexes en ce domaine, à mesurer la participation des femmes à tous les niveaux de décision et à assister l'Unesco dans son effort pour construire une base mondiale de données.

Il est d'intérêt qu'une Commission des Nations Unies, que l'Unesco et d'autres soient maintenant si conscients des enjeux, il en ressortira quelque chose. L'action internationale peut en être stimulée, l'information se répandre. Le travail entrepris par cette Commission, la décision de l'Unesco de consacrer un chapitre de son prochain «rapport mondial sur la science» aux femmes scientifiques, constituent autant de jalons importants pour accroître la visibilité des problèmes féminins dans la communauté internationale.

Suzanne El Kenz — Venue de Tunisie, je travaille pour l'OLP dans le cadre du développement pour les accords de paix. Le texte qui nous a été présenté est intéressant parce que sa thématique est complète. Mais le reproche que je lui porterai, est qu'il apparaît trop général dans ses recommandations finales. Celles qui ne sont pas ciblées en fonction des différents groupes de pays ou des différentes politiques menées par ceux-ci en matière d'égalité des sexes, en relation bien sûr avec la science et le développement. Les politiques entreprises ont pu, en effet, être libérales ou ne pas l'être.

Nous allons vous livrer ici quelques données sur des pays du monde arabe qui ont mené des politiques différentes les unes des autres dans ce cadre, et notamment de la Palestine (que je connais bien pour être d'origine palestinienne et avoir travaillé sur ce sujet), de l'Algérie où j'ai vécu et également travaillé, enfin de la Tunisie où je réside actuellement.

Le caractère exceptionnel de la Palestine en ce qui concerne les femmes et le développement est dû à la politique nataliste pronée par l'Organisation de la Libération de la Palestine et liée à la lutte de libération ainsi qu'à l'équilibre démographique que recherchait à atteindre l'OLP. On menait donc une politique nataliste très forte auprès des femmes palestiniennes. La santé des femmes en a pâti, mais l'argument demeurait : il fallait rétablir l'équilibre démographique, il fallait que les Palestiniens puissent revenir chez eux sans être exclus de leur territoire. Les femmes ont marché, elles ne pouvaient pas réfuter cet argument. En même temps, il y eut une politique de scolarisation des femmes très supérieure à la moyenne des pays arabes de la région. Après les accords de paix, le défi posé à la société palestinienne était de libérer les femmes de cette tâche nataliste et leur permettre de s'insérer dans une politique de développement au même titre que les hommes. Dès lors, sont apparus deux grands courants que l'on peut retrouver partout. L'un est conservateur et veut reléguer la femme dans son rôle de mère et d'épouse. Devant élever les enfants, s'occuper des petits-enfants, des jeunes adultes

et des personnes âgées, elle est cantonnée dans un rôle classique. Le deuxième courant plus moderniste voudrait que les femmes palestiniennes rentrent dans le processus de développement et que, par ce biais là, elles puissent accéder à leur émancipation.

Nous espérons que, dans les années à venir, surtout au moment où se joue la politique de développement des territoires occupés, les femmes ne se laissent pas faire et rentrent enfin dans le circuit du développement au même titre que les hommes.

En ce qui concerne l'Algérie et la Tunisie, ces deux pays voisins ont la même culture, la même histoire et ont adopté, après leur indépendance, des politiques éducatives égalitaires. Le taux de scolarisation des femmes et des filles y est le même. Dans ces deux pays, où près de 80 % d'enfants sont scolarisés, le taux de scolarisation des fille-stes de 10 % inférieur à celui des garçons. On observe donc une relative démocratisation de l'enseignement pour les garçons comme pour les filles. En ce qui concerne la croissance démographique et l'emploi féminin, ceux-ci sont très différents : en Tunisie le taux de natalité est relativement faible (1,9 %) et 20 % de femmes travaillent, alors qu'en Algérie le taux de natalité et celui d'emploi des femmes se situent entre 4 et 6 % (nous n'avons pas de chiffre précis). Ces différences sont étonnantes parce que la situation culturelle est analogue dans les deux pays, les politiques éducatives ont été les mêmes. L'explication est que, depuis l'indépendance, le gouvernement tunisien a adopté une politique courageuse en matière de planning familial et d'emplois féminins. En cela, il apparaît comme l'un des pays arabes les plus avancés. En revanche, la politique du gouvernement algérien a été, en matière de planning familial et d'insertion de la femme, beaucoup plus conservatrice et a donc freiné l'émancipation des femmes, mouvement qui aurait dû accompagner la politique de développement et l'éducation. En conclusion, les politiques des gouvernements jouent un rôle déterminant dans le processus devant conduire à l'égalité entre hommes et femmes dans tous les domaines de la vie (l'éducation, le planning familial, la santé, etc.).

« Quelles sont les priorités que doivent adopter les différents gouvernements ? », demandez-vous. Tout dépend de la situation du pays, de la femme dans ce pays, de son degré d'émancipation. Il n'y a pas de priorité en général, mais j'insisterai sur l'éducation. Il est impératif que toute politique gouvernementale en matière d'éducation soit axée sur la justice et l'égalité des sexes. La priorité doit également être accordée au planning familial dans les pays qui souffrent d'un taux démographique important et au code de la famille en Tunisie et en Algérie. Ces États doivent adopter une politique courageuse en la matière. Il faut que cela soit clairement défini par les lois même si celles-ci devancent la situation réelle et les mentalités du pays qui devront suivre

Geoffrey Oldham — Cette intervention ravive le dilemme dans lequel se trouve notre Commission du fait de la diversité des situations nationales. Faut-il distinguer des ensembles de pays et chercher à faire à chacun des recommandations propres et pertinents ? Faut-il s'en tenir à quelques propos très généraux et recommander que chaque pays crée sa propre commission pour étudier la situation et suggérer les mesures adoptées. Voilà du moins un point à débattre.

Maria Margaret Lopes — Historienne des sciences à l'université de Campinas au Brésil, je m'intéresse à la vulgarisation scientifique. Je suis aussi membre d'un orga-

nisation féministe, le Centre d'information des femmes (CIM). Sans avoir pu étudier en détail le rapport qui nous a été remis, je le juge à première lecture, très important.

Lors de la Conférence mondiale sur la population au Caire, nous avons eu certes en séance plénière de grandes discussions sur le droit à la reproduction, sur les droits sexuels et l'avortement. Mais, c'est en petits groupes que nous avons eu nos débats les plus importants. Il s'agissait d'élargir le programme féministe. A l'ordre du jour était l'habilitation des femmes : à quoi doivent s'autoriser les femmes ? Nous avons beaucoup discuté de ce que pouvait être l'exercice d'un pouvoir par les femmes, des domaines où cela faisait sens, des significations que cela pouvait avoir, notamment dans les pays sous-développés. La question du rapport entre femmes et technologies est très proche, très liée à cela. Votre « déclaration d'intentions » est très générique. Au Brésil, votre approche va paraître très hétérodoxe et les thèmes vont éberluer les responsables officiels. Votre travail est essentiel pour celles qui, comme moi, travaillent dans ce pays car, au grand jamais, nous n'avons rien lu de semblable dans l'énoncé d'aucune politique officielle, surtout pas dans celles des sciences et des technologies. Il en va peut être différemment dans quelques travaux académiques, mais c'est tout autre chose.

Je m'accorde avec votre rapport sur l'importance à consacrer à l'éducation. C'est selon moi, le point essentiel. Je n'ai que quelques données à apporter concernant le Brésil. Elles n'amènent malheureusement qu'à ressasser quelques vieux problèmes sans solution. Nous avons évalué la participation des femmes aux activités scientifiques : selon plusieurs indicateurs (nombre des thèses soutenues, des bourses de recherche, de participations aux congrès, de signatures d'articles dans la presse scientifique, locale ou internationale...), elle avoisine les 30 %. Mais la différence des sexes est bien plus marquée si l'on distingue les disciplines et les domaines de savoir. La majorité des femmes qui réussit à fréquenter l'Université se concentre dans les cursus traditionnellement étiquetés comme « de leur sexe », tels la pédagogie, les études d'infirmière, la psychologie et autres semblables.

Les examens d'entrée à mon université de Campinas font apparaître en 1994 que les entrants en ingénierie sont à 89 % des garçons, tandis qu'en pédagogie, ils ne sont que 5 %. Dans la quasi-totalité des cursus d'ingénieur, le nombre des garçons est supérieur à celui des filles à une exception près (très significative, il me semble), celle des ingénieurs nutritionnistes, où l'on compte 67 filles pour 32 garçons. Si l'on fait trois groupes des jeunes gens en quête de savoir, la proportion des filles va croissant, comme suit : dans le groupe des sciences exactes, sciences de la terre, sciences agricoles et sciences de l'ingénieur, leur proportion varie de 0 à 28 % ; dans le groupe moyen des sciences sociales et des sciences de la santé, elles sont de 18 à 43 % ; le reste s'élève à 65 % dans les humanités, les arts, les littératures étrangères et dans les sciences biologiques.

Il faudrait insister sur un autre point qui, s'il mérite une attention et des recommandations particulières inscrites à votre rapport final, revêt, au Brésil, une importance particulière. Nous manquons de données concernant la discrimination raciale ou morale. Nous ne pouvons faire d'études par exemple sur la présence de femmes noires à l'Université. Et pourtant nous savons bien les répugnances et les difficultés qu'elles

affrontent pour accéder à l'enseignement supérieur scientifique et technique en particulier. Nous aurions besoin de faits pour discuter le problème et proposer des recommandations.

L'un de nos grands problèmes est celui de l'éducation, non seulement celui de l'éducation en bonne forme mais aussi celui de l'éducation informelle. Songez qu'au Brésil, ceux qui vont à l'école y passent en moyenne quatre ans. Il nous faut donc améliorer l'éducation scientifique, y compris l'éducation informelle, c'est-à-dire la popularisation de la science.

Quelle sorte d'éducation ? est un autre point à débattre. Certes, il faut éduquer les filles, il faut que des femmes entrent dans la carrière des hommes. Mais comment sont-elles formées à la science ? Quelles sciences pratiquent-elles et comment ? L'un des mérites de ce rapport est d'avoir mis en avant cet élément : il y a une façon masculine de s'occuper de la science, d'approcher les problèmes, de les concevoir et de les résoudre ; bref, il y a une psychologie de la science. D'autres, mieux que moi dans cette salle, pourraient approfondir cela comme le professeur Sandra Harding.

Il nous faut souligner, dans le cas du Brésil, que les femmes sont encore trop peu présentes sur le terrain des activités scientifiques, mais aussi sur celui des enjeux masculin/féminin. Nous n'avons pas intégré la problématique des différences de sexe dans les débats sur les pratiques scientifiques et techniques. Il est par ailleurs regrettable que nos mouvements féministes ne se préoccupent guère de sciences : nous aurions à nous approprier ce débat. Pour discuter d'une puissante habilitation des femmes, pour avancer en ce sens, nous avons à considérer le rapport des femmes à la science et aux techniques, nous avons à imaginer des développements d'autres sortes, un ordre mondial construit sur une nouvelle version de la science et de l'éducation, nous devons y prendre en compte la dimension masculin/féminin et dépasser la conception endocentrée de l'activité scientifique qui prétend à l'excellence et à la neutralité pour mieux reproduire ses pratiques discriminatoires.

DÉBAT

Geoffrey Oldham — Je vous donne la parole dès maintenant, sur la base non du texte, mais de la présentation que vous en avez entendue. Quel est votre sentiment sur les points que nous venons de mettre en exergue ? Que pensez-vous du dilemme entre des recommandations visant particulièrement certains pays ou groupe de pays, et la solution d'une simple déclaration générale d'intentions assortie de l'incitation à former des commissions *ad hoc* par pays ?

Sandra Harding — Félicitations d'abord à la commission pour le processus dans lequel elle s'est engagée : un processus participatif, un processus que je qualifierai d'« englobant » et « féminin », sollicitant continûment de nouvelles réactions des hommes et des femmes de tous horizons. Mais ce dont je veux le plus la féliciter, c'est de sa perspicacité quand elle juge indispensable de dépasser la thématique des « femmes dans la science ». Ce n'est pas que ce problème soit réglé, il reste crucial, le plus évident et celui sur lequel nous devons toujours revenir ; mais il faut oser mettre à jour le sexisme de la science et du développement.

J'ai apprécié aussi la formulation de ces quelques hypothèses « non prouvées mais probables », que les changements techniques ont plus souvent servi les hommes que les femmes, qu'ils ont souvent porté tort aux femmes, que l'accès aux savoirs techniques reste plus ouvert aux hommes qu'aux femmes, que la recherche s'est peu préoccupée des besoins et des aspirations des femmes tout comme le transfert des techniques et le développement des produits. Pour comprendre la nécessité de s'en préoccuper, un bon moyen consiste à examiner les conséquences pour les femmes des changements techniques intervenus en des domaines apparemment très éloignés de leur vie quotidienne, ainsi que les effets de l'industrialisation qui bouleverse l'environnement, de la révolution des ordinateurs, du développement agricole et des réformes foncières qui, à la manière dont elles sont conduites, dépossèdent, déqualifient, déshabillent de nombreuses femmes ; pourtant, parce que la question n'est pas au centre de la discussion, on a l'habitude de considérer que tout cela n'a rien à voir avec la condition féminine. Aussi la commission fait-elle preuve d'une grande audace en examinant les effets différentiels dans ces domaines où il est rare de faire la distinction entre le sort des hommes et des femmes.

Selon moi, on ne doit pas sous-estimer l'enjeu de la présence des femmes dans la science. Mais je voudrais plus particulièrement souligner, à l'attention des peuples et des Nations Unies, que ce rapport ne vise pas simplement à rendre service à la moitié féminine de l'humanité, il concerne le mode de développement, l'humanité du développement. Comment éradiquer la pauvreté sans se préoccuper de la question des femmes ? C'est d'elles, pratiquement, que vient la nourriture quotidienne, ce sont elles qui soignent dans les communautés de base, ce sont elles qui entretiennent l'environnement à leur voisinage. Les buts que se fixent les Nations Unies, les techniques qu'elles se donnent pour y parvenir ne peuvent sembler qu'absurdes si l'on passe outre ces faits.

Chacun des problèmes soulevés par cette commission est décisif pour la réalisation effective du développement *humain*, objectif par objectif. C'est ce que ce rapport doit souligner. Non pas qu'il y ait à mésestimer les besoins et les aspirations que peuvent avoir les femmes en propre, mais parce que, je le crois, leur satisfaction porte à celle des besoins et aspirations de l'entière humanité : elle en est la voie nécessaire. C'est plus clair en l'exprimant ainsi, qu'en maintenant la seule expression de besoins et aspirations « des femmes ».

Un intervenant — Je soulèverai deux difficultés auxquelles n'échappe pas le rapport. La première est la suivante : quelle est l'importance relative des inégalités entre sexes au regard d'autres inégalités ? Je suis brésilien. Nous avons dans notre pays, cela a été dit, de sérieuses inégalités liées à la race. Les noirs sont chez nous en mauvaise position et une question se pose : quelle serait la bonne proportion de femmes, ou de noirs, ou de femmes noires, ou d'hommes blancs et noirs et de femmes blanches et noires, à l'université par exemple ? Nous avons aussi des inégalités entre régions, entre classes sociales ; et, au-delà de nos frontières, il y a d'autres pays, d'autres parties de l'humanité qui ont leur langue, leur religion, leur culture, leurs chances économiques propres et différentes. Il faut donc affronter la question « quelle est l'importance des discrimi-

nations de sexe ? », sinon elle sera toujours latente. A quel compromis faudrait-il parvenir ? Se satisferait-on par des programmes de promotion sociale, d'amener beaucoup plus des femmes en de hautes positions au prix de nombreux hommes issus des classes pauvres et maintenus dans leurs conditions ?

La seconde concerne les programmes et politiques de promotion sociale. Les États-Unis en ont une longue expérience, notamment en notre faveur, et un rapport comme celui-ci ne devrait pas, je crois, manquer d'en faire l'évaluation. Quels en sont les effets ? Peut-on se contenter de viser l'équilibrage arithmétique des fractions sociales au sein des institutions ou des corps directoriaux ? Quelles sont les bonnes stratégies et quelles sont les retombées ?

Geoffrey Oldham — Voilà deux questions embarrassantes. En ce qui concerne le premier point, nous avons prévu de nous rencontrer dans le deuxième groupe de travail de la commission, qui s'occupe des techno-sciences face aux besoins fondamentaux et à la pauvreté. Mais, nous ne nous réunirons que dans six mois pour confronter les problèmes d'inégalités liées au sexe et à la pauvreté. A ma connaissance, par contre, nous n'avons pas pensé à évaluer les politiques de promotion sociale et, si vous avez déjà commencé à y travailler, cela nous rendrait service que vous nous fassiez part de vos résultats.

Corinne Cécilia — Anthropologue, j'ai abordé sous cet angle la question de la différence entre les sexes, mais ce n'est pas ici mon propos.

Je voudrais d'abord souligner combien il est important que des institutions internationales soutiennent les études féminines. Prenez le cas de la France où il y a très peu de recherches de cet ordre, très peu d'encouragement à leur poursuite ; on soupçonne que s'y consacrer c'est être « féministe »... Résultat : les femmes, les scientifiques par exemple, se posent peu de questions sur le jeu et les effets de la marginalisation de leur sexe dans leur propre domaine. Une étudiante en biologie, dont tous les professeurs sont des hommes, ne s'interrogera pas sur les rapports du sexe et des développements de la biologie. Ce n'est pas très différent en sciences sociales, comparativement à ce qui se passe par exemple en Hollande où les études féminines sont très actives. La conséquence est que le débat de société civile est très différent, y compris sur la question du rapport entre la science et les citoyens : il est très sous-développé en France, très peu de femmes y sont intéressées, et le « sexe de la science » – avec toutes ses incidences – n'y tient aucune place. Les études féminines sont la première étape, indispensable, pour susciter une prise de conscience et pour que la scientifique en vienne à concenir cette idée, à décider de revendiquer son droit – celui d'être une scientifique, différemment d'un scientifique – et qu'elle ose proposer au monde scientifique d'en discuter ensemble.

Deuxième point, que penser des problèmes de culture en matière de discrimination sexuelle ? Quelle attitude adopter à leur égard ? Pour ma part – je suis pourtant anthropologue – je crois que les problèmes de discrimination sexuelle sont supra-culturels, que c'est une question de progrès humain. Nous n'avons pas à dire, « nous autres Nord-Européens nous posons la question en tels termes, nous allons dans tel sens, tandis qu'en Afrique australe, il est légitime de la traiter différemment, parce que la culture

diffère ». Je ne vais pas penser la discrimination des sexes autrement, sous prétexte que je parle à une femme musulmane, habituellement considérée inapte à décider. Je n'ai pas seulement à avoir un point de vue de scientifique, mais aussi un point de vue d'être humain. L'humanité est en marche vers plus de libertés, plus d'égalités, plus de droits reconnus aux hommes et aux femmes. Je suis tenue de dire si je suis favorable ou opposée aux droits des femmes, et je ne peux pas me retrancher derrière ma neutralité scientifique, pour prendre position dans le sens de toute tradition culturellement enracinée.

Je ne prétends pas pour autant que les scientifiques européennes doivent imposer leurs idées féministes. Je veux seulement dire que nous devons trouver moyen d'en parler et d'avancer ensemble.

Lawrence Bush — Je voudrais prolonger la réflexion amorcée par Sandra Harding. J'ai été déçu, mais non surpris par les discours introductifs de notre conférence. C'était un chant de louanges aux techno-sciences, marchandises profitant quoiqu'on en fit à tout un chacun. Je suis ravi que cette commission se préoccupe de la distribution de leurs bienfaits et méfaits. Il me semble pourtant qu'elle devrait le faire avec encore plus de sérieux qu'en se contentant d'en poser seulement l'hypothèse. Il y a beaucoup de données empiriques à mettre en avant pour démontrer cette inégale distribution des maux et des avantages issus de certaine mise en œuvre des techno-sciences, même si on en discute encore la mesure.

En outre, si elle ne l'a déjà fait, la commission serait bien avisée de s'intéresser à la littérature, grandissante, qui traite de la popularisation de la science. On m'a parlé d'expériences hollandaises. Le Danemark a fait beaucoup en ce domaine et, plus ponctuellement, il y a quantité d'expériences récentes menées dans toutes sortes de pays du monde.

En somme, je crois que la commission dispose de beaucoup de matériaux pour soutenir de façon persuasive que les techno-sciences ont des effets discriminatoires, que ce soit de sexe ou de race, de classe et autres clivages qui s'en trouvent accentués.

Geoffrey Oldham — Il est vrai qu'il existe des données sur les méfaits de la science ou ses applications discriminatoires. Ma déception a été qu'elles sont moins abondantes que je ne le croyais, si j'en juge par les rapports que nous avons commandités et qui devaient les passer en revue dans leurs domaines spécifiques. Si vous avez d'autres éléments, ils nous seraient de grand secours.

Yamina Bettahar — Je viens d'Algérie. Je ne travaille pas directement sur les femmes, mais je suis partie prenante du combat mené dans mon pays par celles-ci, dans le cadre des événements tragiques que connaît l'Algérie en ce moment.

En fait, ce n'est pas vraiment une question, mais plutôt une recommandation d'ensemble qui a été déjà lancée dans la salle tout à l'heure, en l'occurrence la mise sur pied d'une commission par pays pour lister un ensemble de défis et de priorités. Je pense que dans le cas algérien, cela s'impose impérativement. Il faut absolument tenir compte de la spécificité du combat mené en ce moment par les femmes qui sont à l'avant-scène de ce qui se passe. En réalité, les femmes en Algérie a toujours été un enjeu

majeur dans le discours politique algérien. Une conduite tout à fait contradictoire a été menée jusqu'à présent qui, en réalité, révèle les différentes stratégies sociales mises en place entre des courants conservateurs (Suzanne El Kenz en a déjà parlé rapidement) qui veulent maintenir la femme dans un statut d'infériorité et le courant plus progressiste qui souhaiterait que la femme qui a déjà participé au processus de libération du pays continue à avoir sa place dans la politique de développement et à avoir un rôle dans l'édification scientifique et technique du pays. A mon avis, pour la reconstruction de la paix demain en Algérie, il faut presque constituer une commission à part pour mettre en symbiose les différents combats.

Geoffrey Oldham — Vous avez raison. Je crois aussi que les commissions nationales dont nous voulons demander la création devraient élargir leur propos et s'emparer de sujets autres que ceux étroitement liés à l'organisation de l'activité scientifique et technique.

Besty MacGregor — Je termine en incitant les participants à nous adresser, par écrit, leurs commentaires. Nous pourrions mettre à leur disposition la version préparatoire de notre rapport, arrêté d'ici à un mois. Mais je leur signale aussi qu'ils peuvent dès maintenant disposer d'une « somme » sur la question des rapports entre sexe et technosciences, que nous venons de publier et qui comprend les rapports sectoriels ainsi qu'un résumé des recommandations déjà proposées dans un ensemble de conférences internationales.



III
DÉMOCRATISATION

1
DIDACTIQUE

L'ETHNOÉDUCATION EN COLOMBIE

**Un défi :
enseigner les mathématiques
en langues amérindiennes**

André Cauty
Université de Bordeaux I,
Talence (France)

*Toutes les interprétations sont bonnes et il peut s'agir
d'arithmétique, de géométrie, de mécanique ou d'optique.*

George Boole

Introduction

Tout système éducatif est à la fois le produit des systèmes de valeurs qui structurent une société et l'un des plus puissants facteurs de son évolution : l'éducation touche aux intérêts vitaux des peuples et des individus.

Il en résulte que l'éducation mobilise des forces énormes, qui tendent à en subordonner le développement aux moyens d'en contrôler les effets. En situation pluriethnique (1), ces tensions sont décuplées par la divergence des objectifs et des systèmes de valeurs des peuples en présence, notamment lorsque l'un d'entre eux se trouve en position dominante.

Les échanges, et le partage interethnique des connaissances, relèvent alors encore davantage de l'utopie (2) que de la réalité historique ; et l'accès aux connaissances de l'Autre ne pourrait naître que du désir de reconnaissance réciproque, et de la volonté politique commune de coexistence, dans le respect du droit à l'autodétermination de chaque peuple.

La nouvelle Constitution Politique de la République de Colombie (1991) reconnaît solennellement que la diversité ethnique et culturelle est une richesse que l'État s'oblige à protéger ; elle pose le principe que les langues des différentes ethnies (plus d'une soixantaine) sont, comme l'espagnol, des langues officielles dans les territoires où on les parle ; elle déduit, enfin, de ces principes un impératif nouveau : dans ces territoires, l'enseignement sera bilingue, respectera et développera les identités culturelles.

Enseigner les mathématiques en langues indiennes, en visant à respecter et à développer les identités culturelles, est donc une obligation légale, qu'il n'est plus de mise de discuter dans la République de Colombie. (3)

Notons cependant que cette décision lève de nombreux obstacles pédagogiques bien connus :

« C'est par l'utilisation de la langue maternelle que l'enfant cessera d'être quotidiennement aux prises avec deux mondes différents : celui de l'école et celui de la vie. L'affectivité de l'enfant, sa personnalité, ne seront plus constamment exposées au choc psychologique et au dépaysement d'un enseignement en langue étrangère. » (Moumouni, A. *L'éducation en Afrique noire*, Maspéro, 1964.)

« Très souvent l'expression étrangère est comme un revêtement étanche qui empêche notre esprit d'accéder au contenu des mots qui est la réalité. Le développement de la réflexion fait alors place à celui de la mémoire. » (Diop, A. « Nations nègres et culture », *Présence africaine*, 1965).

et qu'elle rencontre l'avis de mathématiciens professionnels :

L'expression mathématique est en interaction avec les langues naturelles (...)
Un beau sujet de Mathématiques, c'est souvent un sujet qui s'exprime bien en langue naturelle. (Kahane, J.-P. « A propos des mathématiques », *Alliage* n° 4, Anaïs.)

La révolution culturelle qu'impose la nouvelle Constitution colombienne pose, évidemment, d'innombrables problèmes, et les plus pessimistes mettent en doute la possibilité même de sa mise en application. Que penser, dans ces conditions, de cette décision, notamment pour l'enseignement des mathématiques en langues indiennes, à concevoir comme facteur de développement des identités culturelles ? A première vue : une utopie généreuse. Puis, à mesure que l'on s'interroge sur la nature de l'activité mathématisante, cette décision révolutionnaire paraît, à chaque pas, moins irréaliste, et finit par s'imposer comme une nécessité, celle d'un défilé par où il faut absolument passer. Et par où passent effectivement tous les pays développés, qui enseignent les mathématiques, de la maternelle à l'université, dans la langue maternelle que parlent leurs enfants (4).

L'essentiel, en mathématiques, est, à coup sûr, affaire de *contenus* logico-mathématiques et, peut-être plus encore, de *moyens de construire ces contenus* et, dans le même temps, *d'en établir le type*, très particulier à cette discipline, de *validité*. On sait aussi que le nerf de l'activité mathématique est la *résolution de problèmes*, et que sa pratique quotidienne se cristallise en démarches de *représentation*, de *modélisation*, et de *démonstration*.

L'activité mathématique est donc, essentiellement, une activité discursive de représentation, et de réflexion sur des représentations, dont les référents, autonomes depuis des lustres, ne sont plus que des êtres de raison, des Idéalités (au sens de Desanti), qui n'existent que dans et par les systèmes de représentation qui les font naître. Car, si les mathématiques parlent à l'occasion de nombre et d'étendue, elles s'occupent, bien davantage, de relations et de jugements, de prédicats et de réseaux de prédicats, de représentations et d'interprétations, de logiques et de modèles...

Les compétences que développe l'activité mathématique s'acquièrent donc en toutes sortes d'occasions sémiologiques, chaque fois qu'il est question de représenter, de modéliser, de comprendre, d'analyser, de prouver, de convaincre, de raisonner... En d'autres termes, elles s'acquièrent d'abord et avant tout dans la pratique de la langue naturelle, sans négliger le fait qu'aucune activité mathématique ne peut se déployer en faisant l'économie d'une langue naturelle.

Et si l'on ne peut mathématiser, et plus généralement raisonner, *que dans une langue*, il est probablement beaucoup plus simple et sans doute plus efficace, de le faire *dans sa langue maternelle* :

« Le jour même où le jeune africain entre à l'école, il a suffisamment de sens logique pour saisir le brin de réalité contenu dans l'expression : un point qui se déplace engendre une ligne. Cependant, si on a choisi de lui enseigner cette réalité dans une langue étrangère, il lui faudra attendre un minimum de 4 à 6 ans, au bout desquels il aura appris suffisamment de vocabulaire et de grammaire, reçu en un mot, un instrument d'acquisition de connaissance, pour qu'on puisse lui enseigner cette parcelle de réalité. » (Diop, A. « Nations nègres et culture », Présence africaine, 1965.)

Ajoutons que le temps de l'épigenèse sera peut-être aussi passé pour l'apprentissage naturel des moyens de représenter ce type de concepts.

La révolution culturelle proposée par la Constitution colombienne suppose donc que toute langue peut être écrite, et qu'elle est capable de construire les moyens de représenter les contenus logico-mathématiques les plus pointus, les relations les plus complexes, les réseaux de prédicats les plus enchevêtrés, ainsi que les objets les plus achevés de la pensée mathématique.

Nous supposons ce point largement démontré, malgré les idéologies qui soutiennent, contre les faits, l'opinion qu'il existerait une hiérarchie dans les langues, et que telle langue particulière (celle d'une culture dominante) serait plus apte que d'autres (celles des cultures dominées) à construire des notions abstraites et des concepts logico-mathématiques.

Dans une première partie, plus générale, nous montrerons que l'éducation souhaitée par l'État colombien est, malgré son apparent caractère utopique, un impératif humain : accepter la diversité des ethnies et promouvoir les échanges interethniques pour ce qu'ils sont, à savoir une condition nécessaire d'humanité, et prendre note qu'après cinq siècles d'ethnocides en Amérique le Monde est devenu moins intolérant, et semble avoir pris conscience de la nécessaire solidarité humaine devant les risques d'épidémies, de famines, d'injustices et de guerres.

Dans une deuxième partie, nous présenterons quelques aspects des travaux des ethnolinguistes présents en Colombie, et confrontés aux demandes indigènes de nouvelles formes d'éducation.

Une troisième partie traitera plus spécifiquement de quelques aspects du problème ethno-éducatif de l'enseignement d'une notion mathématique raisonnablement difficile, celle des nombres réels.

Une quatrième partie présentera quelques réflexions sur une présentation possible du concept de nombre, qui laisserait une place importante à l'intelligence indigène.

Le cœur de l'article s'articule sur quelques questions simples, et sur le témoignage des tentatives de réponses qu'elles font naître en Colombie dans le cadre du projet Kwibi Urraga « Maison de la sagesse ».

Un impératif : éduquer par la diversité des échanges interethniques

Il ne nous semble pas exagéré de dire que l'apparition de l'homme a profondément bouleversé l'ordre de la nature. Cette mutation, apparue dans la lignée des primates, s'est traduite par un changement des lois de l'évolution : à l'évolution des *espèces*, par *différenciation morphologique* inscrite dans le *patrimoine génétique*, s'est substituée, en effet, une évolution des *ethnies* par diversification *culturelle* codifiée dans les *institutions*.

Le résultat est spectaculaire : *une seule* espèce humaine, *homo sapiens sapiens*, culturellement répartie *en milliers d'ethnies*, face aux centaines d'espèces de simiens. Une seule espèce humaine dont les individus sont biologiquement interféconds, passent continuellement d'une culture à l'autre, s'échangent toutes sortes de biens matériels et culturels, se font des cadeaux ou la guerre, se parlent les uns aux autres même s'ils doivent, pour cela, en passer par des chaînes de truchements, et se construire des langues de contact. Bref, l'homme seul est capable de vivre dans n'importe quelle ethnie, d'échanger autant qu'il le désire et que les conditions le lui permettent ; alors que deux singes d'espèces différentes ne peuvent échanger que des coups, lorsqu'il leur arrive de convoiter la même niche écologique.

Cette liberté d'échanger, caractéristique de la condition humaine, et principe constitutif de l'ethnie dans ses principales dimensions (territoriale et économique, démographique et sociale, linguistique et institutionnelle), n'est, cependant, jamais acquise de manière automatique et définitive. Sartre disait qu'on ne naît ni homme ni esclave, mais qu'on le devient. Et les neurobiologistes précisent qu'un trait caractéristique de l'homme est justement de naître avec un cerveau immature. Comme s'il s'agissait d'un ordinateur incomplètement câblé, et qui n'aurait pas reçu sa pleine bibliothèque de logiciels ; un cerveau à « initialiser » au cours de son épigénèse : c'est en faisant des mathématiques que l'on devient mathématicien, et c'est en étant plongé dans un « bain » linguistique que l'on devient locuteur.

L'individu n'est homme que s'il le devient, par les voies de l'imitation et de l'éducation, c'est-à-dire s'il partage la vie de son ethnie, et si la communauté lui transmet les occasions d'acquérir les compétences de sa nature.

La toute première, étant, on le sait, de parler la langue de son ethnie, condition *sine qua non* de l'acquisition de toutes les autres compétences.

Bref, la condition humaine contraint les adultes au devoir d'éduquer et de transmettre les connaissances, comme elle prescrit aux enfants d'apprendre à être et d'apprendre pour être, à commencer par être un locuteur, à l'identité bien marquée, et solidement socialisé par son appartenance à une ethnie souveraine et, par là, ouverte à tous les échanges, tant énergétiques avec l'environnement, que culturels avec les autres.

Rappelons, d'autre part, que l'histoire nous a largement démontré que les échanges interethniques revêtent des formes extrêmement différentes, selon qu'il existe entre

elles un climat de paix, de solidarité, de coopération... ou, au contraire, de guerre, d'intolérance, de compétition forcenée...

Et ce climat dépend directement du type d'éducation que les peuples réservent à leurs enfants, et du type de gouvernement qu'ils se donnent.

La première idée que nous développerons conduit à conclure que l'éducation nouvelle souhaitée par la nouvelle Constitution colombienne semble plus que jamais possible. Nous avons, en effet, *la chance historique de vivre dans une période de moins grande intolérance*, marquée, par exemple, par la chute des empires coloniaux, la fin de la Guerre froide, la ruine des idéologies racistes, et la chance de voir se développer, un peu partout, le désir de paix, le respect de la diversité et de l'environnement, bref, la volonté d'un développement durable, harmonieux et tolérant.

Ce ne fut pas toujours le cas, comme en témoigne ce décret de Carlos III, roi d'Espagne, daté du 5 mai 1770 :

« Par la présente, j'ordonne (...) que soit définitivement obtenue l'extinction des langues indigènes en usage (sur le territoire américain) et que seul soit parlé l'espagnol, comme cela a été ordonné (et insuffisamment appliqué) dans de nombreuses lois royales. »

Ce décret précisait les moyens (l'école coloniale monolingue) et les buts (la production de richesses exportables, la soumission et l'évangélisation) de cette politique d'éradication forcenée des langues autochtones :

« (Il faut) enseigner aux Indiens à lire et à écrire l'espagnol dans le but de les instruire dans les dogmes de notre Sainte Religion (...), de faciliter l'administration, d'éradiquer l'idolâtrie, d'inculquer l'amour de la Nation Conquérante, et pour qu'ils se civilisent et puissent commercer. »

Malgré cette politique d'éradication des langues et des cultures, malgré les chocs microbiens, la colonisation et l'esclavage, malgré les spoliations et l'exploitation, les Indiens d'Amérique survivent depuis plus d'un demi-millénaire. Ceux, du moins, qui réussirent à se replier vers des territoires-refuges inaccessibles à l'appétit des Blancs :

*« Les Tarahumaras du nord de Mexico se révoltèrent en diverses occasions. Chaque fois ils furent décimés. Alors, ils se retirèrent dans les zones inhospitalières, et évitèrent tout contact avec les Blancs. Leurs voisins, les Apaches, les traitèrent dédaigneusement de "femmelettes" et continuèrent la lutte. Ils furent exterminés. Tandis que les Tarahumaras vivent toujours et conservent des pans entiers de leur culture ». (Queixalos, F. *Para una educación contra el etnocidio*, Chantiers Amerindia, Paris : 1984.)*

La leçon est fort claire : dans un contexte d'intolérance, les ethnies qui s'opposent aux Blancs disparaissent (4), et celles qui s'en isolent survivent (6) et conservent des pans entiers de leur culture. Et, point tout à fait remarquable, elles refusent le plus souvent les modèles de développement que l'Occident leur propose, et continuent d'affirmer leur identité culturelle et linguistique, et de revendiquer leur droit à la différence :

« Nous ne voulons pas du Progrès si celui-ci nous oblige à courir derrière le monde civilisé. Actuellement, la seule action qui aurait un sens pour nous, serait de nous

rendre nos terres et d'étudier les conséquences sur la vie indigène de tous les projets gouvernementaux de développement des territoires où nous vivons (...). Nous pensons que tous les projets éducatifs élaborés dans les cabinets ministériels conduisent à l'extinction de nos traditions culturelles, qu'ils obligent l'Indien à penser et à vivre comme les civilisés, qu'ils visent à gommer toute différence, et qu'ils sont la cause de la contamination de l'homme et de la nature. » (Collectif rédigé par douze mamas (7) de la Sierra Nevada et adressé au gouvernement et à l'opinion publique.)

Du fait de leur ténacité, les Amérindiens commencent à être entendus par la communauté internationale, et par les gouvernements nationaux qui, les uns après les autres, reconnaissent certains droits (8) aux ethnies minoritaires qui habitent le territoire national dont ils furent spoliés. Voici un extrait du Programme d'action décidé par la *Conférence mondiale sur les droits de l'homme* réunie à Vienne en juin 1993 :

« Tous les peuples ont le droit de disposer d'eux-mêmes. En vertu de ce droit, ils déterminent librement leur statut politique et poursuivent librement leur développement économique, social et culturel. La Conférence considère que le déni du droit à l'autodétermination est une violation des droits de l'homme, et souligne qu'il importe que ce droit soit effectivement réalisé.

Les personnes appartenant à des minorités ont le droit de jouir de leur propre culture, de professer et de pratiquer leur propre religion, et d'utiliser leur propre langue, en privé et en public, librement et sans immixtion ni aucune discrimination que ce soit.

La Conférence reconnaît la dignité intrinsèque des populations autochtones et la contribution unique qu'elles apportent au développement et à la diversité des sociétés, et réaffirme énergiquement l'engagement pris par la Communauté internationale d'assurer leur bien-être économique, social et culturel, et de les faire bénéficier des fruits d'un développement durable. Les États devraient veiller à la pleine et libre participation de ces populations à tous les aspects de la vie sociale, en particulier dans les domaines qui les intéressent directement. »

Et quelques articles de la Constitution Politique de la République de Colombie (1991) :

« Art. 7. L'État reconnaît et protège la diversité ethnique et culturelle de la Nation colombienne.

Art. 8. Protéger les richesses culturelles et naturelles de la Nation est une obligation de l'État et des personnes.

Art. 10. L'espagnol est la langue officielle de la Colombie. Les langues et les dialectes des différentes ethnies sont aussi des langues officielles dans les territoires où on les parle. Dans les communautés ayant des traditions linguistiques propres, l'enseignement sera bilingue.

Art. 68. (...) Les personnes et les groupes ethniques auront droit à une formation qui respecte et développe leur identité culturelle. »

On le voit, un des points clefs est le droit à la reconnaissance des langues, des cultures et des ethnies, mais il suppose aussi la volonté de mettre en place un système

éducatif d'un type *nouveau*, condition essentielle pour que ce droit ne demeure pas dans l'abstraction des textes, mais qu'il pénètre la réalité des faits et des pratiques. Une éducation radicalement nouvelle que la Constitution colombienne qualifie timidement de *bilingue*, et que certains Indiens présentent comme un programme de lutte, une *Education contre les ethnocides*.

Avant de préciser quelques caractéristiques de cette éducation nouvelle, je voudrais signaler un phénomène nouveau, d'une grande importance, me semble-t-il, qui se développe depuis quelques dizaines d'années dans les communautés indiennes. Je prendrai le cas exemplaire de la Sierra Nevada de Santa Marta. Ce phénomène présente au moins trois aspects : un fait, une prise de conscience et le souvenir de l'histoire.

Le fait, c'est que depuis la seconde guerre mondiale, la Sierra Nevada n'est plus, pour les Indiens qui s'y réfugièrent après la chute des États chibchas, un territoire-refuge : les Blancs ont réussi à « coloniser » tout le pied du massif montagneux, environ jusqu'à l'altitude de 1 000 mètres. Il en résulte que *le face à face est désormais inévitable*, par exemple parce que les Indiens sont maintenant obligés d'acheter (9) les produits tropicaux qu'ils cultivaient eux-mêmes jusqu'alors dans les zones chaudes du pied du massif montagneux.

La prise de conscience de l'irréversibilité de cette nouvelle donne historique est l'un des facteurs qui ont conduit les Indiens de la région à exprimer, pour la première fois sans doute de leur histoire, la demande d'introduire certaines connaissances des Blancs dans l'éducation de leurs enfants. *Il faut savoir compter et se servir de la balance* pour ne plus se faire voler dans les transactions commerciales ; il faut connaître l'espagnol et le droit pour se défendre devant les tribunaux ; il faut étudier l'histoire pour qu'elle cesse d'être présentée systématiquement du point de vue des Blancs, qui font de 1492 le symbole d'un « grand pas de l'humanité », et ne voient que des héros dans les *Conquistadores*...

Cette situation radicalement nouvelle pour rendre caduques toutes les politiques de survies traditionnellement fondées sur l'évitement des Blancs et sur la recherche de territoires-refuges n'a cependant pas fait oublier aux Indiens de la Sierra Nevada les effets dévastateurs d'une expérience éducative datant de l'époque de la première guerre mondiale. Des missionnaires catholiques avaient réussi à implanter une école à Nabusimake, en pleine terre indigène, une école de triste mémoire pour les Indiens, puisque les enfants qui y entraient disparaissaient pour les communautés. Une école qui demanda, en tout cas, plus d'un demi-siècle de luttes, avant que les Indiens puissent obtenir sa fermeture, tout récemment, dans les années quatre-vingt.

Ce triple phénomène (disparition des sanctuaires, nécessité d'acquérir certaines connaissances des Blancs, souvenir cuisant de l'école coloniale) permet de comprendre qu'il n'est pas contradictoire, pour un Indien, de lutter pour la fermeture des écoles traditionnelles, et de revendiquer, dans le même temps, l'accès à certaines connaissances des Blancs comme, par exemple, l'art d'écrire, le droit, la comptabilité, les mathématiques... Puisqu'il s'agit d'acquérir ces connaissances dans le cadre d'un système éducatif nouveau, encore à inventer, mais que l'on sait déjà définir négativement comme devant être différent de l'école traditionnelle, héritière de l'école coloniale, dont la structure a « été conçue en grande mesure pour répondre aux besoins

des investisseurs de la métropole, de ses commerçants et de sa culture » (Carnoy, *L'éducation et l'emploi : une étude critique*, Unesco, 1977).

Une demande éducative ? Oui, disent les Indiens, mais à condition que le principal objectif de l'école ne soit pas de les « civiliser », et que le projet soit servi par une volonté politique ferme de respecter les cultures et les nécessités indigènes. Une éducation à concevoir, non plus en termes d'assimilation, mais en termes d'indigénisation, de socialisation, de participation. Une politique éducative qui ne peut être qu'un élément d'une politique générale de développement, radicalement nouvelle, non seulement durable (10), mais aussi équitable et complémentariste.

Car les Indiens savent qu'ils possèdent des connaissances et des richesses humaines essentielles, notamment culturelles et institutionnelles, et qu'ils peuvent, à ce titre, apporter une contribution originale aux problèmes graves et profonds qui se posent au monde (11) :

« On voit plus clairement aujourd'hui qu'on ne résoudra aucun des problèmes graves et profonds qui se posent dans le monde sans l'entière participation des populations autochtones, comme des minorités ethniques, des victimes de la répression et de l'arbitraire, des femmes, des veuves, des enfants, des personnes déplacées et des autres groupes vulnérables, de tous ceux-là qui composent la grande majorité des démunis de nos sociétés et dont il faut prendre en compte les expériences et les demandes. »

Une contribution qui passe par l'invention de formes d'éducation nouvelles :

« Il est essentiel, pour l'avenir de l'humanité, d'envisager un enseignement d'un type nouveau, qui fasse comprendre que les populations autochtones, ainsi que les minorités en général, exigent une coopération de tous les secteurs de la société pour éviter les affrontements, le racisme, la discrimination, et pour que la lutte qu'ils mènent en faveur du plein respect de leurs droits et de leur identité soit couronnée de succès. Reconnaître et respecter le pluralisme culturel, ce sont là des éléments-clés pour bâtir de nouvelles relations d'égalité et de coexistence pacifique entre nos peuples et les différentes nations du monde (Rigoberta Menchu, prix Nobel de la paix) ».

Les caractères idéaux essentiels de cette nouvelle éducation, que j'appellerai désormais l'*ethnoéducation*, sont :

- 1) l'éducation est une œuvre commune, à définir et à gérer collectivement ;
- 2) la scolarisation et l'alphabétisation sont à dispenser dans les langues vernaculaires ;
- 3) l'enseignement se fait dans la langue maternelle des apprenants ;
- 4) les contenus des programmes s'articulent sur la réalité familière de l'ethnie des apprenants ;
- 5) les rythmes scolaires s'articulent sur ceux de la vie sociale de l'ethnie ;
- 6) l'introduction aux réalités de la vie nationale et internationale, notamment à la langue espagnole, se fait prudemment et seulement lorsque l'identification aux valeurs de l'ethnie, notamment à sa langue, est assurée.

Les exigences précédentes résultent d'un double constat.

Le constat, par les responsables gouvernementaux, de l'échec des politiques de scolarisation, celles-ci ayant conduit, presque invariablement, en particulier dans les zones rurales et indigènes, à des retards scolaires massifs, et à des taux d'échec prohibitifs. Ce qui contribue à alimenter les fléaux sociaux que sont l'exode rural et l'explosion des bidonvilles.

Le constat, par les Indiens, des effets pervers de ces mêmes politiques, qui font que tout enfant qui réussit sa scolarité est un enfant perdu pour sa communauté d'origine, et que tout enfant qui échoue – ce qui est le cas le plus général – devient un éternel inadapté, aussi mal à l'aise chez les Blancs que dans son ethnie d'origine.

Voici, par exemple, quelques conclusions de la Commission éducation du premier Colloque indigène national réuni à Santa Fé de Bogota en 1991 :

« L'éducation officielle ne profite pas aux communautés indigènes parce qu'elle ne respecte pas notre culture, et qu'elle ne part pas de nos besoins ; elle ne profite, en fait, qu'aux classes dominantes. Toutes les formes d'éducation scolaire qui éloignent l'enfant indigène de sa propre identité doivent être rejetées, car elles sont un instrument de destruction culturelle (...). Il existe, depuis toujours dans nos communautés, différentes formes d'éducation fondées sur le caractère communautaire de nos cultures, et ces traditions doivent continuer à enrichir l'éducation d'aujourd'hui ».

Notons en particulier les moyens jugés nécessaires au développement de cette nouvelle éducation (12) :

« Les communautés indigènes doivent assumer le contrôle de l'école pour qu'elle soit au service des intérêts indigènes.

Nous devons continuer à utiliser notre tradition éducative, et à fortifier notre identité qui nous a permis jusqu'ici de défendre notre culture.

Nous devons approfondir par des recherches la connaissance de notre histoire, de nos connaissances, et de nos savoirs ».

Récapitulons quelques points, qui semblent autant de conditions préalables à la mise en place de l'ethnoéducation, et constituent autant de thèmes de recherches du Centre colombien d'études ethnoéducatives :

- 1) la définition et la mise en place d'une politique d'ethnoéducation sont des prérogatives indigènes garanties par la Constitution ; elles ne peuvent être réalisées qu'en accord avec les communautés, et avec la collaboration volontaire de tous ;
- 2) les communautés doivent au moins participer aux contrôles, notamment politiques, de tous les éléments du système ethnoéducatif ;
- 3) les responsables indigènes doivent disposer des moyens et être en mesure d'évaluer les conséquences, pour leur communauté, de l'accès aux connaissances et aux savoirs, notamment scientifiques, dispensés par le système ethnoéducatif ;
- 4) les « experts » non-indigènes impliqués dans le processus ethnoéducatif doivent avoir une connaissance substantielle des langues, des cultures, des besoins et des aspirations indigènes ; à tout le moins, ils doivent avoir un sens aigu de l'écoute, et un respect profond des autochtones, de leurs connaissances, de leurs savoir-faire,

de leurs savoir-vivre, de leurs systèmes de représentation, de leurs systèmes d'éducation et de socialisation traditionnels ;

- 5) la « transmission » des sciences, notamment des mathématiques, n'est qu'un élément très particulier de toute politique ethnoéducative ;
- 6) les mathématiques, par exemple, doivent être présentées aux responsables indigènes sous leurs divers visages, par exemple depuis une arithmétique « de marchands » jusqu'aux théories « formelles » des nombres, ou de la géométrie « physique » du positivisme naïf jusqu'aux géométries « axiomatiques » contemporaines ; ceci afin qu'ils puissent en comparer les enjeux, et décider en connaissance de cause du type ou des types de mathématiques qu'il leur paraît souhaitable de promouvoir dans leur communauté.

Ces points démontrent, s'il était nécessaire, la complexité de la tâche à accomplir. Une entreprise que je n'hésiterai pas à comparer aux grands défis technologiques, comme le percement du tunnel sous la Manche ou l'envoi d'un homme sur la lune, tant cette utopie suppose la coordination de multiples compétences, et la coopération de groupes humains fort étrangers les uns aux autres, et profondément meurtris par des siècles de génocides et d'ethnocides.

Quelques aspects des recherches en Colombie

La difficulté essentielle de toute entreprise ethnoéducative provient de l'immense distance culturelle qui sépare, par exemple, un chaman et un mathématicien d'aujourd'hui. Prenons seulement deux exemples en posant les questions simples suivantes. Qui va développer des mathématiques articulées sur une cosmovision amérindienne ? Comment présenter les mathématiques à un Indien de tradition orale, dans une langue qui n'a pas développé jusqu'ici ce qu'il est convenu d'appeler des vocabulaires scientifiques, sachant qu'il convient d'articuler la nécessité de l'écrit et le prestige de l'oral ?

L'Indien d'aujourd'hui ? Peut-être, s'il accepte l'effort d'entrer dans les principes de la pensée mathématique, et dans la mesure où celle-ci lui apporte des réponses, nouvelles ou plus économiques que celles qu'il peut inventer par ses propres moyens, aux problèmes qu'il se pose dans sa propre cosmovision.

Le mathématicien ? Peut-être, s'il accepte l'effort d'entrer dans la vision indigène du monde, et dans la mesure où il parvient à y poser des problèmes moteurs pour sa propre discipline.

Bien plus probablement, en tout cas, et à coup sûr de manière plus certaine, les réponses seront apportées par la collaboration de ces deux types d'acteurs. A supposer, bien sûr, qu'ils acceptent de relever le défi. Un défi raisonnablement réaliste, compte tenu du chemin déjà parcouru, notamment en Colombie :

- 1) un cadre constitutionnel solide ;
- 2) une tradition déjà longue de travail en commun des Indigènes, des chercheurs du Centre colombien d'études des langues aborigènes et des chercheurs français du Centre d'études des langues indiennes d'Amérique ;
- 3) des descriptions fiables et surtout comparables de dizaines de langues ;
- 4) la résolution, pour l'essentiel, des passages à l'écriture ;

- 5) des expériences exceptionnelles dans le domaine de la création de néonumérations et de textes aussi étrangers à la pensée indigène traditionnelle que la Constitution politique de la République colombienne ;
- 6) un Centre colombien d'études ethnoéducatives à l'université de la Guajira, à Rio Hacha, c'est-à-dire au cœur de l'ethnie indienne la plus nombreuse du pays ; ce centre a achevé de définir son projet, *Kwibi Urraga*, qui articule recherches, expérimentation, formation et développement ;
- 7) création de deux licences en ethnoéducation dans les universités du Cauca et de la Guajira.

Le premier résultat, essentiel mais rarement souligné et exceptionnellement respecté, aura été de ne pas se lancer précipitamment dans la course à l'ouverture d'écoles « expérimentales » en zone indigène, mais de construire au contraire les conditions d'un dialogue interculturel durable. Un dialogue indispensable pour ne pas reproduire, involontairement mais inévitablement, le modèle de l'école traditionnelle (héritière de l'école coloniale ou de l'école missionnaire), que l'on peut caractériser par la différence de statuts des connaissances : les unes, dites prétendument « universelles » ou « de Progrès », devant faire disparaître les autres, préalablement stigmatisées comme « primitives », « folkloriques », « pré-scientifiques », quand elles ne sont pas tout simplement niées et déclarées « irrationnelles ».

Les travaux des chercheurs du CCELA ne sont pas ceux d'experts, nationaux ou internationaux, cherchant à faire carrière mais voulant développer une œuvre collective à laquelle participent les principaux intéressés, c'est-à-dire les Indiens, qui seront, à terme, les véritables experts de la description de leurs langues et de leurs cultures, et les premiers, sinon les seuls, responsables de l'ethnoéducation et du programme *Kwibi Urraga* (13).

Une « retombée », comme on dit, de cette approche préliminaire des langues indigènes aura été la création de chaînes de *démultiplicateurs* ou de *truchements*, c'est-à-dire de personnes pouvant relier continuellement des extrêmes aussi différents qu'un *mama* de la Sierra Nevada et un scientifique occidental. L'importance incontournable de ces truchements résulte du fait qu'ils ont développé, dans l'exacte proportion de la réalité et de la profondeur de leurs échanges, des langues de contact, des habitudes de traduction, des techniques d'interprétation, des stratégies de diffusion... Sans parler du fait essentiel qu'ils ont appris à se connaître et à se respecter.

Ces chaînes de truchements sont, en tout cas, devenus des spécialistes de la création de langues de contact, préalable indispensable à toute tentative de création de terminologies scientifiques et pédagogiques en langues vernaculaires. Rappelons qu'ils ont pu de cette manière produire six traductions de la Constitution colombienne. Elles ont permis, d'autre part, qu'un mathématicien français et un *mama* de la Sierra engagent un véritable débat cognitif à propos de la recherche d'une concrétisation du corps des nombres réels, qui serait compatible avec les cosmovisions indigènes et avec les exigences de la rigueur mathématique que l'on est en droit d'attendre d'un enseignant indigène après les travaux des mathématiciens comme Dedekind ou Cantor. Nous reprendrons ce point plus en détails dans les deux parties suivantes.

Ces chaînes de truchements ont également permis qu'un linguiste français et des instituteurs sikuanis mènent à terme le projet de créer une néonumération (14). Une telle réalisation contribue à détruire l'idée fausse que l'emprunt pur et simple de la numération espagnole serait la solution la plus simple et la moins coûteuse pour les Sikuanis ; et elle prouve, de plus, que toute communauté indigène peut, à tout moment, retrouver la fierté de sa langue, relancer ses mécanismes productifs, et relever le défi de créer des systèmes linguistiques spécialisés, plus performants que ceux de la langue du colon.

D'autres résultats, tout aussi importants, proviennent du fait que ces chaînes de truchements ne sont pas seulement un lieu d'échange interethnique, mais qu'elles constituent aussi un véritable milieu pluridisciplinaire, dans lequel collaborent des linguistes, des ethnologues, des sociologues, des historiens, des épistémologues, des pédagogues, des juristes, des travailleurs sociaux, des cadres administratifs...

Cette collaboration pluridisciplinaire permet, par exemple, de compenser l'absence fréquente de données historiques par l'analyse comparative des langues actuelles ; ce qui permet souvent de reconstruire des étymologies probables, et de conjecturer d'anciennes stratégies de représentation liées à la résolution de tel ou tel problème de mise en signes, par exemple des conceptualisations numériques. De cette manière, des scénarios, linguistiquement documentés et cognitivement vraisemblables, ont pu être reconstruits, notamment pour reconstituer quelques points de l'histoire de plusieurs numérations précolombiennes (nasa yuwe, misquito, chibcha), ou pour décrire les changements de type sémiotique survenus dans certaines numérations mayas, au contact des numérations positionnelles de l'Occident. De même, des chercheurs indigènes ont pu retrouver, dans la mémoire collective des Paez, une gestuelle ordinale traditionnelle, qui permet, sur des bases observationnelles solides, d'établir que la numération nasa yuwe traditionnelle n'est aucunement incohérente, comme le soutenait le premier descripteur européen de cette numération, même si les noms des nombres 7, 8 et 9 lui apparaissaient, à tort, comme les composés (2,6), (3,6) et (4,6).

Les réflexions sur les pratiques et les résultats produits par ces chaînes pluridisciplinaires de truchements génèrent des reprises épistémologiques générales de l'ensemble des faits observés alors d'un point de vue cognitif. Il devient ainsi possible de décrire les phases d'un cycle complet de l'évolution de certains concepts spécifiques (par exemple celui de nombre) de systèmes de représentations, (par exemple les numérations), de stratégies de mise en signes, de techniques de calcul..., depuis leur naissance dans l'obscurité des origines, jusqu'à leur mort dans l'oubli, leur disparition par changement de paradigme, ou leur fusion dans une nouvelle synthèse historique, en passant par tous les degrés de leur transformation par dé-re-contextualisation dans d'autres pratiques, cosmovisions, ou théories...

On montre ainsi, par exemple, que les connaissances nécessaires à la création d'un système de numération capable de générer l'expression de très grands nombres (par exemple de l'ordre du sextillion) se développent en cycles de trois phases : le *détachement* de l'expérience réelle ou conçue, qui prend les formes d'une simulation par signaux ou d'une modélisation par symboles, l'*autonomie* dans et par la langue naturelle, qui fournit les moyens de produire, selon les normes syntaxiques, tout autant que

de créer en jouant sur l'écart à ces normes, l'*asservissement* aux principes d'une discipline et d'une communauté de spécialistes qui fournit les types de rationalité, de preuves et d'acceptabilité qui font la science et décident des faits scientifiques.

Notons enfin que le travail réalisé au cours de ces échanges, notamment à propos d'un concept spécifique, produit nécessairement, en même temps, autant de propositions d'expression et de représentation, tant dans les langues des extrêmes que dans les langues de contact qui se construisent à mesure. C'est de ce matériel, nous semble-t-il, que pourront sortir les plus intéressantes propositions pour la production des terminologies scientifiques, que l'ethnoéducation devra nécessairement produire ; elles constituent une réelle alternative à la traduction mot à mot, que l'on observe généralement dans d'autres contextes de mise en place d'une langue nationale d'enseignement.

Tout ce travail, s'il permet l'observation des connaissances, ne suffit cependant pas à définir, et encore moins à gérer, les situations d'apprentissage proprement dites. Il devrait donc s'articuler sur des analyses didactiques et des expériences d'ingénierie didactique, nous ne parlerons pas ici de ces questions.

Après ces généralités qui permettent de prendre la mesure de la complexité des problèmes que pose l'ethnoéducation, nous présenterons quelques témoignages concernant la question plus particulière de la présentation de concepts mathématiques à des ethnies étrangères au développement contemporain de cette discipline dans le monde industriel d'aujourd'hui.

Une concrétisation indigène de la droite réelle

Rappelons, pour commencer, qu'une entité mathématique nouvelle reste toujours très difficile à concevoir, à accepter, et à communiquer, tant qu'aucune « concrétisation » convenable n'a été inventée ou découverte, qui permette au mathématicien de se la représenter, et de la ressentir comme un objet « réel ».

L'histoire des sciences fournit de nombreuses illustrations de cette difficulté, particulière aux mathématiques qui s'occupent davantage d'être de raison que d'être du monde, et de la libération qu'apporte la découverte d'une structure « concrète » représentative d'une certaine axiomatique. Ce fut successivement le cas pour les nombres que les mathématiciens disent « irrationnels », « négatifs », « complexes », et, tout récemment, « non standards ». Ou encore, en géométrie cette fois, lors de la découverte des géométries non euclidiennes, ou, en logique, des paradoxes de la théorie des ensembles.

Dans tous ces cas, l'effet d'une « concrétisation » fut toujours immédiat, et provoqua un changement d'attitude radical et immédiat dans la communauté mathématique. Prenons le cas de la découverte des nombres complexes, comme la fameuse racine carrée de moins un.

Ces nombres, découverts comme intermédiaires de calcul dans la résolution des équations du troisième degré, paraissaient si étranges qu'on les qualifia de nombres *impossibles* ou *imaginaires*, et, plus gravement, que l'on doutait de la validité des calculs où ils intervenaient. Bien sûr, les mathématiciens finirent par les utiliser, malgré leur réticence, en raison des services qu'ils rendaient, notamment dans la recherche des racines d'une équation. Ainsi, au XVIII^e siècle, l'outil était-il accepté (comme un

« sophisme »), mais l'entité impossible ou imaginaire, elle, ne l'était toujours pas, et les mathématiciens partageaient toujours l'opinion émise par Bombelli deux siècles plus tôt :

« De l'avis de beaucoup, c'était une idée insensée, et moi-même je fus longtemps de cette opinion ; toute la question semblait reposer sur un sophisme plutôt que sur une réalité ; cependant, je cherchai jusqu'à ce que j'eusse prouvé que c'était bien la vérité. »

comme, par exemple, Euler, qui écrivait en 1770 :

« Toutes les expressions comme $\sqrt{-1}$, $\sqrt{-2}$, etc. sont [...] des nombres impossibles ou imaginaires ; puisqu'ils représentent les racines carrées de quantités négatives ; de ces nombres nous pouvons seulement affirmer qu'ils ne sont ni zéro, ni supérieurs à zéro, ni inférieurs à lui, ce qui nécessairement les rend imaginaires ou impossibles. »

Longtemps encore, les racines de nombres négatifs ne devaient avoir aucune réalité objective, malgré la familiarité que les mathématiciens en avaient par leur pratique ; elles n'existaient que comme des constructions langagières, des sophismes, cependant nécessaires en vertu de cette sorte de droit à l'existence idéale que leur conféraient les règles d'un calcul rigoureux. Et les disputes allaient bon train.

Jusqu'au jour où quelques mathématiciens (15) découvrirent un moyen de les concrétiser. Il consiste, pour l'essentiel, à interpréter l'imaginaire $i = \sqrt{-1}$ comme un opérateur géométrique, une rotation d'angle droit. Dans cette identification, tout point M du plan représente (et est représenté par) un nombre complexe z de la forme $z = x + iy$, x et y étant le couple de réels correspondant aux coordonnées du point M dans un repère convenable.

Du coup, ces nombres perdirent leur caractère impossible ou imaginaire, et la concrétisation imaginée leur conféra une existence véritablement objective : on pouvait les saisir, les regarder, les dessiner réellement, et non plus les saisir seulement en pensée, dans le réseau des relations qui structurent en corps de nombres les ensembles munis d'une loi d'addition et d'une loi de multiplication. Gauss dira, par exemple, qu'il finit par considérer « cette partie importante des mathématiques à un point de vue différent, grâce auquel on peut attribuer une existence objective aux quantités imaginaires ».

La concrétisation par un modèle (les points du plan) avait permis ce que l'utilité indéniabla de l'outil n'avait pas réussi : donner un statut mathématique d'objet, et donc droit logique de cité, à des entités jusque là réputées impossibles. Les disputes s'arrêtèrent, et plus aucun mathématicien ne rouvrit, depuis lors, cette boîte de Pandore : un objet scientifique indiscuté sinon indiscutable.

Nous retiendrons que la découverte d'une concrétisation, c'est-à-dire d'une modélisation qui interprète dans une structure *plus familière* (et non pas plus réelle), est toujours un moment essentiel de la vie d'un concept mathématique, c'est son acte de naissance. Et c'est, en même temps, une condition *sine qua non* de son acceptation par une communauté, même de spécialistes. Soulignons, *a fortiori*, la nécessité des concrétisations pour tout enseignement des concepts mathématiques.

J'ai eu le privilège, en 1989 et 1990, dans la Sierra Nevada, de pouvoir entrer dans une chaîne de truchements, et d'animer, en tant que mathématicien, des groupes de

travail (16) sur le nombre et les numérations. Étaient présents : un *mama*, des « instituteurs » indigènes des trois ethnies de la Sierra Nevada, des responsables politiques indigènes, des chercheurs en linguistique colombiens et indigènes.

L'objectif que je m'étais fixé était de rechercher, en vue d'un futur et hypothétique enseignement des mathématiques en langues amérindiennes, une concrétisation *culturellement acceptable* de la structure mathématique du corps des nombres réels (17). Le modèle le plus courant en Occident de cette structure est ce qu'on appelle la droite réelle, c'est-à-dire une droite graduée par les nombres réels. L'interprétation est réalisée techniquement par une mise en correspondance bijective des nombres x du corps R et des points M de la droite D , par une application qui associe à tout point M son abscisse x_M , et qui est astreinte à vérifier certaines propriétés. C'est évidemment ce modèle qui guidait mes questions et mes suggestions tout au long du débat.

Une grave difficulté ne tarda pas à se présenter. Le *mama* me fit savoir que cette image de la droite ne pouvait pas être retenue pour l'enseignement chez les Kaggaba, parce qu'elle heurtait l'image indigène traditionnelle du temps. Apprécions la profondeur du jugement, et la subtilité de la pensée de l'Indien, qui reliait mes dessins de droites graduées aux représentations qu'il se fait du temps. Nous fûmes ainsi conduit à discuter des cosmovisions occidentale et indienne du temps (grammatical et cosmologique), ainsi que de leurs représentations. Et à prendre acte de différences notables, par exemple, pour le temps grammatical, puisque le futur est souvent imaginé par un Occidental comme se trouvant devant l'observateur ; tandis que l'Indien se représente le futur derrière lui. Une raison avancée pour placer le passé devant soi, étant qu'il est généralement mieux connu que le futur. Donc plus visible...

Une différence plus importante avait cependant motivé la réaction négative du *mama*. Les temps occidental et indigène s'opposant souvent comme le linéaire et le cyclique, et, plus profondément encore, comme le profane et le sacré. Il ne pouvait être question de représenter le temps sous la forme linéaire profane d'une droite, et interdire ainsi l'intuition du temps cyclique sacré, aux enfants de la communauté.

Mais je n'avais pas plus de raisons d'abandonner le modèle occidental de la droite réelle, ce modèle mathématique que nous croyons volontiers « universel », que mes interlocuteurs n'en avaient de renoncer à leur cosmovision. La situation était bloquée, et aurait fort bien pu en rester là.

Pour autant que je m'en souvienne, c'est une remarque du *mama* qui est venu tout débloquent :

« Une droite est comme cette corde. Tendue ou détendue, déroulée ou enroulée, c'est toujours une corde. »

Puis, il m'emmena au centre de la maison des réunions sociales traditionnelles, et me fit regarder vers le toit conique qui la couvre. Il me fit, par interprète interposé, un discours dont je n'ai capté que trois informations :

« Regarde. Tu vois cet escargot qui relie les poutres et descend du sommet. C'est aussi une corde. Elle est comme notre temps. »

Effectivement, une corde végétale descendait du sommet, et reliait, en formant une hélice, les poutres qui constituaient la charpente, et qui étaient disposées comme les génératrices et les sections orthogonales d'une nappe de cône.

Le *mama* venait de me rappeler une propriété d'invariance importante, celle de la structure topologique qui définit l'ordre des points d'un continu unidimensionnel. L'image de la droite modélisant les réels peut bien être « droite » ou « enroulée en hélice », cela ne change en rien son aptitude à représenter ces nombres, ou à modéliser les structures dont leur ensemble peut être muni. On sait d'ailleurs, depuis les travaux mathématiques de Peano, Frege, Cantor, Dedekind... que les questions d'ordre et de type d'ordre sont au centre des axiomatiques visant à fonder le concept de réel, ou à définir les continus. Bref le *mama*, qui refusait l'image de la droite des Blancs tracée à la règle sur un plan, proposait celle d'une droite enroulée en hélice sur la nappe d'un cône.

Aucun mathématicien n'y trouverait à redire.

Il ne restait plus qu'à exploiter cette concrétisation possible des réels par l'image de la corde en escargot, qui court sous le toit de la maison de la sagesse des Indiens de la Sierra Nevada.

Je n'ai pas encore eu l'occasion d'aborder ces questions dans les ateliers de la Sierra ; par contre, j'ai pu en discuter longuement à Bordeaux, avec Rubiel Zalabatta, un Ika alors étudiant de linguistique à l'École pratiques des hautes études de Paris, et maintenant recteur de l'école bilingue de Nabusimake.

Il ressort de nos discussions que cette concrétisation pourrait être particulièrement fructueuse dans le cadre des recherches ethnoéducatives.

Ce modèle indigène permet, en effet, de présenter de manière « immédiate », et de façon « naturelle », un grand nombre de questions qui paraissent « fondamentales » au mathématicien occidental. Il s'agit notamment de :

- 1) la possibilité d'introduire simplement le problème du concept de nombre (entier naturel) dans sa fonction première d'être un outil qui « en dépit de l'identité que revêt pour la perception un ensemble d'objets semblables [fondus dans l'unité d'un genre] sera capable de faire obstacle à la fusion mentale (18) », c'est-à-dire de déterminer par la pensée, dans un acte énumératif, que *a*, *a*, *a*, font *trois* aussi bien que *une* lettre *a* ;
- 2) la possibilité d'introduire simplement les négatifs, par une symétrie introduisant la deuxième nappe du cône ;
- 3) la possibilité d'introduire simplement les décimaux, ou les rationnels, en affinant autant qu'on le désire la structure du maillage du cône, en augmentant le nombre de génératrices et de sections orthogonales que l'on considère ;
- 4) la possibilité d'opposer deux types d'ordre profondément distincts : l'ordre oméga des naturels (ou zêta des entiers) à l'ordre éta des rationnels et des décimaux (19) ;
- 5) la possibilité d'aborder concrètement la question des rôles des systèmes de numération, ainsi que celui des changements de base dans les numérations positionnelles ;
- 6) la possibilité d'opposer les « logiques » additive des décimaux et multiplicative des rationnels. Ce point délicat renvoie au fait que la division n'est pas partout définie dans les décimaux, contrairement à ce qui se passe dans les rationnels, et qu'il faut construire une théorie des rapports et des proportions (*a* est à *b* comme *c* est à *d*, *x* se trouve entre *a* et *b* comme *y* entre *c* et *d*) pour pouvoir mesurer certains objets que construisent les mathématiciens.

Il reste, évidemment, à construire et à expérimenter des séquences pédagogiques précises, non pas tellement pour lancer déjà des programmes dans les écoles bilingues de la Sierra Nevada, mais bien plutôt pour accompagner les communautés dans la difficile tâche de saisir les tenants et les aboutissants d'une culture mathématique, et, si elles le jugent alors utile, pour se lancer dans l'aventure de la création lexicale des terminologies mathématiques, préalable indispensable à tout enseignement des mathématiques en langues amérindiennes. Les figures suivantes mettent en évidence quelques uns des moments possibles de cet enseignement :

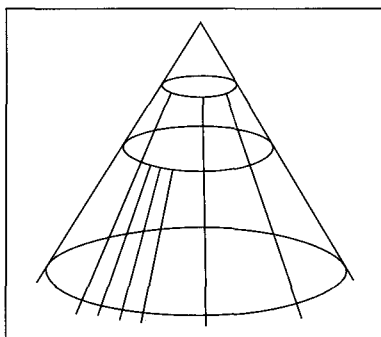


Figure 1.
Apprentissage de l'énumération

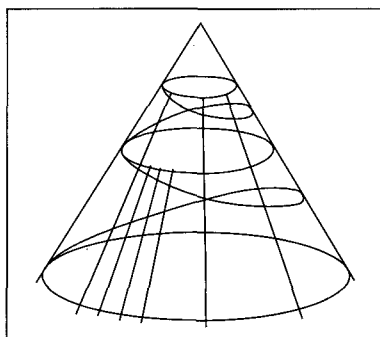


Figure 2.
Apprentissage d'une concrétisation de R

Réflexions sur une présentation possible de la notion de nombre

Rappelons que notre objectif est de présenter, le plus « naturellement » possible, à de futurs enseignants indigènes, les principaux problèmes que pose la construction des nombres, au sens des mathématiques d'aujourd'hui.

Il nous revient donc d'imaginer des problèmes suffisamment riches pour que les principales difficultés mathématiques de cette construction soient susceptibles d'apparaître et d'être discutées, et dont la solution oblige à engager les concepts mathématiques visés ; mais des problèmes qui doivent aussi pouvoir être saisis et, au moins partiellement, résolus sans culture mathématique préalable, par exemple par un Indien non acculturé et ne parlant pas l'espagnol.

Nous admettons, sans le discuter ici, un principe majeur de l'ethnoéducation : un concept n'a de sens qu'en relation aux problèmes qu'il permet de résoudre, ceux-ci étant d'ailleurs en relation avec les besoins culturels, qui permettent de les identifier. Nous admettons, de plus, que les connaissances sont, de manière fort générale, des constructions collectives.

Le point de départ, dont nous ne traiterons pas ici, semble bien pouvoir être une réflexion commune, développant des compétences linguistiques et métalinguistiques indispensables, sur le système de la langue. Toute langue, en effet, a développé des solutions spécifiques à de nombreux problèmes de mise en signes de conceptualisations fort générales. Ces solutions font intervenir des connaissances « naturelles » (au sens de liées au système de la langue), spécifiquement articulées aux cosmovisions et aux cultures, et qui permettent de conjecturer des pans entiers de l'organisation attri-

buée au domaine du quantitatif, de son articulation au qualitatif, de dégager des stratégies (souvent « inconscientes », même pour le locuteur) pour traiter de grandes distinctions comme celles du discret et du continu, du singulier, du collectif et du pluriel, de l'ordinal et du cardinal, de l'ordre et de la mesure, ou encore pour déterminer, voire énumérer, les éléments d'un ensemble ou pour définir les parties d'un tout.

L'étude, par exemple, des quantités du français, c'est-à-dire des termes qui marquent de manière ambiguë soit l'ordinal soit la fraction, comme les mots **tiers** ou **cinquième**, montre que cette ambiguïté est levée par la situation. Chaque fois que celle-ci, ou le contexte, déclenche la vision d'un référent *continu* (respectivement d'un référent *discret* ou conçu comme discret), le quantième est perçu sémantiquement comme renvoyant à une *partie*, définie par son *étendue* (propriété « inaliénable », respectivement comme un *élément* identifié par une *position*, propriété extrinsèque), et ceci, relativement à un *tout présumé divisible* (respectivement, à une *diversité présumée énumérable*). Des phénomènes de ce type sont fréquents, notamment dans les langues mayas. Leur étude, dans des chaînes de truchements comprenant linguistes et mathématiciens, me paraît tout à fait essentielle pour commencer à dégager ce que j'appelle des pierres d'attente naturelles de la pensée mathématique du nombre (20).

Les témoignages de la partie précédente, mais aussi de l'épistémologie et de l'histoire des mathématiques, suggèrent que l'une des fonctions essentielles du nombre est de permettre de maintenir distinct, de discerner et de déterminer, ce que l'intelligence ou les sens ne peuvent concevoir qu'indistincts, confondus dans l'homogénéité d'un genre, comme des billes toutes semblables et qu'un tiers ferait circuler dans les mains d'un aveugle, ou comme les parties d'un tout qui ne serait pas effectivement divisé (21). Ce qui suggère, pour construire les systèmes de nombres, de partir du problème du repérage des points d'un continu, et, plus précisément des points d'une nappe de cône.

Un premier pas est réalisé par la prise de conscience de l'impossibilité de la tâche, et de la nécessité de se contenter de réaliser une sorte de « maillage » discret du continu proposé, de « quadriller » la surface du cône. Ceci apparaît généralement après avoir pris conscience de l'insuffisance du premier référentiel qui vient à l'esprit, lié le plus souvent à l'origine déictique, le *moi-ici-maintenant* du sujet linguistique, qui pointe tel ou tel endroit du cône, et qui tente de le faire voir ou saisir à son interlocuteur.

D'importantes conditions apparaissent, plus ou moins rapidement, au cours des discussions du problème de l'identification des points d'une nappe de cône. En voici quelques unes :

- 1) Différents types de quadrillages peuvent être mis en place pour discrétiser le continu donné ;
- 2) Tous doivent comporter un nombre *infini* de « mailles » ;
- 3) Même un nombre infini (dénombrable) de mailles discrètes est insuffisant pour nombrer l'infini (continue) des points du cône ;
- 4) L'infini (dénombrable) des mailles doit pouvoir être étiquetée ;
- 5) Il faut donc (commencer par ?) construire (séparément ?) le système des « étiquettes » ou des « numéros », en nombre suffisant (une infinité dénombrable) pour désigner sans ambiguïté tous les points du quadrillage

Arrêtons-nous un instant sur ce dernier point. La construction de notre système d'étiquettes est fondamentalement un problème linguistique. Il peut donc facilement être saisi et résolu par les Indiens eux-mêmes. Du point de vue de l'arithmétique, c'est le problème fondamental de la numération : construire un système d'expressions, qui permettent de désigner individuellement chacune des entités d'un ensemble dénombrable.

Aucune liste finie, aucun alphabet, ne permet de résoudre ce problème. Il faut un système générateur, c'est-à-dire muni de règles qui permettent, à partir de certaines expressions, d'en produire de nouvelles, évidemment plus complexes que les premières.

Ce point apparaît généralement après avoir épuisé les pseudo-solutions, qui consistent à inventer de nouveaux éléments pour augmenter la taille de l'alphabet ou la longueur de la liste, ou encore, à multiplier les alphabets en ajoutant des marques diacritiques aux éléments du premier. Ces pseudo-solutions ne sont, en effet, effectives, et même optimales, que dans le cas fini (22).

Une solution plus théorique consiste à construire le « monoïde libre engendré par un alphabet fini », c'est-à-dire utiliser récursivement l'alphabet lui-même comme système de marques diacritiques : après a, b, c, etc., z ; on prend aa, ab, ac, etc., az ; puis ba, bb, bc, etc., bz ; et ainsi de suite jusqu'à za, zb, zc, etc., zz ; où on passe à deux marques diacritiques, prenant aaa, aab, aac, etc., aaz ; et ainsi de suite récursivement. Ce procédé revient à former tous les « mots » de toutes les « longueurs » possibles, avec les « lettres » de l'alphabet initialement donné.

Il est facile de comprendre et de faire comprendre qu'il est nécessaire, pour s'y retrouver dans cette infinité de « mots », de définir un « ordre » sur le monoïde libre. Les débats organisés sur ce sujet montrent qu'il est très instructif d'analyser et de comparer différents types d'ordre qu'il est possible de définir, puis d'en comparer les avantages et inconvénients respectifs.

Deux types d'ordre sont particulièrement intéressants : l'ordre *alphabétique* ou lexicographique (celui des dictionnaires). Il est d'ailleurs très naturellement découvert, même par des enfants. Et l'ordre que l'on pourrait dire *alphanumérique*, celui selon lequel sont rangés, en numération décimale de position, les entiers naturels ; dans l'ordre alphanumérique, on commence par ranger les « mots » par longueur (par exemple le nombre de chiffres de leur écriture positionnelle) puis, ceux qui sont de même longueur. Les propriétés de ces deux types d'ordre ne sont évidemment pas les mêmes (23).

Le problème dit « du bibliothécaire » permet de réfléchir aux propriétés de différents types d'ordre, et de saisir, notamment, une opposition entre les entiers naturels et les rationnels.

Une cotation des livres d'une bibliothèque étant réalisée, il arrive souvent que de nouveaux ouvrages viennent s'ajouter au stock initial. Il est rarement satisfaisant de placer ces nouveaux titres systématiquement à la fin du rayonnage, en tout cas le bibliothécaire voudrait bien les intercaler entre des ouvrages initialement consécutifs, sans avoir à reprendre entièrement la cotation initiale.

Le bibliothécaire est ainsi confronté à la construction d'un type d'ordre qui jouit de la propriété qu'entre deux éléments différents il puisse toujours en intercaler un troi-

sième, et donc autant qu'il le désire, voire même une infinité. Placer, par exemple, cinquante-deux nouveaux ouvrages entre les cotes successives 1492 et 1493.

Une solution bien connue, et qu'il est inutile de rappeler ici, revient à construire les décimaux, ou à intercaler de nouvelles génératrices sur la nappe de notre cône.

Les avantages didactiques de l'approche que nous venons d'esquisser ne seront pas davantage traités ici ; pas plus que son intérêt pour la création, dans les chaînes de truchements dont nous avons parlé, des terminologies scientifiques.

Un point toutefois mérite d'être commenté, parce qu'il permet d'opposer assez clairement les pratiques mathématiques des autres pratiques scientifiques. Nous partions de l'exemple du dénombrement des objets d'une collection. D'un point de vue naïvement empiriste, ce problème ne diffère guère du problème de la numération, puisqu'il s'agit de compter des objets : les objets d'une collection matérielle, dans un cas, et les objets que les mathématiciens appellent des entiers naturels, dans l'autre. Pourtant, un point important distingue les deux situations : seul l'ensemble N des entiers naturels est canoniquement muni d'un ordre total. Il n'a donc pas à être préalablement énuméré.

Dans le cas du dénombrement, outre la nécessité de disposer d'une numération performante, il faudra donc décider d'une stratégie d'énumération des objets de la collection, et se débrouiller pour mettre en correspondance les objets énumérés avec les entiers ordonnés. Dénombrer une collection X , c'est donc définir, ou plutôt établir, une fonction de l'ensemble N , muni de son ordre canonique oméga, dans l'ensemble X , sur lequel une fonction successeur s a, préalablement, été définie :

$$d : (N, \Sigma) \longrightarrow (X, s)$$

Les outils cognitifs nécessaires à tout dénombrement sont donc : la connaissance des entiers naturels, de leur ordre total, la construction d'une fonction successeur sur la collection (c'est-à-dire un moyen d'en identifier et d'en énumérer les objets), et la connaissance de ce que Gallistel appelle le « principe ordinal », consistant à pouvoir juger que le dernier ordinal énoncé dans le comptage fournit, ou n'est autre que le cardinal de la collection.

Dénombrons les nœuds du quadrillage du cône de la figure 1. Très vite, on découvre que ce n'est pas une, mais deux stratégies énumératives, qui apparaissent assez « naturellement ». La première est celle du sujet, qui décide de parcourir les points du maillage en épuisant successivement tous les nœuds qui se trouvent sur une même section orthogonale du cône, en allant du sommet vers les « étages » successifs. La seconde est celle du sujet, qui décide de descendre les nœuds en empruntant les génératrices du cône... et qui se rend compte qu'il est incapable de passer effectivement d'une génératrice à l'autre, puisqu'il faudrait pour cela pouvoir descendre à l'infini, jusqu'au dernier point de ces droites.

Examinons plus en détails cette curieuse situation où l'un semble pouvoir, et l'autre pas, énumérer effectivement un ensemble que nous savons dénombrable (infini). Et posons, pour fixer les idées que les nœuds sont numérotés par des étiquettes.

On peut d'abord constater qu'il est impossible de réaliser concrètement une énumération alphabétique. Soit, par exemple, l'alphabet $A = \{a, b\}$. Le premier mot du dictionnaire est « a », son successeur immédiat dans l'ordre alphabétique est « aa », suivi de

« aaa », puis de « aaaa », et ainsi de suite. On devine qu'il est impossible d'écrire un mot commençant par la lettre b, ou plus généralement comprenant une occurrence de b, puisqu'il faudrait, en effet, avoir atteint et écrit effectivement le « dernier » des mots qui ne comprennent que des occurrences de la lettre a. Or, ce dernier n'existe pas, car nous nous sommes donné le droit d'écrire des mots de longueur infinie, et que, pour l'ordre oméga, caractéristique des systèmes de numérotation par les entiers naturels, il n'y a jamais de dernier élément.

Négligeons cet interdit, et supposons avoir néanmoins écrit le mot « ab ». Ses successeurs alphabétiques sont « aba », « abaa », « abaaa », « abaaaa », et ainsi de suite. La même difficulté pratique se présente à nouveau : nous ne pouvons atteindre aucun mot contenant une seconde occurrence de la lettre b. Nous pouvons recommencer l'expérience en prenant l'alphabet $C = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$ et en adoptant la convention (la règle d'orthographe) qu'aucun mot ne doit commencer par 0 ou par une chaîne de 0. Comme précédemment, il est impossible d'atteindre pratiquement un mot commençant par la lettre 2, avant d'avoir épuisé la liste des successeurs de 1 : 10, 100, 1000, 10000, et ainsi de suite.

Reprenons les mêmes expériences, en adoptant cette fois l'ordre alphanumérique. (les mots sont d'abord rangés par longueur).

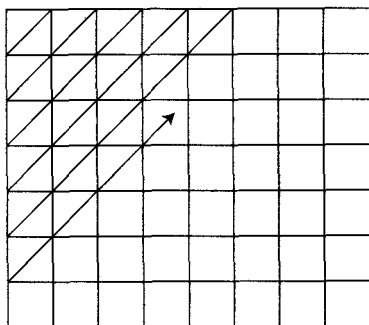
Cette fois les mots du dictionnaire se rangent dans l'ordre : « a », « b », « aa », « ab », « ba », « bb », « aaa », « aab », « aba », « abb », « baa », « bab », « bba », « bbb », « aaaa », et ainsi de suite. Avec l'alphabet C et la convention orthographique précédente, on obtient la suite habituelle des écritures décimales des entiers naturels : « 1, 2, 3, ..., 9, 10, 11, 12, ..., 99, 100, 101, 102... ».

Des expériences de ce type conduisent « naturellement » à l'idée, importante pour le mathématicien, que les aspects cardinal (vision du tout, sans individuation de ses constituants) et ordinal (vision individuant des constituants) présentent, dans le cas infini, une dissymétrie, puisque la même collection peut être énumérée par des ordres aux propriétés différentes et donc eux-mêmes différents ; en d'autres termes à un même cardinal peuvent fort bien correspondre des ordinaux différents, contrairement à l'intuition que nous avons des cas finis.

Le même ensemble, les mailles de notre quadrillage du cône, énumérées selon une stratégie alphanumérique donne pour résultat ce que nous pouvons noter $\Sigma = o \rightarrow o \rightarrow o \rightarrow o \rightarrow \dots$. Tandis qu'en l'énumérant selon une stratégie alphabétique (lexicographique), et en passant outre à l'impossibilité pratique signalée ci-dessus, on obtient une répétition infinie (dénombrable) du résultat précédent, soit $\Sigma + \Sigma + \Sigma + \Sigma + \dots$; le fait qu'il s'agit de deux énumérations du même ensemble peut se noter comme l'égalité suivante (démontrée par Cantor) : $\Sigma = \Sigma + \Sigma + \Sigma + \Sigma + \dots$.

Cette égalité constitue un théorème important. Elle peut s'interpréter en disant que tout ensemble dénombrable (dont les éléments peuvent être numérotés par les entiers naturels), par exemple N ou encore l'ensemble des nœuds de notre quadrillage (dans l'ordre alphanumérique), est équipotent à son carré cartésien, par exemple $N \times N$ ou l'ensemble Q des rationnels, ou encore les nœuds de notre quadrillage (dans l'ordre alphabétique).

La démonstration de l'équipotence des ensembles $\mathbb{N} \mid \mathbb{N}$ (ou $\mathbb{Q}$) et $\mathbb{N}$ se fait ostensiblement en exhibant une bijection de l'un sur l'autre. Ce qui revient à montrer que l'on peut énumérer $\mathbb{N} \mid \mathbb{N}$, c'est-à-dire en étiqueter les éléments avec seulement les numéros de $\mathbb{N}$; ou encore à montrer que l'on peut définir un « balayage » linéaire du produit cartésien :



D'où la mise en évidence du fait logique que deux ensembles peuvent avoir le même cardinal sans pour autant être du même type ordinal :

$(\mathbb{N}, \Sigma)$ et $(\mathbb{Q}, /)$ ont même cardinal (la figure ci-dessus illustre la possibilité de construire une bijection de l'un sur l'autre), et ils sont, en même temps, de type d'ordre différent. Pour l'ordre oméga, tout élément de $\mathbb{N}$ possède un successeur unique, tandis que pour l'ordre éta, tout couple d'éléments différents de $\mathbb{Q}$ jouit de la propriété d'intercalation. Entre deux entiers successifs, il n'y a rien. Entre deux rationnels différents, il y en a toujours une infinité d'autres.

Les réflexions de cette partie contribueront, je l'espère, à montrer que les enjeux de l'ethnoéducation sont aussi à la mesure de l'image que l'on se fait des langues naturelles et des mathématiques. Comment considérons-nous les langues et les systèmes de représentation des Indiens, comment ferons-nous découvrir les divers visages des mathématiques. Les réponses à ces questions sont des variables à ne pas négliger, car elles déterminent différents styles d'éducation.

Conclusion

Nous nous sommes demandé s'il est possible, et comment, de présenter à des Indiens nos concepts et nos théories mathématiques, alors que nous ne savons presque rien des systèmes de représentation et des cosmovisions qu'ils possèdent et pratiquent, sauf, peut-être, qu'ils nous sont aussi peu familiers que sont étranges, pour eux, nos mathématiques prématurément dites « universelles ». Le débat a pu être passablement écourté, et repris par la question plus simple et plus précise de savoir s'il est possible, et comment, de respecter la lettre et l'esprit de la Constitution colombienne, notamment de présenter les mathématiques dans les langues vernaculaires, et en les articulant à la diversité et à la réalité de chacune des cultures des minorités qui font la Nation colombienne.

La réponse, en Colombie, ne fait aucun doute : cette utopie est non seulement possible, mais elle constitue exactement le programme *Kwibi Urraga* du Centre colom-

bien d'études ethnoéducatives, que l'université de la Guajira (à Rio Hacha) est actuellement en train de développer pour en faire, grâce notamment à l'appui des chercheurs du Centre colombien d'étude des langues autochtones, un Centre national de recherches et d'expérimentation en sciences de l'éthnoéducation, et un Centre de formation des maîtres qui enseigneront en territoires indigènes.

Ces chercheurs ont déjà réussi à développer des stratégies efficaces pour traduire, à ce jour dans six langues indiennes du pays (24), des passages importants d'un texte aussi aride et difficilement transposable que la Constitution politique.

Le maître mot de ces expériences exceptionnelles est qu'il serait vain de confier ce genre de tâche à quelque spécialiste bilingue que ce soit. Car l'entrée dans une logique et une cosmovision vraiment étrangères, l'univers politique des Blancs, n'a pu se faire que parce que les communautés indiennes ont reconstruit, elles-mêmes et pour elles-mêmes, cette logique et cette vision ; ce que ne pouvait réussir aucune traduction mot à mot (emprunt, néologisme ou spécialisation d'un terme de la langue), car l'enjeu était de comprendre des réseaux d'oppositions et de relations, qui sont la réalité même des logiques et des cosmovisions.

En d'autres termes, la saisie d'une réalité vraiment étrangère n'a de chances de se faire que si celle-ci est d'abord présentée comme un problème à saisir, puis à reconceptualiser et à résoudre, pour enfin seulement chercher à l'exprimer dans la langue autochtone. La difficulté est double. Essentiellement *cognitive* (reconceptualisation dans les cadres indigènes des notions occidentales, saisie des problèmes que ces notions permettent de résoudre, transposition de ces problèmes, résolution), mais aussi *linguistique* (représentation, traduction, création langagière).

En conséquence, les tâches de cette nature ne peuvent être accomplies ni par les Blancs, ni même par des Indiens déracinés, mais seulement par les équivalents indigènes de nos savants et de nos sages, c'est-à-dire des Adultes ou des Anciens, qui sont généralement monolingues, et à qui il est, dès lors, quasiment impossible de présenter les problèmes à résoudre. La solution proposée, et largement expérimentée, est de construire des chaînes de truchements, pluridisciplinaires, pour débattre des problèmes cognitifs, liés et donnant sens aux connaissances mathématiques.

A commencer par les notions les plus fondamentales, celles de nombre, d'étendue et démonstration, parce qu'elles ont déjà nécessairement été abordées par les cultures indigènes, et parce que leurs langues contiennent des solutions spécifiques à la saisie d'oppositions et de relations fort « abstraites ». Des solutions spécifiques sur lesquelles pourrait venir s'articuler la présentation des solutions mathématiques en vue de leur enseignement et de leur appropriation collective.



NOTES

- 1) Le terme « ethnie », emprunté à Roland Breton, renvoie à une communauté humaine historiquement durable, et dont la définition fait intervenir au moins trois doubles composantes : territoriale et économique, démographique et sociale, linguistique et culturelle. Au regard du droit international, le terme « peuple » serait préférable car il implique, dans ce contexte, le droit à l'autodétermination. Breton, R. « Les langues de l'Inde depuis l'Indépendance. Étude de géographie culturelle du monde indien : Inde, Pakistan, Ceylan, Népal », *Travaux et mémoires*, n° XXIX, Aix : Publications des Annales de la Faculté des lettres, 2^e édition augmentée, 1968.
- 2) Même s'ils se respectent l'un l'autre, quel intérêt aurait un chasseur-cueilleur amazonien à accéder à la définition mathématique des bijections, et un médecin occidental à acquérir les connaissances d'un chamane ? Déjà au moins le plaisir de découvrir la complexité des systèmes de pensée de l'Autre.
- 3) Rappelons que tous les pays développés, et à tous les niveaux (maternelle, primaire, secondaire, supérieur), enseignent les mathématiques dans la langue maternelle de leurs enfants, et que les pays en voie de développement s'alignent de plus en plus sur cette attitude : « On recense actuellement 41 États africains (sur 47) qui ont donné ou s'apprêtent à donner aux langues nationales un statut plénier de langue d'enseignement dans leur système éducatif. Quand on considère qu'en 1976 – il y a seulement 13 ans – moins de 16 États étaient engagés dans un tel processus, on ne peut manquer d'être frappé par la brusque accélération de l'histoire » (Poth, J. « Les langues nationales dans l'enseignement », *Le courrier ACP*, n° 119, 1990).
- 4) Ce n'est qu'au niveau de la publication des recherches que la situation diffère : l'anglais étant devenu, en ce domaine, une sorte de langue internationale (le français, l'allemand et le russe essaient de se maintenir), en ce sens que les chercheurs des pays non anglophones, quand ils veulent élargir le cercle de leurs lecteurs, en passent par cette langue qui domine le monde de la communication scientifique.
- 5) Toutes les études de démographie amérindienne le démontrent : « Les chercheurs de Berkeley ont tracé pour la région de l'Anahuac la courbe de dépopulation. Elle est terrifiante, puisque des 25 millions d'Indiens en 1500, il n'y en a plus que 1 million en 1605. Wachtel donne pour l'empire Inca des chiffres à peine moins accablants : 10 millions en 1530, 1 million en 1600 » (Clastres, « Éléments de démographie amérindienne », *L'homme*, XIII, n. 1-2, 1973).
- 6) Ce que confirme l'exemple des missions jésuites chez les Guaranis : « Ce n'est pas le cas chez les Guaranis, puisque, entre 1690 et 1730, la population passe de 200 000 à 130 000 » (*id.*).
- 7) Chamans. Contrairement à la définition des dictionnaires, ce n'est pas le « nom donné aux sorciers des sociétés inférieures », mais un terme qui désigne, dans les peuples à tradition orale, de véritables « bibliothèques vivantes », l'équivalent de nos savants et de nos sages.
- 8) Cette reconnaissance juridique, parfois constitutionnelle, n'est pas toujours suffisante pour changer les comportements forgés par des siècles de violences : « Le gouvernement ne peut fermer les yeux devant la gravité des accusations portées de façon réitérée contre ses agents, ni ignorer l'ampleur de l'impunité dont jouissent les auteurs de violations des droits de l'homme » (César Gaviria Trujillo, président de la République de Colombie, cité par Amnesty International dans son dossier *Colombie. Arrêtez les massacres !* Paris, 1994).
- 9) Dans des conditions d'échange inégal qui se font, on ne le sait que trop, généralement au détriment du plus faible, c'est-à-dire de l'Indien.
- 10) Dans le jargon des organisations internationales, le développement est dit durable lorsqu'il préserve les ressources des générations suivantes. Des Indiens m'ont fait remarquer que cette définition est le plus souvent entendue par les politiciens comme si les générations futures n'étaient constituées que de leurs propres enfants. Et ils ajoutent que la définition serait plus novatrice en disant que le développement serait durable s'il laissait à chacun, notamment aux minorités rurales et ethniques, le droit de participer au contrôle des projets de développement, notamment de ceux qui les affectent directement.

- 11) Les ethnies de la Sierra Nevada (Ika, Wiwa, Kaggaba) se considèrent, non sans orgueil, comme les Aînés de la Mère Universelle, la Mère Terre, et s'estiment, à ce titre et devant Elle, garants de l'harmonie du monde, et responsables des conséquences des erreurs que nous, les Blancs, leurs frères cadets, commettons dans l'irresponsabilité de notre immaturité d'enfants. Celles du Cauca (Paez, Guambiano) soulignent davantage leur sens ancestral des valeurs communautaires, qu'ils opposent à l'individualisme excessif dans le monde industriel.
- 12) Les analyses et les conclusions de cette Commission rejoignent celles, déjà anciennes (1977) et toujours d'actualité, de Martin Carnoy dans *L'éducation et l'emploi : une étude critique*, Unesco : Institut International de Planification de l'Éducation.
- 13) Illustrons ce point important. En 1989, un mama réalisa un jour, à l'insu de Maria Trillos, chercheur au CCELA, responsable à l'époque d'ateliers destinés à produire un système de transcription des langues damana et kogian. Le mama interrompit l'atelier en cours, fit venir un enfant qui avait appris à écrire le damana, et lui dicta un texte en langue indienne. Il renvoya l'enfant et fit contrôler par tous les membres de l'atelier le texte ainsi transcrit. Quelques corrections mineures furent apportées, que le mama fit vérifier par l'enfant. Le mama fit alors venir un autre enfant, qui avait également appris à transcrire le damana. Il lui fit lire le texte écrit par le premier. Après que ce second enfant ait réussi cette épreuve, le mama donna officiellement aux membres de l'atelier l'autorisation de poursuivre les recherches sur cette transcription de la langue, et de continuer à l'enseigner aux enfants qui le désiraient. C'est alors qu'il nous précisa qu'aucun des deux enfants ne pouvaient comprendre le texte qu'il avait dicté, parce que ce texte était en terruna, c'est-à-dire en langue des *mamas*, probablement une forme archaïque du damana.
- 14) Cf. Queixalos, F. « Autobiographie d'une néonumération », *Amerindia* n° 11, 1986.
- 15) Argand, Gauss et Wessel, entre 1797 et 1831.
- 16) Ces groupes s'inscrivaient dans les ateliers pluriannuels organisés depuis 1986 par la linguiste colombienne Maria Trillos, membre du CCELA et professeur à l'Université de l'Atlantique.
- 17) Le corps **R** des réels comprend les entiers, les rationnels (nombres de la forme p/q) et les irrationnels algébriques (comme $\sqrt{2}$) et transcendants (comme π le rapport de la circonférence au diamètre). Cet ensemble est structuré par deux lois de composition interne (addition, multiplication) qui possèdent chacune un élément neutre (0 et 1), et qui ont telles que chaque élément possède un inverse pour chacune d'elles.
- 18) Brunschvicg, L. *Les étapes de la philosophie mathématique*, Paris : Blanchard (1912, nouvelle édition 1981) page 477. Notons que l'étymologie du nom du nombre deux, quand elle est possible, fait souvent apparaître que ce nombre est le premier que nomment les langues ; et qu'elles ne le nomment jamais comme la somme $1 + 1$, mais à partir de la saisie d'une opposition, qui institue les constituants complémentaires d'un tout, par exemple, en *añun* (Venezuela), c'est le TU, qui s'oppose au JE, dans le NOUS de l'interlocution. (Cf. Patte, M.-F. Thèse de troisième cycle en linguistique, Paris IV, 1985)
- 19) Dans le premier type, tout élément possède un successeur unique et, entre deux éléments successifs, il n'y a aucun autre élément ; dans le type èta, un élément donné n'a aucun successeur, et entre deux éléments distincts, on peut toujours en intercaler une infinité d'autres.
- 20) Ce jeu possible entre les situations à volonté discrète ou continue permet de présenter de fort nombreux et fort profonds problèmes, tant en géométrie qu'en théorie des nombres. Notons par exemple que le geste qui consiste à prendre le suivant dans un référent discret, convenablement étiqueté, peut produire la suite 1, 10, 100, 1000... en adoptant une stratégie d'énumération décimale. Tandis que le geste de partager successivement un tout continu peut conduire à la suite 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16... (les parties de l'œil d'Horus des Anciens Égyptiens) si l'on adopte une stratégie d'énumération dyadique.
- 21) On peut, avec de jeunes enfants, demander combien il y a de rectangles dans un rectangle divisé en six petits rectangles, sans donner aucune autre précision. Le problème posé ne peut être résolu qu'en se donnant une définition opérationnelle de la notion de rectangle, et en construisant un système de marques qui permette de déterminer très concrètement tous les rectangles de la figure, en leur attribuant une expression. On observe que les enfants inventent des systèmes d'écriture qui calquent la définition opérationnelle qu'ils ont déclenchée pour saisir conceptuellement les rectangles de la figure.

- 22) Pour une démonstration de ce point, cf. Cauty, A. *L'énonciation mathématique et les numérations parlées*, Thèse d'état ès-sciences, Université de Nantes, 1987.
- 23) Prenons l'exemple des mots que l'on peut écrire avec l'alphabet des dix chiffres « arabes » habituels. Selon l'ordre alphabétique, l'ordre des dictionnaires, le mot 157 est placé avant le mot 160 et après le mot 1560 ; on aurait donc : $1560 < 157 < 160$. Selon l'ordre alphanumérique, on aurait : $157 < 160 < 1560$. Comme on le constate sur cet exemple l'ordre alphanumérique respecte l'ordre de grandeur des entiers naturels.
- 24) Guambiano, Ika, Inga, Kamëntsa, Kubeo, Nasa yuwe.



RÉFÉRENCES

- Cauty, A., 1985. « Contribution ethnoarithmétique à l'histoire des sciences à propos de la numération maya », *Sciences et techniques en perspective*, vol. X, Nantes : Société française d'histoire des sciences et des techniques, p. 10-38.
- 1988. « Sémantique de la mise en signes du nombre : une vision ordinale », *Amerindia*, n° 13, Paris : Association d'ethnolinguistique amérindienne, p. 43-74.
- 1990. « Vigilancia etnocultural : el caso de la numeracion nasa yuwe », *Boletín de lingüística Aborigen*, n° 2, Bogota (Colombie) : Centro Colombiano de Estudios en Lenguas Aborígenes, p. 3-15.
- 1991. « L'allatif, le sociatif... et le pied. Changement de type sémiotique en numération parlée chibcha », *Amerindia*, n° 16, Paris : Association d'ethnolinguistique amérindienne, p. 17-67.
- 1992. *Notes de cours : les quantités du français, ou de l'infinité du zéro*, Talence : Université Bordeaux 1, 18 p. (manuscrit).
- 1993. « Un animal qui compte. Mise en signes du nombre dans la diversité des langues », *Actes du Colloque « Qu'est-ce que le Nombre ? »*, Paris, 10-12 juin 1993 : Collège international de philosophie, 25 p. (inédit).
- 1993. « Regards échangés avec les Naturels de Colombie », *Actes de la Première Université Européenne « Histoire et épistémologie dans l'éducation mathématique »*, Montpellier, 19-23 juillet 1993 : Commission InterREM d'épistémologie et d'histoire des mathématiques, 15 p. (à paraître).
- 1994. « Monoculture coloniale et/ou ethnoéducation contre les ethnocides. De l'origine et de la place des mathématiques », *Cahiers de Didactique des Mathématiques*, Thessalonique (Grèce) : Université Aristote, 13 p.
- 1995. « A propos de « Comment comptaient les Mayas, histoire universelle des chiffres (Ifrah 1994) », *Bulletin APMEP*, n° 398, p.534-542.
- Cauty, A. & Trillos Amaya, M., 1990. « De certaines solutions au problème de la néonumération », *Amerindia*, n° 15, Paris : Association d'ethnolinguistique amérindienne, p. 95-122.
- 1990. *Kwibi urraga. Reflexiones para el desarrollo integral de la Educación Bilingüe en la Costa Caribe Colombiana*, Universidad del Atlántico, Université Bordeaux 1, 10 p. (inédit).
- Cauty, A. & Perez Van Leenden, F-J., 1995. *Kwibi urraga*, « La Casa de la Sabiduría », Universidad de la Guajira, Université Bordeaux 1, 15 p. (diffusion restreinte).

ON ETHNOMATHEMATICS AND THE TRANSMISSION OF MATHEMATICAL KNOWLEDGE IN AND OUTSIDE SCHOOLS IN AFRICA SOUTH OF THE SAHARA

Paulus Gerdes
Universidade Pedagógica,
Maputo (Mozambique)

Culture, education and development

Three important publications on the challenges to the South in general and to education in Africa in particular appeared in 1990.

The first is *"The challenge to the South"*, the Report of the South Commission, led by the former President of Tanzania, Julius Nyerere (1). It criticizes development strategies that minimize cultural factors. Such strategies only provoke indifference, alienation and social discord. The development strategies followed until today "have often failed to utilize the enormous reserves of traditional wisdom and of creativity and enterprise in the countries of the Third World" (*ibid.*, p. 46). Instead, the cultural wellsprings of the South should feed the process of development.

An important feature of *"African Thoughts on the Prospects of Education for All"* (2) is the fact that two themes keep recurring in all contributions: the focus on the crisis in African contemporary culture and the theme of African languages (as vehicles of culture and media of education). The crux of the crisis of African cultures is the issue of African cultural identity. A people's cultural identity (including their awareness of such an identity), is seen as the springboard of their development effort (*ibid.*, p. 10). Africa needs *culture-oriented education*, that would ensure the survival of African cultures if it emphasized originality of thought and encouraged the virtue of creativity. Scientific appreciation of African cultural elements and experience is considered to be "one sure way of getting Africans to see science as a means of understanding their cultures and as a tool to serve and advance their cultures" (*ibid.*, p. 23).

In *"Educate or Perish: Africa's Impasse and Prospects"* (3) the historian Ki-Zerbo stresses that today's existing African educational system is "unadapted and elitist" and "favors foreign consumption without generating a culture that is both compatible with the original civilization and truly promising". Reminding us of the African proverb *"When lost, it's better to return to a familiar point before rushing on"*, Ki-Zerbo underlines that "Africa is in serious trouble, not because its people have no foundations to stand on,

but because ever since the colonial period, they have had their foundations removed from under them" (*ibid.*, p. 82). Probably this is particularly true in the case of mathematics.

African countries face the problem of low "levels of attainment" in mathematics education. Math anxiety is widespread. Many children (and teachers too!) experience mathematics as a rather strange and useless subject, imported from outside Africa; as something that exists only in schools. Does this image of mathematics correspond to reality?

First examples of mathematical ideas outside school

First example: A cowrie game in Côte d'Ivoire

In 1980 a research-seminar on "*Mathematics in the African socio-cultural environment*" was introduced at the Mathematical Research Institute of Abidjan (IRMA, Côte d'Ivoire). The seminar was directed by S.Doumbia. One of the interesting themes analysed by her and her colleagues is the mathematics of traditional West-African games, like Nigbé Alladian.

One plays Nigbé Alladian with four cowrie shells. On their turn, each of the two players casts the cowrie shells. When all four land in the same position, i.e. all "up" or all "down", or when two land in the "up" position and the other two in the "down" position, the player gets points. In the other cases, one "up" and three "down", or, three "up" and one "down", a participant does not get points. The researchers of IRMA found experimentally that the chance of a cowrie shell to fall in the "up" position is $\frac{1}{2}$. The following table shows the probabilities of four "up", four "down", etc.:

position	probability	
all "up"	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{16}$
all "down"	$\frac{1}{16}$	
two "up", two "down"	$\frac{6}{16}$	
one "up", three "down"	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$
three "up", one "down"	$\frac{3}{16}$	

One sees that the rules of the game had been chosen in such a way that the chance to win points is (almost) the same as to get no points. S.Doumbia concluded that "the players have managed ...to adopt a clever counting system, in order to balance their chances. The probability of scoring some points is $\frac{1}{16}$ as against $\frac{3}{16}$ ". (Doumbia, 1989, p.175) (4) Doumbia's research team explores now the possibilities of using this and other traditional games in the mathematics classroom (cf. Pil & Doumbia, 1992).

Second example: Peasants in Nigeria

Shirley (5) and his students at the Ahmadu Bello University in Nigeria conducted oral interviews with unschooled, illiterate members of the students' home communities.

They found that "although some of the (arithmetical) algorithms used by the informants are similar to those taught in schools, some interesting non-standard techniques were also found" (Shirley, 1988, p. 5). "Several respondents displayed a good number sense, especially in using decomposition, associativity, and distributivity to simplify into round numbers" (*ibid.*, p.6). For instance, to determine $18 + 19 = \dots?$, some used the following procedure: 1 removed from 18, leaves 17 and 1 combined with 19 gives 20, therefore $17 + 20$ gives the same result as $18 + 19$. Schematically:

$$\begin{aligned} & \underline{18 + 19 = \dots?} \\ 18 - 1 &= 17 \text{ and } 1 + 19 = 20 \\ 17 + 20 &= 37 \end{aligned}$$

Yet another approach to the same problem rounded both 18 and 19 to 20, noting that 2 and 1 had been respectively added; the two 20s give 40, and then the 2 and 1 are subtracted to yield 37. The researchers noted that the illiterate respondents presented creative solutions to division problems. "For $45 \div 3 = \dots?$, one respondent apparently knew that $21 \div 3$ is 7, and so decomposed 45 into $21 + 21 + 3$. Dividing all the terms of this sum by 3 and adding gave $7 + 7 + 1 = 15$ " (*ibid.*, p. 7). Shirley gives the advice to assign teacher-student to find algorithms in their communities – literate or illiterate, rural or urban, as "too often, school lessons leave the impression that there is only one way to do a given task" (*ibid.*, p. 9).

Third example: Market women in Mozambique

Lecturers and students of the Master's Degree Programme in Mathematics Education for Primary Schools at Mozambique's *Instituto Superior Pedagógico* (Beira Branch) have been analysing arithmetic in and outside school. On interviewing "unschooled" women to know how they determine sums and differences, it was found that the women "solved easily nearly all the problems, using essentially methods of oral/mental computation, i.e., computation based on the spoken numerals. The methods used were very similar to those suggested by the present day mathematics syllabus for primary education, but including some interesting alternatives" (J. Draisma, 1992, p. 110) (6). For instance, 59% of the interviewed women calculated mentally $62 - 5 = \dots?$ by first subtracting 2 and then 3. Schematically:

$$\begin{aligned} & \underline{62 - 5 = \dots?} \\ 62 - 2 &= 60 \\ 60 - 3 &= 57, \end{aligned}$$

i.e. they used the same method as is emphasized in the schoolbook. Another 29% of the women subtracted first 5 from 60 and then added 2:

$$\begin{aligned} & \underline{62 - 5 = \dots?} \\ 60 - 5 &= 55 \\ 55 + 2 &= 57, \end{aligned}$$

and 12% subtracted first 10 from 62, and added the difference between 10 and 5, i.e. 5. Schematically:

$$\underline{62 - 5 = \dots?}$$

$$62 - 10 = 52$$

$$10 - 5 = 5$$

$$52 + 5 = 57.$$

Did these women *(re)invent* their methods? Did they *learn* them? From whom and how?

When multiplying, most of the interviewed women solved the problems by doubling. An example illustrates the process $6 \times 13 = \dots$?

Schematically the solution is the following:

$$\underline{6 \times 13 = \dots?}$$

$$2 \times 13 = 26$$

$$4 \times 13 = 2 \times 26$$

$$2 \times 26 = 52$$

$$6 \times 13 = 26 + 52$$

$$26 + 52 = 78$$

(J. Draisma, oral communication, 1992.) Does each of these women *(re)invent* the doubling method spontaneously? Or does there exist a tradition? If so, how is the method taught and learnt?

From these three examples, a first conclusion may be drawn.

Although African countries face the problem of low "levels of attainment" in mathematics education; although math anxiety is widespread; although many children (and teachers too!) experience (school) mathematics as a rather strange and useless subject, imported from outside Africa, there exists, there "lives" mathematics outside school.

One of the causes of their experience is that the goals, contents and methods of mathematics education are not or not sufficiently adapted to the cultures and needs of the African peoples, as *ethnomathematicians* stress.

Concerns of ethnomathematics and ethnomathematicians

Looking back historically we may see that Ethnomathematics has been defined at different levels. Defined as the cultural anthropology of mathematics and mathematical education, it is a relatively new field of interest. As the view of Mathematics as "culture-free", as a "universal, basically aprioristic form of knowledge" has been dominant, Ethnomathematics emerged later than other ethnosciences. Among mathematicians, ethnographers, psychologists and educationalists, G. Luquet (1929), O. Raum (1938), L. White (1947), E. Fettweis, and R. Wilder (1950) may be registered as isolated forerunners of Ethnomathematics (7). Their reflections did not find a lot of echo. A reductionist tendency tended to dominate mathematics education, relying on culture-free cognition models (8).

Ethnomathematics as the mathematics which is practised among identifiable cultural groups

At the end of the 1970s and beginning of the 1980s, there developed a growing awareness among mathematicians of the societal and cultural aspects of mathematics and mathematical education. It is in that period that U. D'Ambrosio proposes his *ethnomathematical programme* as a methodology to track and analyse the processes of generation, transmission, diffusion and institutionalization of (mathematical) knowledge in diverse cultural systems (9). In contrast to "academic mathematics", i.e. the mathematics which is taught and learned in the schools, D'Ambrosio calls *ethnomathematics* "the mathematics which is practised among identifiable cultural groups, such as national-tribal societies, labor groups, children of a certain age bracket, professional classes, and so on" (1985b, p. 45). "The mechanism of schooling replaces these practices by other equivalent practices which have acquired the status of mathematics, which have been expropriated in their original forms and returned in a codified version" (1985b, p. 47). Before and outside school almost all children in the world become "matherate", i.e. they develop the "capacity to use numbers, quantities, the capability of qualifying and quantifying and some patterns of inference" (1985a, p. 43). In school the "learned" matheracy eliminates the so-called "spontaneous" matheracy: the former spontaneous abilities are downgraded, repressed and forgotten while the learned ones are not assimilated either as a consequence of a learning blockage, or of an early drop-out, or even as a consequence of failure or many other reasons. The question which arises then is what to do: "should we...give up school mathematics and remain with ethnomathematics? Clearly not..." (1985a, p.70). In D'Ambrosio's view one should compatibilize cultural forms, i.e. "...the mathematics in schools shall be such that it facilitates knowledge, understanding, incorporation and compatibilization of known and current popular practices into the curriculum. In other words, recognition and incorporation of ethnomathematics into the curriculum" (1985a, p. 71).

Let us now briefly review other concepts that have been proposed and that are related to D'Ambrosio's ethnomathematics.

Emergence of concepts related to ethnomathematics

During the 1970s and 1980s, there emerged among teachers and didacticians of mathematics in developing countries and later also in other countries a growing resistance against the racist and (neo)colonial prejudices related to mathematics, against the euro-centrism in mathematics and its history (10). It was stressed that beyond the "imported school mathematics" there existed and continues to exist also *other mathematics*.

In this context, various concepts have been proposed to contrast with the "academic mathematics" / "school mathematics" (i.e. the school mathematics of the transplanted, imported curriculum):

- "indigenous mathematics" [Cf. e.g. Gay & Cole, 1967 (11); Lancy, 1976 (12)]: Criticizing mathematics education of Kpelle children (Liberia) in "western-oriented" schools – they "are taught things that have no point or meaning within their culture" (Gay & Cole, p. 7) – Gay and Cole propose a creative education that uses the indigenous mathematics as starting point;

- *sociomathematics* of Africa [Zaslavsky, 1973]: "the applications of mathematics in the lives of African people, and, conversely, the influence that African institutions had upon the evolution of their mathematics" (Zaslavsky, p.7) (13);
- *informal mathematics* [Posner, 1978, 1982 (14)]: mathematics that is transmitted and that one learns outside the formal system of education;
- *mathematics in the (African) socio-cultural environment* [S. Touré, S. Doumbia (Côte d'Ivoire), 1980]: integration of the mathematics of African games and craftwork that belongs to the social-cultural environment of the child in the mathematics curriculum;
- *spontaneous mathematics* [D'Ambrosio, 1982 (15)]: each human being and each cultural group develops spontaneously certain mathematical methods;
- *oral mathematics* [Carraher *et. al.*, 1982 (16); Kane, 1987 (17)]: in all human societies there exists mathematical knowledge that is transmitted orally from one generation to the next;
- *oppressed mathematics* [Gerdes, 1982 (18)] in class societies (e.g., in the countries of the "Third World" during the colonial occupation) there exist mathematical elements in the daily life of the populations, that are not recognized as mathematics by the dominant ideology;
- *non-standard mathematics* [Carraher *et. al.*, 1982; Gerdes, 1982, 1985 (19); Harris, 1987 (20)]: beyond the dominant standard forms of "academic" and "school" mathematics there develops and developed in the whole world and in each culture mathematical forms that are distinct from the established patterns;
- *hidden or frozen mathematics* [Gerdes, 1982, 1985]: although, probably, the majority of mathematical knowledge of the formerly colonized peoples has been lost, one may try to reconstruct or "unfreeze" the mathematical thinking, that is "hidden" or "frozen" in old techniques, like, e.g., that of basketmaking;
- *folk mathematics* [Mellin-Olsen, 1986 (21)] the mathematics (although often not recognized as such) that develops in the working activity of each of the peoples may serve as a starting point in the teaching of mathematics;
- *mathematics codified in know-how* [Ferreira, 1987 (22)].

These concept proposals are provisional. They belong to a tendency that emerged in the context of the "Third World" and that later on found an echo in other countries.

The various aspects illuminated by the aforementioned provisional concepts have been gradually united under the more general "common denominator" of D'Ambrosio's ethnomathematics. This process has been accelerated by the creation of the *International Studygroup on Ethnomathematics* [ISGEm] in 1985.

Ethnomathematics as the field of research

In the previous section, ethnomathematics was the mathematics of a certain (sub)culture. In that sense so-called "academic mathematics" is also a concrete example of ethnomathematics. When all ethnomathematics is mathematics, why call it ethnomathematics? And not simply the mathematics of this and that (sub)culture?

Doing so, ethnomathematics may be defined at another level, as a research field. The emergence of this research field reflects the consciousness of the existence of many mathematics, particular in a certain way to (sub)cultures.

As a research field, Ethnomathematics may be defined as the *cultural anthropology of mathematics and mathematical education*, or in the formulation of D'Ambrosio in 1977: "*Ethnoscience* as the study of scientific and, by extension, technological phenomena in direct relation to their social, economic and cultural background" (1987, p. 74).

Ethnomathematical movement

The scholars who are engaged in ethnomathematical research are normally socially actively engaged. In this sense I should like to speak of an *ethnomathematical movement*, that might be characterized by the following features, among others:

- 'Ethnomathematicians' use a broad concept of mathematics, including, in particular, counting, locating, measuring, designing, playing, explaining (23);
- 'Ethnomathematicians' emphasize and analyse the influences of socio-cultural factors on the teaching, learning and development of mathematics;
- "Ethnomathematicians" draw attention to the fact that mathematics (its techniques and truths) is a *cultural product*; they stress that every people – every culture and every subculture – develops its own particular mathematics. Mathematics is considered to be a *universal, pan-human activity*. As a cultural product mathematics has a history. Under certain economic, social and cultural conditions, it emerged and developed in certain directions; under other conditions, it emerged and developed in other directions. In other words, the development of mathematics is *not uni-linear* (24);
- "Ethnomathematicians" emphasize that the school mathematics of the transplanted, imported "curriculum" is *apparently alien* to the cultural traditions of Africa, Asia and South America. Apparently this mathematics comes from the outside of the "Third World". *In reality*, however, a substantial part of the contents of this "school mathematics" is of African and Asian origin (25);
- "Ethnomathematicians" try to contribute to the knowledge of the mathematical realizations of the formerly colonized peoples. They look for culture elements, that survived colonialism and that reveal mathematical and other scientific thinking. They try to *reconstruct* these mathematical thoughts;
- "Ethnomathematicians" in "Third World" countries look for mathematical traditions that survived colonization and for mathematical activities in people's daily life and analyse ways to incorporate them into the curriculum;
- In the educational context "*ethnomathematicians*" generally favor a critical mathematics education that enables the students to reflect about the reality they live in and empowers them to develop and use mathematics in an emancipatory way. The influence of the well-known "Third World" pedagogue P. Freire is visible (26).

Ethnomathematical research in Africa and in Mozambique in particular

The leadership of the African Mathematical Union is aware of the importance of research in ethnomathematics and on the history of mathematics in Africa. Its chairman, A.Kuku, expressed his concern in the following way:

"...mathematics is a very useful subject with firm roots in African history. For thousands of years Africa played a leading role in the development of mathematics in the world. The mathematical heritage of our continent, has to be recovered and valued. It should be 'incorporated' into mathematics education in order to contribute to the popularization of mathematics. When children and adults view mathematics as something belonging to African culture, they will become more selfconfident and learn more easily the mathematics Africa needs urgently for its development" (Kuku, 1991, p. 1).

In 1986 the African Mathematical Union (AMU) created its Commission on the History of Mathematics in Africa (AMUCHMA), which publishes since 1987 a newsletter (27). In the following, a short overview of ethnomathematical research in Africa south of the Sahara will be presented (28).

Africa south of the Sahara

During the past few years, a whole series of research projects on spoken and written numeration systems in Africa has been embarked upon concerning, e.g.:

- counting in traditional Ibibio and Efik societies (University of Calabar, Nigeria);
- numeration among the Fulbe (Fulani) (Ahmadu-Bello-University, Nigeria);
- pre-Islamic ways of counting (Bayero University, Nigeria);
- pre-colonial numeration systems in Burundi (University of Burundi);
- learning of counting in Côte d'Ivoire (29);
- numeration systems used by the principal linguistic groups in Guinea (University of Conakry);
- spoken numeration systems of West-Atlantic groups and of the Mandé (30);
- counting among the various ethnic groups in Kenya (Kenyatta University, Nairobi);
- number and pattern in Uganda (E.Seguija-Munagisa);
- numeration systems and popular counting practices in Mozambique (Instituto Superior Pedagógico, Maputo / Beira);
- traditional counting in Botswana (University of Botswana).

From the surviving San hunters in Botswana, Lea and her students at the University of Botswana have collected information. Her papers describe counting, measurement, time reckoning, classification, tracking and some mathematical ideas in San technology and craft. The San developed very good visual discrimination and visual memory as needed for survival in the harsh environment of the Kalahari desert (31). The Faculty of Education of the Ahmadu-Bello-University (Zaria, Nigeria) has been very dynamic in stimulating ethnomathematical research, e.g. on the mathematics used by unschooled children and adults in daily life, and the possibilities to embed this knowledge in mathematics education (32). S. Ale does research on the mathematical heritage of the Fulbe (Fulani) and the possibilities to construct a curriculum that builds upon this heritage and fits the needs of the Fulbe (Fulani) people (33). G.Aznaf studies on ethnomathematics

in Ethiopia. D. Mtetwa (University of Zimbabwe) started a research project on "Mathematical thought in aspects of Shona culture". D. Seka (Tanzanian Institute for Curriculum Development) experiments with the tradition of story telling as a didactical means in mathematics teaching.

Langdon (1989, 1990) (34) describes the symmetries of "adinkra" cloths (Ghana) and explores possibilities for using them in the classroom. In a similar perspective, M. Harris (1988) (35) describes and explores not only the printing designs on plain woven cloths from Ghana, but also symmetries on baskets from Botswana and "buba" blouses from the Yoruba (Nigeria).

Interest in the mathematical aspects of traditional riddles and dilemma tales is growing. The following is an example of an "arithmetical puzzle" from the Valuchazi (eastern Angola and northwestern Zambia), recorded and analysed by Kubik (36):

"This ... dilemma tale is about three women and three men who want to cross a river in order to attend a dance on the other side. With the river between them there is a boat with the capacity for taking only two people at one time. However, each of the men wishes to marry all the three women himself alone. Regarding the crossing, they would like to cross in pairs, each man with his female partner, but failing that any of the other men could claim all the women for himself. How are they crossing?"

In order to solve the problem or to explain the solution, auxiliary drawings are made in the sand. S. Doumbia conducts pedagogical experiments with traditional verbal games (Côte d'Ivoire) (37). At the regional conference "*Mathematics, Philosophy, and Education*" (Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, Jan. 1993), S. Doumbia (Côte d'Ivoire) and P. Gerdes (Mozambique) conducted jointly a workshop on the didactical uses of traditional African games, drawings and craftwork.

Mozambique

Ethnomathematical research started in Mozambique in the late 1970s. As most "mathematical" traditions that survived colonization and most "mathematical" activities in the daily life of the Mozambican people are not explicitly mathematical, i.e. the mathematics is "hidden", the first aim of this research was to "uncover" the "hidden" mathematics. The first results of this "uncovering" are included in the book "*On the awakening of geometrical thinking*" (1985) (38) and slightly extended in "*Ethnogeometry: cultural-anthropological contributions to the genesis and didactics of geometry*" (1992) (39). In "*Fivefold Symmetry and (basket)weaving in various cultures*" (40), it is shown how fivefold symmetry emerged quite "naturally" when artisans were solving some problems in (basket)weaving. The examples chosen from Mozambican cultures range from the weaving of handbags, hats, and baskets to the fabrication of brooms.

In the papers "*On culture, mathematics and curriculum development in Mozambique*" (1986) (41) and "*On culture, geometrical thinking and mathematics education*" (1988) (42) we summarized our experimentation with the incorporation of traditional African cultural elements into mathematics education. The second paper presents alternative constructions of euclidean geometrical ideas developed from the traditional culture of Mozambique. As well as establishing the educational power of these constructions, the paper illustrates the methodology of "*cultural conscientization*" in the context of

teacher education. In the papers "A widespread decorative motif and the Pythagorean Theorem" (1988) (43) and "How many proofs of the Pythagorean Proposition do there exist?" (44) and further elaborated in the book "African Pythagoras. A study in culture and mathematics education" (1992, 1994) (45) he shows how diverse African ornaments and artifacts may be used to create a rich context for the discovery and the demonstration of the so-called Pythagorean Theorem and of related ideas and propositions. A series of ethnomathematical papers are included in the books "Ethnomathematics: Culture, Mathematics, Education" (46) and "Ethnomathematics and education in Africa" (47).

In "SONA Geometry: reflections on the tradition sand drawings in Africa south of the Equator" (1993, 1994) (48), Gerdes tried to reconstruct mathematical components of the Tchokwe drawing-tradition (Angola) (49) and to explore their educational, artistic and scientific potential. In an earlier article "On possible uses of traditional Angolan sand drawings in the mathematics classroom" (1988) (50) Gerdes had analysed already some possibilities for educational incorporation of this tradition. In the paper "Find the missing figures" (1988) (51) and in the book "Lusona: geometrical recreations of Africa" (1991) (52) mathematical amusements are presented that are inspired by the geometry of the sanddrawing tradition. For children (age 10-15) the booklet "Living mathematics: drawings of Africa" (1990) (53) has been elaborated. Experimentation with the use of 'sona' in teacher education is described in "Exploring Angolan sand drawings (sona): stimulating cultural awareness in mathematics teachers" (54). An overview of this research is given in "On mathematical elements in the Tchokwe 'sona' tradition" (1990) (55).

In recent years more lecturers and in particular young lecturers, who returned home after having studied abroad became interested in and started ethnomathematical research. So far, two collective works have been published. "Numeration in Mozambique" presents a reflection on culture, language and mathematics education. It includes studies on African systems of numeration (P. Gerdes & M. Cherinda), written and oral on spoken numeration systems in Mozambique, popular counting techniques (A. Ismael & D. Soares), comparative tables and maps on numeration (A. Mapapá & E. Uaila), and on spoken numeration and the learning of arithmetic (J. Draisma). In "Explorations in Ethnomathematics and Ethnoscience" (1994) is presented a collection of papers written by various lecturers at the *Instituto Superior Pedagógico* (transformed in April 1995 into the *Universidade Pedagógica*), both based in Maputo situated in the South of Mozambique and in Beira in the central Sofala Province. The ethnomathematical papers reflect on some mathematical ideas involved in basket and mat making in the North of the country (A. Ismael), on languages and mental calculation (J. Draisma), on popular counting practices all over Mozambique (D. Soares & A. Ismael), symmetries on gratings in Maputo city (A. Mapapá) and on decorations of spoons in Sofala (D. Soares) and the southeastern Inhambane Province (M. Cherinda). A paper on the traditional interpretation of lightning and thunder in the southern Catembe and physics teaching is a first publication in the field of ethnopysics. Short articles on perspectives in ethnoscience related to physics, chemistry and biology conclude this collection. The book "Women and Geometry in Southern Africa: Some suggestions for further research" will be published in 1995 (56).

Two examples of geometries in southern Africa

Now I will briefly present two examples that I have been analysing: the originally female geometry of the ornamentation of *sipatsi* handbags in Mozambique's Inhambane Province and the male geometry of *sona* sand drawings mostly of Eastern Angola and North-Western Zambia.

Sipatsi

The making of *sipatsi* [singular: *gipatsi*] (57) is nowadays practised by both men and women, having been formerly an exclusively women's activity. *Sipatsi* are straw woven handbags used for storing and transporting coins and documents. They are much appreciated for their ornamental beauty. Figure 1 gives examples of strip patterns with which the basketweavers decorate their *sipatsi*.

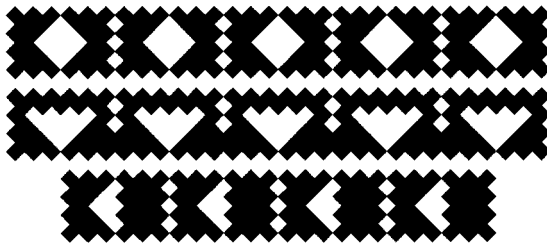


Figure 1

The examples display different symmetries. From a theoretical algebraic point of view there exist seven infinite "one-dimensional" symmetry groups. In other words, there are seven essentially distinct ways to repeat a motif on a strip. The creativity of the *sipatsi* weavers expresses itself also in the fact that they invented strip patterns belonging to all of the seven different theoretically possible symmetry groups.

When weaving their *sipatsi*, the basketmakers repeat their decorative motif in an oblique or diagonal position, as Figure 2 illustrates for the strip pattern in Figure 3. In this example, to generate one exemplar of the motif, 8 coloured strands are needed. We may say that the motif has 8 as its *period*.

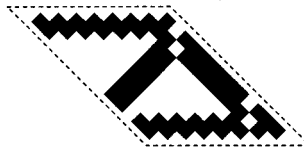


Figure 2



Figure 3

One of the conditions that a *gipatsi* must satisfy to be considered beautiful and of good quality is the following: in each ornamental strip, the motif must fit exactly a whole number of times around the *gipatsi*. This implies that the total number of coloured strands has to be a common multiple of each of the periods of the motifs used for its decoration. For instance, in the example shown in Figure 4, the total number of coloured strands has to be a multiple of 10 and 3.

For technical reasons related to the weaving process, the number of coloured strands must also always be a multiple of 4. So the basketweavers have to determine (mentally) the common multiple of 4 and of each of the periods of the motifs they have chosen before weaving their *sipatsi*. As sometimes the common multiple is too big to produce a *gipatsi* of an acceptable size, the weavers look for the best *approximate* solution within the acceptable limits.



Figure 4

The geometry of ornamentation of *sipatsi* raises many interesting questions for investigation. For example, how many ornamental strip patterns of the *gipatsi* type exist of given dimensions p and d , where p denotes the period and d the diagonal height of the decorative motif? In the case where the dimensions are 2×4 , there exist six different strip patterns of the *gipatsi* type. Figure 5 illustrates these strip patterns together with motifs that generate them.

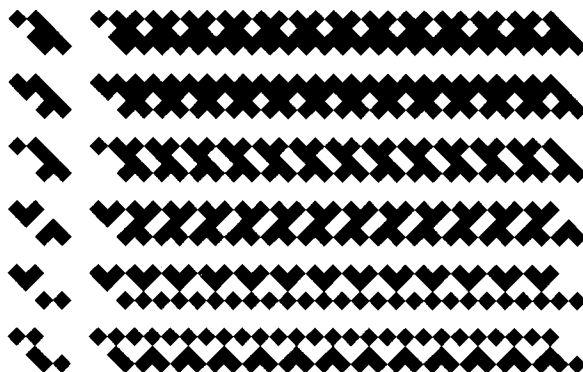


Figure 5

The strip patterns on *sipatsi* may serve as a source of inspiration not only for mathematicians but also for architects, painters, and other artists; they could be reproduced on clothes, walls, stamps, etc. There are many possibilities for an educational exploration of *sipatsi*, contributing to the improvement of mathematics teaching by embedding it into the cultural context of pupils and teachers. The confidence of the youth of Southern Africa, in particular that of girls, in their mathematical capacities and potential may increase as they explore the mathematics of *sipatsi*.

Sona

The *sona* tradition [singular: *lusona*] (58) was highly developed among the Tchokwe of Northeastern Angola and related peoples. The Tchokwe culture is well known for its decorative art that ranges from ornamentation on woven mats and baskets, iron works, ceramics, sculpture and engravings on calabash to tattooing, paintings on the walls of houses, and *sona* sand drawing. Each boy learnt the meaning and execution of the easier *sona* during their period of intensive schooling, the initiation rites. The more complicated *sona* were transmitted by drawing experts to their male descendents. These drawing experts were at the same time the story tellers who used the sand drawings as illustrations referring to proverbs, fables, games, riddles, animals. The drawings were executed in the following way: After cleaning and smoothing the ground, the drawing experts first set out with their fingertips an orthogonal net of equidistant points and then they draw a line figure that embraces the points of the network. The experts execute the drawings swiftly. Once drawn, the designs are generally extinguished. Figure 6 presents some examples of *sona*.

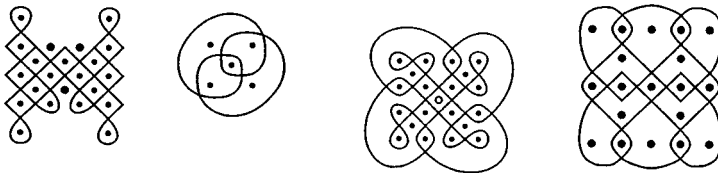


Figure 6

Colonial penetration and occupation provoked a cultural decline and the loss of a great deal of knowledge about *sona*. On the basis of an analysis of *sona* reported by missionaries, colonial administrators and ethnographers, I tried to contribute to the reconstruction of mathematical elements in the *sona* tradition.

As the examples in Figure 6 suggest, symmetry and monolinearity played an important role as cultural values: most Tchokwe *sona* are symmetrical and/or monolinear. Monolinear means composed of only one (smooth) line.

Figure 7 displays two monolinear *sona* belonging to the same class in the sense that, although the dimensions of the underlying grids are different, both *sona* are drawn applying the same geometric algorithm.

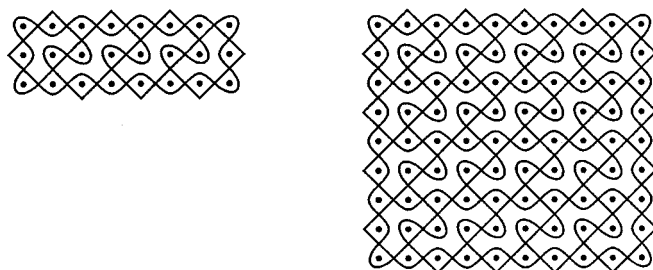


Figure 7

The drawing experts discovered various rules for constructing monolinear *sona*. Figure 8 shows three monolinear *sona*. They are similar to each other: each presents a basic pattern of triangular form.

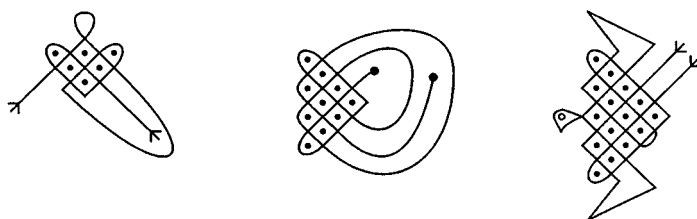


Figure 8

I suppose that the drawing experts who invented these *sona* began with triangular patterns and transformed them into monolinear patterns with the help of one or more loops (see the example in Figure 9). The monolinear patterns so obtained were adapted topologically so that they could express the ideas the drawers wanted to transmit through them.

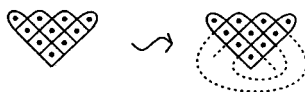


Figure 9

Sona experts also discovered various rules for chaining monolinear *sona* to form bigger monolinear *sona*. Figure 10 displays a chain rule: it indicates how the appearance of the monolinear drawing in Figure 10c may be explained on the basis of the monolinearity of the two patterns in Figure 10a and the way they have been chained together (see Figure 10b).

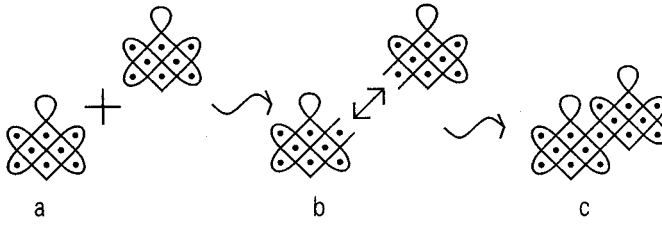


Figure 10

The monolinearity of the *lusona* in Figure 11a may be explained on the basis of another chain rule: When one joins square grids (in the example: two grids of dimensions 2×2) to a rectangle with dimensions which are relative prime (in the example: 3×5), then the resulting grid leads to a monolinear drawing if one applies the same geometric algorithm as used to draw a *lusona* with the rectangular grid ("plaited mat" algorithm).

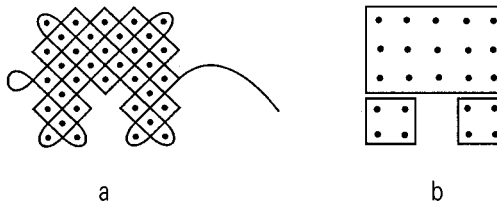


Figure 11

The study of the reconstructed mathematical elements in the old Southern African *sona* tradition may serve as a source of inspiration for research mathematicians and mathematics educators.

Perspectives

So far ethnomathematical research projects in Africa are mostly based at institutions of higher learning, including those of teacher education as in the case of Mozambique. Reflections on and experiments with the educational "incorporation" of the African mathematical heritage and of living mathematical practices have been concentrated in secondary and, in particular, teacher education. From the new teachers and the student teachers who became interested in ethnomathematics during their studies important initiatives may be expected in the coming years. Certainly they will raise fundamental questions.

NOTES

- 1) Oxford University Press, Oxford, 1990, 325 pp.
- 2) UNESCO-UNICEF, Dakar / Abidjan, 1990, 193 pp.
- 3) J. Ki-Zerbo, *Educate or Perish: Africa's Impasse and Prospects*, UNESCO-UNICEF, Dakar / Abidjan, 1990, 109 pp.
- 4) S. Doumbia, Mathematics in traditional African games, in: C. Keitel *et al.* (ed.), *Mathematics, Education, and Society*, UNESCO, Paris, 1989, 174-175; many interesting examples are given in the book: S. Doumbia & J. Pil, *Les jeux de cauris*, IRMA, Abidjan, 1992, 74 p.
- 5) L. Shirley, *Historical and ethnomathematical algorithms for classroom use*, ICME VI, Budapest, 1988, 12 p.; Anzenge, H. *et al.*, *Indigenous mathematical algorithms*, B. Ed. project, Ahmadu Bello University, Zaria, 1988.
- 6) J. Draisma, Arithmetic and its didactics, in: *Report of the first year of the Master's Degree Program in Mathematics Education for Primary Schools (August 1991-July 1992)*, Mozambique's Instituto Superior Pedagógico, Beira, 1992, p. 89-129.
- 7) See P. Gerdes, *Survey of current work on Ethnomathematics*, paper presented at the Annual Meeting of the American Association for the Advancement of Science, Boston, 14.2.1993.
- 8) Cf. U.D'Ambrosio, *Etnomatemática: raízes socio-culturais da arte ou técnica de explicar e conhecer*, UNICAMP, Campinas, 1987, p.80
- 9) Cf. e.g. U. D'Ambrosio, *Socio-cultural bases for mathematics education*, UNICAMP, Campinas, 1985a, 103 p.; Ethnomathematics and its place in the history and pedagogy of mathematics, *For the Learning of Mathematics*, Montreal, 1985b, Vol. 5, no. 1, 44-48; *Etnomatemática: arte ou técnica de explicar e conhecer*, Editora Ática, São Paulo, 1990, 88 p.
- 10) Cf. e.g. the studies of G. Joseph, *Foundations of Eurocentrism in Mathematics, Race & Class*, London, 1987, Vol. XXVIII, No. 3, 13-28; Eurocentrism in mathematics: the historical dimensions, in: C. Keitel, *et al.* (eds.), *Mathematics, Education, and Society*, UNESCO, Paris, 1989, 32-35; *Crest of the Peacock: non-European Roots of Mathematics*, Tauris, London, 1991; cf. S.Anderson, Worldmath curriculum: fighting eurocentrism in mathematics, *Journal of Negro Education*, 1990, Vol. 59, no. 3, pp. 348-359.
- 11) J. Gay & M. Cole, *The new mathematics and an old culture, a study of learning among the Kpelle of Liberia*, Holt, Rinehart & Winston, New York, 1967, 100 p.
- 12) D.Lancy (ed.), The Indigenous Mathematics Project, *Papua New Guinea Journal of Education*, 1978, Vol. 14, 217 p.
- 13) C.Zaslavsky, *Africa Counts: number and pattern in African culture* (1973), Lawrence Hill Books, Brooklyn, NY, 1979, 328 p.
- 14) J.Posner, The development of mathematical knowledge in two west African societies, *Child Development*, Chicago, 1982, Vol. 53, 200-208 (based on her Ph. D. thesis, 1978).
- 15) U. D'Ambrosio, *Mathematics for rich and for poor countries*, CARIMATH, Paramaribo, 1982, 10 p.
- 16) T.Carraher, D.Carraher & A.Schliemann, Na vida, dez; na escola, zero: os contextos culturais da aprendizagem de matemática, *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, 1982, Vol. 42, p. 79-86.
- 17) E. Kane, *Les systèmes de numération parlée des groupes ouest-atlantiques et Mande. Contribution à la recherche sur les fondements et l'histoire de la pensée logique et mathématique en Afrique de l'Ouest*, Lille.
- 18) P. Gerdes, *Mathematics for the benefit of the people*, CARIMATH, Paramaribo, 1982, 13 p.
- 19) P. Gerdes, Conditions and strategies for emancipatory mathematics education in underdeveloped countries, *For the Learning of Mathematics*, Montreal, 1985, Vol. 5, no. 3, p. 15-20.
- 20) M.Harris, An example of traditional women's work as a mathematics resource, *For the Learning of Mathematics*, Montreal, 1987, Vol. 7, no. 3, p. 26-28.

- 21) S.Mellin-Olsen, Culture as a key theme for mathematics education. Postseminar reflections, in: *Mathematics and Culture, a seminar report*, Caspar Forlag, Rødal, 1986, p. 99-121.
- 22) E.Ferreira, Por uma teoria da etnomatemática, *BOLEMA*, Rio Claro, 1991, Vol. 7, p. 30-35.
- 23) See the chapter "Environmental activities and mathematical culture" in: A. Bishop, *Mathematical enculturation, a cultural perspective on mathematics education*, Kluwer, Dordrecht/Boston, 1988, 195 p.
- 24) Cf. Ascher & Ascher, *Ethnomathematics*, 1986, p.139-140.
- 25) Cf. e.g. A. Bishop, Cultural imperialism and western mathematics: the hidden persuader, in: Mangan, J.A. (ed.), *Education, Europe and Imperialism*; Manchester, 1989; A.Bishop, *Western Mathematics: the secret weapon of cultural imperialism, Race & class*, 1990, Vol. 32, no. 2.
- 26) Cf. e.g. M. Frankenstein, Critical mathematics education: an application of Paulo Freire's epistemology, *Journal of Education*, Boston, 1983, Vol. 165, 315-339; M.Frankenstein & A.Powell, Toward liberatory mathematics: Paulo Freire's epistemology and ethnomathematics, in P. McLaren & C. Lankshear (Eds.), *The politics of liberation: Paths from Freire*, Routledge, London, 1994, 74-99; E. Ferreira, *A matemática no pensamento de Paulo Freire*, UNICAMP, Campinas, 1992, 8 p.
- 27) To receive the AMUCHMA-Newsletter, contact the editor: P.O. Box 915, Maputo, Mozambique.
- 28) For a more detailed overview, see P.Gerdes, On mathematics in the history of sub-Saharan Africa, *Historia Mathematica*, New York, 1994 (in press).
- 29) R. Zepp, *L'apprentissage du calcul dans les langues de Côte d'Ivoire*, Institut de Linguistique Appliquée, Université d'Abidjan, 1983, Vol. 99, 121 pp.; G.Tro, *Étude de quelques systèmes de numération en Côte d'Ivoire*, Abidjan, 1980, 191 p.
- 30) See Kane o.c. (note 17).
- 31) See e.g. H. Lea, Traditional mathematics in Botswana, *Mathematics Teaching*, London, 1987, Vol. 119; Informal mathematics in Botswana, *Proceedings of the 41st CIEAEM Meeting of the International Commission for the Study and Improvement of Mathematics Teaching*, Brussels, 1989, 43-53; *Mathematics in a cultural setting*, University of Botswana, Gaborone, 1989, 10 p.; *Informal Mathematics in Botswana: Mathematics in the Central Kalahari*, University of Botswana, Gaborone, 1990, 9 pp.; *Informal Mathematics in Botswana: Spatial concepts in the Kalahari*, University of Botswana, Gaborone, 1989, 9 pp.; Spatial concepts in the Kalahari, *Proceedings of the 14th International Conference on Psychology of Mathematics Education*, Oaxtepec, Mexico, 1990, Vol. 2, p. 259-266.
- 32) For an survey of these research projects, see: L.Shirley, History of mathematics in Nigerian mathematics classrooms: values and problems, *Abacus, Journal of the Mathematical Association of Nigeria*, Ilorin, 1986, Vol. 12, 123-133; *Ethnomathematics and the history of African mathematics*, paper presented at the 2nd Pan-African Congress of Mathematicians, Jos, 1986, 8 p.(mimeo); *Historical and ethnomathematical algorithms for classroom use*, Ahmadu Bello University, Zaria, 1988, 12 p. (mimeo).
- 33) S. Ale, Mathematics in rural societies, in: C.Keitel et al. (ed.), *Mathematics, Education, and Society*, UNESCO, Paris, 1989, p. 35-38.
- 34) N. Langdon, Cultural starting points for mathematics: a view from Ghana, *Science Education Newsletter*, British Council, London, 1989, No. 87, 1-3; *Cultural starting points*, paper presented at SEACME 5, Brunei, 19 p. (mimeo).
- 35) M. Harris et al., *Cabbage, Mathematics in Work*, Institute of Education, University of London, 1988.
- 36) G. Kubik, Visimu vya mukatikati – dilemma tales and "arithmetical puzzles" collected among the Valuchazi, *South African Journal of African Languages*, Pretoria, 1990, Vol. 10, No. 2, p. 59-68.
- 37) S. Doumbia, *Les jeux verbaux au Côte d'Ivoire*, paper presented at ICME7, Montreal, 1992.
- 38) *Zum erwachenden geometrischen Denken*, Maputo / Dresden, 1985, 260 p. Cf. also Gerdes, P.: How to recognize hidden geometrical thinking? A contribution to the development of anthropological mathematics, *For the Learning of Mathematics*, Montreal, 1985, Vol. 6, No. 2, 10-12, 17. In the following two papers it is analysed why basketweavers "prefer" certain symmetries: P.Gerdes, Fivefold Symmetry and (basket)weaving in various cultures, in: I. Hargittai (ed.), *Fivefold symmetry in a cultural context*, World Scientific Publishing, Singapore, 1992, 243-259, and P. Gerdes, On ethnomathematical research and symmetry, *Symmetry: culture and science*, Budapest, 1990, Vol. 1, No. 2, p. 154-170.

- 39) Gerdes, P.: *Ethnogeometrie. Kulturanthropologische Beiträge zur Genese und Didaktik der Geometrie*, Verlag Franzbecker, Bad Salzdetfurth/Hildesheim (Germany), 1992, 360 pp.
- 40) P. Gerdes, Fivefold Symmetry and (basket)weaving in various cultures, in: I. Hargittai (ed.), *Fivefold symmetry in a cultural context*, World Scientific Publishing, Singapore, 1992, p. 243-259.
- 41) S. Mellin-Olsen & M.J. Hoines (eds.), *Mathematics and Culture, a seminar report*, Caspar Forlag, Radel, 1986, p.15-42.
- 42) *Educational Studies in Mathematics*, Dordrecht/Boston, 1988, Vol.19, No. 3, 137-162; and reproduced in: Bishop, A. (ed.), *Mathematics Education and Culture*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston, 1988, p.137-162.
- 43) *For the Learning of Mathematics*, Montreal, 1988, Vol. 8, No. 1, p. 35-39.
- 44) *Namnären*, Göteborg (Sweden), 1988, Vol. 15, No. 1, p. 38-41.
- 45) P. Gerdes, *Pitágoras Africano: Um estudo em cultura e educação matemática*, Mozambique's Instituto Superior Pedagógico, Maputo, 1992, 102 pp. (English translation, 1994).
- 46) P. Gerdes, *Etnomatemática: Cultura, Matemática, Educação*, Mozambique's Instituto Superior Pedagógico, Maputo, 1991, 110 p.
- 47) P. Gerdes, *Ethnomatics and education in Africa*, University of Stockholm Institute of International Education, 1995, 184 pp.
- 48) P. Gerdes, *Geometria Sona: Reflexões sobre uma tradição de desenho em povos da África ao sul do Equador*, Instituto Superior Pedagógico, Maputo, Vol. 1, 1993, 200 pp.; Vol. 2, 1993, 156 pp.; Vol. 3, 1994, 120 pp. English language edition of volume 1, Instituto Superior Pedagógico, Maputo, 1994, 200 pp. French language edition: *Une tradition géométrique en Afrique – Les dessins sur le sable*, L'Harmattan, Paris, 1995, 3 volumes, 594 pp.
- 49) Cf. also M. Ascher, Graphs in cultures (II): a study in ethno-mathematics, *Archive for History of Exact Sciences*, Berlin, 1988, Vol.39, no.1, 75-95 and chapter 2 in the aforementioned book "Ethnomathematics".
- 50) First version, in: *Abacus, the Journal of the Mathematical Association of Nigeria*, Ilorin (Nigeria), Vol.18, No.1, 107-125; second more elaborated version in: *Educational Studies in Mathematics*, Dordrecht/Boston, Vol.19, p.3-22.
- 51) *Namnären*, Götenborg (Sweden), Vol.15, No.4, p.51-53.
- 52) Mozambique's Instituto Superior Pedagógico, Maputo, 120 p.
- 53) P. Gerdes, *Vivendo a matemática: desenhos da África*, Editora Scipione, São Paulo (Brazil), 64 p.
- 54) *Radical Teacher*, Boston, 1993, Vol. 43, p.18-24.
- 55) *For the Learning of Mathematics*, Montreal, Vol. 10, No. 1, 31-34, and slightly adapted versions in: *Afrika Matematika*, Benin City, 1991, Series 2, Vol. 3, 119-130, and in: *Discovery and Innovation*, Nairobi, 1991, Vol. 3, No. 1, p. 29-36.
- 56) P. Gerdes, *Women and Geometry in Southern Africa*, Universidade Pedagógica, Maputo, 1995, 200 pp. The translation into French *Femmes et Géométrie en Afrique Australe* will be published by L'Harmattan, Paris.
- 57) See the book: P. Gerdes & G. Bulafo, *Sipatsi: Technology, Art and Geometry in Inhambane*, [English translation: P. Gerdes & A. Powell] Instituto Superior Pedagógico, Maputo, 1994, 102 pp.
- 58) On sona I have written the following:
 - *Vivendo a matemática: Desenhos da África* [Living mathematics: drawings of Africa], Editora Scipione, São Paulo, 1990, 64 pp. [children's book, English translation by A. Powell is forthcoming];
 - *Lusona: Geometrical recreations of Africa*, Instituto Superior Pedagógico, Maputo, 1991, 117 pp.;
 - *Geometria sona: Reflexões sobre uma tradição de desenho em povos da África ao sul do Equador* [Sona geometry: Reflections on the tradition of sand drawings in Africa south of the Equator], Instituto Superior Pedagógico, Maputo, 1993, Vol. 1 [reconstruction of mathematical elements in the sona tradition], 200 pp.; Vol. 2 [exploration of the educational and scientific potencial of the sona tradition], 160 pp.; Vol. 3 [comparison with drawing traditions in Ancient Egypt, Mesopotamia, India and other regions of Africa], 1994, 120 pp. French translation: *Une tradition géométrique en Afrique – Les dessins sur le sable*, L'Harmattan, Paris, 1995, 3 volumes, 594 pp.

CHALLENGES FOR SCIENCE EDUCATION IN THE WESTERN HEMISPHERE:

A Brazilian Perspective

Paulo dos Santos Rodrigues
Universidade Federal Fluminense,
Niterói (Brasil)

Leopoldo de Meis
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Rio de Janeiro (Brasil)

The Social Impact of Science

Before the 17th century, scientific research was chiefly an activity in which scientists worked as isolated individuals. Scientists working in different places only occasionally communicated their discoveries to each other. Starting in the 17th century, the institutionalization of science developed gradually, and science was carried out at universities and other academic institutions such as the Royal Society (1660) in England, the "École Polytechnique" (1795) in France, and the Massachusetts Institute of Technology (1865), in the USA. By the mid-nineteenth century the consolidation of this process, which was almost circumscribed to Europe and USA, had given rise to an exponential growth in new knowledge, which resulted in unprecedented changes in daily life and major changes in the social organization of the planet (1,2). The technological development has been readily perceived and its advantages are present in goods such as household appliances, in faster means of transportation, and in the advances in medicine and sanitation, which have increased life expectancy. However, the positive impact of scientific and technological developments must be weighted against negative aspects such as unbalanced population growth, degradation of the environment and the production of weapons of mass destruction. The resulting beneficial and harmful aspects of science and its products produced tensions, and have led society to increasingly demand more information about science and a greater role in decisions related to science practices and goals.

World Distribution of Science and Young People: A Challenge for Science Education

Scientific Knowledge, scientists and science education

At present, over 700,000 papers are published every year in scientific journals indexed by SCl (Science Citation Index) (3). However, much as it began 200 years ago, most new knowledge is produced in only a few countries. Scientists from the USA, England, Germany, Japan, France, Canada and the countries which constituted, until recently, the Soviet Union, contributed approximately 75 % of the indexed scientific papers published from 1975 to 1989 (3,4), while the population of these seven countries account for only 13 % of the world population (tab. 1). In contrast, the remaining countries of the planet – comprising 87 % of the world population – produce about 25 % of the papers published each year, and their social and economic development is closely dependent on those countries where knowledge is generated (5).

Table 1. Production of New Knowledge and Worldwide Distribution of Young People.

	Major Science Producers*		Rest of the World	
	1979	1989	1979	1989
1) Published scientific papers (thousands) (a)	470	561	153	228
2) Population (thousands)				
0-24 0-24 years old (b)	306,000	340,000	2,065,000	2,318,000
3) Ratio (2/1)	639	606	13,497	10,167

(*) Canada, France, Germany, Japan, Britain, USA and Soviet Union.

Sources:

(a) Thomas Phelan and Stephen Cole (1993) Social influences of scientific productivity. Paper presented at the American Sociological Society Annual Meeting, Miami, USA.

(b) Estimate data from: PC Globe 4.0, 1990, PC Globe Inc., USA. Statistical Year Book, UNESCO, 1984.

One of the tasks of science education is to assimilate and distribute the knowledge that science generates. Scientists are not the only ones responsible for science education, but the small scientific community in countries like Brazil provides the local scientific competence for accessing the international pool of knowledge and information, and has the potential to forge links among science, technology and education (6). They have the responsibility to make the huge amount of new scientific knowledge that is produced each year available to their countries, and intelligible to young people who have to be educated. Since developing countries have a larger proportion of young people in their population (82.6 %), than do the developed countries (7), the problem of distributing scientific knowledge represents, in fact, a great challenge for science education: most of the planet's young population lives in countries which have only a small scientific community to help promote science education.

Human resources for science

The uneven worldwide distribution of scientists and school-age young leads to a complex scenario that can be evaluated by comparing two countries in the same hemisphere, Brazil and the USA.

In Brazil there is increasing awareness of the need to develop science and to train new scientists as a necessary pre-requisite to deal with economic constraints of its society. In the USA science is developed and there is a large scientific community, but in recent years the USA has encountered difficulties in meeting the growing demand for capable new scientists to maintain its lead in science and technology.

In both countries the scientific community participates in the efforts to attract talented young people into science from the very beginning of the educational pipeline (8,9,10). In Brazil, this is not an easy task even though the number of scientists has increased more rapidly than the population as a whole (tab. 2). The number of Brazilians under 24 years old was about 78 million in 1988 (11). Given the small number of active scientists, each scientist would have to contribute to the education of 12,600 students (tab. 2). In contrast, the equivalent proportion in USA is 1 scientist to 44 young people (tab. 3).

Table 2: Resources for Science in Brazil

	1980	1988	Increment
1) Expenditures (US\$ millions) (a)			
Industry	330	725	2.20
Government (*)	298	268	0.90
Total	628	993	1.58
2) Doctoral degrees (b)	554	925	1.67
3) Young population in thousands (0-24 years old) (c)	70,600	78,000	1.10
4) Employed scientists			
Industry (d)	—	139	—
CNPq (#) (e)	1,935	6,060	3.13
Total	1,935	6,199	3.20
5) Young population/scientists (3/4)	36,500	12,600	0.34

(#) CNPq: Scientists receiving research fellowships from the National Research Council.

(*) Government expenditures were calculated as follows: Average annual income paid for active scientists (b) working at the Brazilian universities (1980: US\$ 38 millions; 1988: US\$ 118 millions) plus resources for science from CNPq (National Research Council; 1980: US\$ 23 millions; 1988: US\$ 47 millions) and FNDCT (National Fund for the Scientific and Technological Development; 1980: US\$ 237 millions; 1988: US\$ 103 millions)

Source:

- (a) Brasília, 1993. Dados de MCT-CNPq/DAD/SUP/COOE. In: Science and Technology in Brazil: A new policy for a global world (preliminary version 3.1), p. 2. * MCT: CNPq; FINEP; INT; INPE; IMPA.
- (b) CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Ensino Superior.
- (c) Estimate data from: Anuário Estatístico do Brasil. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1992.
- (d) ANPEI – Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Industriais: Perfil do Quadro de Associados. September, 1989, p. 9.
- (e) MCT-CNPq – Séries Históricas, 1976-1993. Brasília, 10 de Fevereiro de 1993. Tabela: Evolução do número de bolsas/ano segundo modalidades - 1976/1993 (Pós-doutorado-PD + Pesquisa-PQ + Pós-doutorado no exterior-PDE).

Table 3. Resources for Science in USA

	1976	1986	Increment
1) Expenditures (US\$ millions)			
Industry	26,997	83,562	3.21
Government and Educational Institutions	12,021	31,135	2.59
Total	39,018	114,697	2.94
2) Doctoral degrees (a)	32,946	31,770	0.96
3) Young population in thousands (0-24 years old) (b)	97,617	96,090	0.98
4) Employed Scientists (a)			
Industry	430,300	1,193,700	2.15
Government, educational institutions, and others	529,200	982,600	1.71
Total	959,500	2,186,300	1.98
5) Young population/scientists (3/4)	102	44	0.43

Source:

(a) National Patterns of Science and Technology Resources (1987). Survey of Science Resources Series. National Science Foundation, USA, pp. 39 and 71.

(b) Statistical Year Book, 1984, UNESCO.

Although the USA has a large scientific community, the mismatch between the increasing demand for scientists and the number of young people interested in scientific careers is making it difficult to provide the human resources needed to maintain the rate of development. From 1976 to 1986 the number of scientists and engineers employed in the USA increased by a factor of 2, from 2.3 million to 4.6 million. Meanwhile, the number of doctoral degrees awarded in the USA decreased from 32,946 to 31,770 (12; tab. 3). This discrepancy between supply and demand has led to an increase in the age of active scientists in the USA. The peak of the frequency distribution curve has shifted from 34 years old in 1976 to 44 in 1986 (12). The scientific work force in the USA has been renewed in part by foreign students enrolled in doctoral programs; this group increased from 34,400 in 1976 to 72,809 in 1986 (12). As a result the percentage of jobs going to talented foreign students has increased. This represents a high cost to developing countries, because Third World students who go abroad to obtain a doctorate, and do not return, cause an enormous economic burden to their home country, which paid for their education from elementary school to graduation (13).

Research and development (R&D) in industry

The shortfall in the scientific work force in developed countries can lead industry to establish new policies aimed at fulfilling its needs in R&D (14). Transnational industries may find it advantageous to transfer part of their research activities to developing countries that have a large young population and are eager for scientific development. Such a move might help to decrease the discrepancies presently existing in the Americas.

There are several requirements for a developing country to host industrial R&D. There should be universities to produce appropriately trained people, there should be enough human material to justify the investment, and the country should be interested in promoting of industrial modernization. This profile is fulfilled by a number of countries in Latin America, including Brazil, Argentina, Chile, Venezuela and Mexico. In the case of Brazil there has been an exponential growth in the number of industries that spend money on R&D (tab. 4). This is a new trend: before 1970, neither transnational nor local industries in Brazil spent a significant amount of money on research. However, their investment in this activity has increased from US\$330 million, in 1980 to US\$ 725 million, in 1988 (14). Two examples of this change in policy for research funding are the transnational companies Rhodia and Pirelli, which in 1988 applied 1.5% and 3.5% of the money earned from sales to research and development in Brazil (16).

Table 4: Research and Development (R&D) in Brazilian Industry

Year	Number of industries investing in R&D
Before 1950	2
1950-59	4
1960-69	12
1970-79	39
1980-88	81

Source: ANPEI - Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Industriais: Perfil do Quadro de Associados. September, 1989.

These are indications that, through the private sector, a dissemination of science from the First World is already taking place. Scientific research in Brazil is no longer restricted to *academia*; scientists are being sought by industry, which as an important productive sector of the economy has a strong influence on public opinion and government policies. Industry requires that money paid in taxes be recovered in the form of better education at primary and secondary school levels, and universities capable of providing capable graduates.

It has been pointed out (14) that countries like Brazil cannot sustain a rapid growth of science in industries without a certain risk. The interchange between universities and industries requires a careful balance in the distribution of investments and in wage policies. If the advantages offered by industry entice a significant fraction of the competent scientists to leave the universities and public research institutes, the formative system responsible for the training of new scientists could collapse.

The Role of Science Education

The data and comments presented so far point to important contributions of science education to contemporary society:

(A) The social impact of science leads society to depend increasingly on scientific

- research to fulfill its needs. Science education can help people to understand the nature and utility of science and contribute to developing informed and active citizenry.
- (B) Human resources for the scientific labor force are necessary to support the pace of scientific development. Raising young people's interest in science and in pursuing scientific careers is a challenge for science education in both developed and developing countries.
- (C) The unequal distribution of scientific knowledge and young population among different countries poses difficulties for development of science in both developed and developing countries. Science education efforts in developing countries can promote the spread of research in science and technology to these countries, and disseminate the associated benefits of new knowledge produced.

Scientists and Science Education Initiatives

Although production of new scientific knowledge production has grown exponentially during this century, research in science education has not progressed at the same rate as in other areas. This situation is exemplified by a comparison of the number of indexed journals that publish research in science education, 132, with the number of journals in other areas: 1,729 in social science journals and 5,692 devoted to biomedical and exact sciences (medicine, biology, mathematics, physics, chemistry and engineering) (17). There is some evidence that insufficient efforts devoted to science education research have had a negative impact: (a) Low test scores and students' deficiencies in basic science skills, in USA (9,18,19); (b) Students' lack of interest in science, and the relatively small numbers of students being prepared for careers in science and technology (8,18); and (c) Common misconceptions among students about scientific facts and the stereotyped image of the scientists and the scientific activity that prevails among school-age children (20,21,22).

Scientists are aware that science education plays an important role, not only in attracting and channelling talented young people to scientific careers, but also in helping to prepare them to use new technologies and to become lifelong learners, in order to keep integrated in a rapidly changing society. There are numerous programs in different countries devoted to the improvement of science education. An important aspect of these initiatives is the growing involvement of active scientists in science education at primary and secondary schools. Some examples in the USA are: (a) The National Science Research Center (NSRC), an organization devoted to educational research and development, information dissemination and outreach, cooperatively sponsored by the National Academy of Sciences and the Smithsonian Institution. Since 1985, the NSRC has been developing science education, working in close contact with schools in USA (9); (b) The recent publication of the American Society for the Advancement of Science's *Project 2061 – Benchmarks for Science Literacy* - an outline of fundamental concepts of the teaching of science (23); (c) Projects in science education, sponsored by the American Society of Physiology (10) and the American Society of Biochemistry and Molecular Biology. These projects include hosting high school teachers who undertake laboratory research projects for 8-10 weeks during the summer; and promoting the development of science education materials.

In Brazil, universities and research institutes have been increasingly engaged in science teaching programs, including: (a) *The University and learning science in schools* a program undertaken by the Universidade de São Paulo-USP. This program was conceived with a view to improving science teachers' education (8); (b) The Instituto de Matemática Pura e Aplicada, in Rio de Janeiro, has organized courses aimed at improving the teaching of mathematics in Brazil, and also developing teaching materials; (c) The Universidade Federal Fluminense, in Niterói, runs a program, *Espaço de Ciências*, that promotes science courses for both primary and secondary-school teachers and students, involving scientists from the university's Institutes of Biology, Physics and Chemistry.

Among the programs mentioned above these are some, both in Brazil and USA, that favor institutionalized interdisciplinary collaborations among leading scientists and educators on research and development projects on science education. Such is the case at the Departamento de Bioquímica Médica of the Universidade Federal do Rio de Janeiro. Besides its usual research activities in biochemistry, the department has developed research projects in sociology of science and science policy. These projects are generated and carried out along-side those involving basic biochemistry and the mixture creates an interdisciplinary environment for research and development in science education. What follows is a description of the programs currently under way.

Students Come to the University:

1) *Laboratory Projects* – Graduate students tutor undergraduates and high-school students at bench. Undergraduate students attending the university's regular biochemistry courses, and high-school students attending vacation courses (see box) are invited to participate in research projects that are in progress in the department. Students who are interested are interviewed and selected by graduate students, who become their advisors and oversee their projects, which are usually related to the senior students' thesis research. Presently there are over 100 undergraduate students working in the department's laboratories and over 50 graduate students engaged in tutoring. Acting as tutors also helps to prepare graduate students for the future when they in turn will supervise thesis research.

Some of the high school students are talented youngsters from low-income families, and they receive work-study fellowships. Although few in number their presence in the labs tends to focus the attention of the senior students on the problems afflicting Brazilian society.

2) *Vacation courses* – High-school teachers and students attend two-week intensive courses at the university, during vacation months. During the last six years vacation courses have given both teachers and students a chance to develop a closer view about the science process of inquiry, within the scientific environment of the university. More than 60 secondary level teachers and 1,000 secondary level students have attended the courses, which are intended to emphasize how scientific inquiry is used in generating knowledge. The course helps students to increase their comprehension of the nature of scientific activity at a time when they are about to choose their professional careers, and also influence the science teaching approach teachers use at schools.

A brief description of the vacation course – *The classes are directed towards creating an environment where students are stimulated to formulate hypotheses, propose, plan and execute experiments, and finally report the work done and draw conclusions.*

Teachers enroll for two weeks and students for one week. During the first week the teachers are the "students"; during the second week they work supervised by the instructors, coordinating the high-school students' activities.

The same structure is adopted for both weeks. On Monday the theme proposed for the week's work is introduced, with a brief historical account. Students are encouraged to raise their own questions related to this theme, guess about possible answers (hypotheses) and suggest experiments to check them. There are no lectures and no printed experimental protocols. The discussions are coordinated by graduate and undergraduate students in the first week. During the second week they are assisted by high-school teachers. Materials for carrying out the experiments proposed by the students are assembled beforehand or rounded up on the spot when unexpected proposals arise. The first experimental results obtained are discussed by the students, guided by the instructors, and then the students propose new hypothesis and experiments, based on the first round. This sequence is repeated many times during the course. On Friday, students present the results of their experiments to the students of other laboratory classes that worked on the same theme.

*The experimentation variety and breadth can be illustrated by the experiments done from working out the following students' question (Q) and hypothesis (H): (Q) **How does light enter plants?**; (H) **Plants have a pigment that absorbs light.** Experiments included: extracting from a purple leaf pigments of different colours, using different solvents, and separating them by paper chromatography.*

The main goal of the vacation courses is to involve students in actually doing experiments to answer their own questions; information content is secondary. By the end of the course students should realize that producing scientific knowledge, which they have previously encountered only in books, involves an enjoyable and continuous process of creating, testing and discussing ideas about natural phenomena.

Science Goes to School: *Long-term project activities carried out at schools, during the whole year.* The teaching approach used in the vacation courses is currently being adapted for use inside the schools. Science teachers are considered as partners and multipliers of the department's science education programs. They are encouraged and given continued support (tutorial and materials) to use the experience acquired during the vacation courses, in the schools they work. At present, there are 5 long-term projects under way in Rio de Janeiro high schools involving teachers who have taken part in the 2-week vacation courses. The aim is to encourage high-school science teachers to replace the traditional "cook-book" approach to laboratory classes with a format that

emphasizes the scientific process of inquiry. That means asking the students to propose their theme-related questions and designing their own experiments to answer their questions. Finally, teachers are also expected to develop more comprehensive assessment strategies to evaluate the impact of such a science teaching approach in order to identify students' achievements related to their: (a) ability to inquire; (b) scientific understanding of the natural world; and (c) understanding of the nature of science.

Teachers Work in Department's Laboratories: Teachers are invited to engage themselves on research activities at the department's laboratories, both on biochemistry projects and on science education and sociology of science projects. However, they keep their links with the schools allowing a permanent bridge to be established between the university and schools. The projects on science education and sociology developed so far encompass areas of: scientometrics and science policy, the learning process in science, and the social impact of science (5,13,14,22). Projects that are under way include development and evaluation of science teaching strategies.

Graduate Program: Several of the programs described have been structured into a graduate studies program in the department that is run side by side with the traditional course in biochemistry. This course has 11 students, about 10% of the total master and PhD students in the department, and it can be considered an effective institutionalized and interdisciplinary environment for developing collaborative work among leading scientists from different areas of knowledge and educators.

Acknowledgements: The authors are grateful to Lúcia Fonseca, Dr. Diogo Souza, Miriam S. dos Santos e Nivaldo A. Lemos for helpful discussion of the original manuscript. We are also specially grateful to Dra. Martha M. Sorenson for discussing the final version of this paper. This work was supported by: Fundação Vitae, CNPq/educação, CAPES, FUJB.



REFERENCES

- 1) Peccei, Aurelio, 1981. *100 pages pour l'avenir. Réflexion du Club de Rome*. Editions Economica, Paris.
- 2) Rosenberg, N. & Birdzell, Jr., L.E., 1990. "Science, technology and the western miracle". *Scientific American*, November, pp. 42-54.
- 3) Phelan, T. & Stephen Cole, 1993. "Social influences of scientific productivity". Paper presented at the American Sociological Society Annual Meeting, Miami, USA.
- 4) Martin, B.R., Irvine, J., Narin, F. & Sterrit, C., 1987. "The continuing decline of British science". *Nature*, 330: 123.
- 5) de Meis, L., Longo, P.H., Falcão, E.B.M., 1989. "The learning process in science: a study among Brazilian biochemists". *Biochem. Educ.*, 17: 127.
- 6) Schwartzman, S., Krieger, E., Galembeck, F., Guimarães, E.A., Bertero, C.O., 1995. "Science and Technology in Brazil: a new policy for a global world". In: *Science and Technology in Brazil: A new policy for a global world* (Simon Schwartzman, coord.; Carlos Osmar Bertero... *et al.*; Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1995), pp. 1-56.
- 7) *Statistical Year Book* (1984) UNESCO.
- 8) A Universidade e o Aprendizado Escolar de Ciências, 1993. Projeto USP/BID. Formação de Professores de Ciências (1990-1992), CECAE/USP. São Paulo, SP, Brasil.
- 9) National Science Resources Center, 1991. Annual Report. National Academy of Sciences & Smithsonian Institute, Washington, DC, USA.
- 10) Matyas, M.L., 1994. "K-12 Science Education: Current Status and Future Standards". *The Physiologist* (American Physiology Society), 37(1): 37.
- 11) *Anuário Estatístico do Brasil*, 1992. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- 12) National Patterns of Science and Technology Resources, 1987. Survey of Science Resources Series. National Science Foundation, USA.
- 13) de Meis, L., Longo, P.H., 1990. "The training of Brazilian biochemists in Brazil and developed countries". *Biochem. Educ.*, 18: 182.
- 14) de Meis, L., Machado, R.C.P., Lessa, F., Rumjanek, V.M.B.D., 1991. "Science and industry in developed and developing countries". *Ciencia e Cultura*, 43(4): 278.
- 15) Brisolla, S., 1993. "Indicadores quantitativos de ciencia e tecnologia". In: *Science and Technology in Brazil: A new policy for a global world* (Simon Schwartzman, coord.; Carlos Osmar Bertero... *et al.*; Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1995), p. 7.
- 16) Marcovitch, J., 1990. "A modernização industrial e tecnológica: estagnação e prosperidade". *Rev. Administr.* São Paulo, 25: 16.
- 17) Science Citation Index, 1991. Journal Citation Reports. pp. 77-111.
- 18) Survey of Science Resources, 1987. National Science Foundation, USA. In the National Interest: The Federal Government in the Reform of K-12 Math and Science Education. Task Force on K-12 Mathematics and Science Education. Carnegie Commission on Science, Technology and Government, September, 1991. In: Tim Beardsley, *Scientific American*, October 1992.
- 19) Stevenson, H.W., 1992. Learning from asian schools. *Scientific American*, December, pp. 32-38.
- 20) Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W.A., 1982. "Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change". *Sci. Educ.*, 66(2): 211-227.
- 21) Fisher, K., 1985. "A misconception in biology: Amino acids and translation". *J. Res. Sci. Teaching*, 22(1): 53.

- 22) de Meis, L., Machado, R.C.P., Lustosa, P., Soares, V.R., Caldeira, M.T., Fonseca, L., 1993. "The stereotyped image of the scientist among students of different countries: Evoking the alchemist?" *Biochem. Educ.*, 21(2): 75.
- 23) Project 2061/American Association for the Advancement of Science (1993) Benchmarks for Science Literacy. New York: Oxford University Press.



2

POPULARISATION

LE RÔLE DES MUSÉES, DE LA SCIENCE, ET DU PUBLIC AU BRÉSIL

Maria Margaret Lopès
Instituto de Geociencias-Unicamp,
Campinas (Brésil)

La « vision de paradis »

Il existe au Brésil des musées consacrés aux sciences naturelles depuis 1818, date à laquelle le Museu Nacional a été créé dans le cadre du programme de modernisation entrepris par la monarchie portugaise, après le transfert du siège de l'Empire au Brésil en 1808. Musée métropolitain par nature, le Museu Nacional abritait de ce fait non seulement des collections nationales, mais également européennes, égyptiennes, gréco-romaines, ou provenant d'anciennes colonies portugaises d'Afrique et d'Asie.

Se voulant symbole d'urbanisation, de civilisation et de progrès, le Museu Nacional a toujours été ouvert au public, même si la grande majorité de la population de Rio de Janeiro, alors formée d'esclaves, en était exclue d'office. Au début du XIX^e siècle, lorsque les frontières entre sciences, arts et technologie étaient moins rigides qu'elles ne le sont aujourd'hui, le musée abritait, sans aucune contradiction, des cours et collections du laboratoire de chimie, nécessaires à ses analyses minéralogiques, en même temps que l'Académie des Beaux-arts et la Société pour la promotion de l'industrie nationale (1).

Copié sur le modèle des grands musées européens, en particulier le Muséum d'histoire naturelle de Paris, que la plupart de ses directeurs étaient allés visiter, le Museu Nacional resta pendant pratiquement un demi-siècle la seule institution de référence pour tous ceux qui, dans notre pays, s'occupaient de sciences naturelles.

C'est au Museu Nacional que se développèrent les disciplines de paléontologie, d'anthropologie et de physiologie, et que progressa le professionnalisme des naturalistes brésiliens. C'est grâce à lui que les premières sociétés scientifiques d'histoire naturelle virent le jour, et que furent organisées les premières expéditions scientifiques nationales pour explorer l'intérieur du pays. Parmi les initiatives du musée, notons encore l'organisation de cours supérieurs de sciences naturelles (2) et de conférences populaires que les femmes, à la fin du siècle, étaient incitées à suivre, alors que l'université leur restait interdite (Lopès, 1993).

Mais, au XIX^e siècle, les musées, au-delà de leur fonction de recherche spécialisée, jouaient aussi le rôle de symboles servant à former et appuyer les identités nationales.

En ce sens, l'impression que laissait le musée était précisément celle d'une « muséification » de la « vision de paradis ». Je me réfère ici à l'expression du grand historien brésilien, Sérgio Buarque de Holanda, qui a su si bien traduire l'écart existant entre rêve et réalité dans la représentation du pays, tel qu'il se manifeste dans les politiques officielles ou dans l'imagerie populaire. Dans les deux cas, le Brésil apparaissait, et continue d'apparaître, comme une corne d'abondance de ressources naturelles illimitées n'attendant que des découvreurs (Holanda, 1969) (3).

Le Museu Nacional, ainsi que les autres musées créés à la fin du siècle, le Museu Paulista à São Paulo, le Museu Paraense Emílio Goeldi, à Belém (Amazonie), et le Museu Paranaense à Curitiba (au sud du pays), ont contribué à cette « muséification » de la nature exubérante des tropiques, comme à celle de leurs exotiques populations, c'est-à-dire les indiens et les noirs, qui « sont appelés inéluctablement à disparaître » avec les progrès de la civilisation, auxquels le musée, précisément, contribue.

Se fondant sur leur recherche anthropologique, et appliquant les théories anthropométriques racistes qui avaient largement cours à l'époque, les directeurs de musées embrassèrent et diffusèrent le rêve de conduire ce pays de mulâtres aux « sommets » de la civilisation occidentale grâce au « blanchiment » de la race (4).

Tout comme les autres musées du monde, c'est à partir de la première décennie de ce siècle que les musées brésiliens commencèrent à perdre leur fonction d'institutions indispensables au développement de la recherche en histoire naturelle. Traduisant les changements de paradigme et de priorités de la recherche en sciences naturelles, d'autres laboratoires et centres de recherche furent alors créés. Il convient de noter que, à l'inverse des musées, ces nouvelles institutions n'étaient pas ouvertes au public, même à l'élite. A quoi bon d'ailleurs puisque, rien n'y étant exposé, on ne pouvait rien y apprendre par simple observation comparative.

Dans ce contexte, les musées, avec leurs pratiques taxonomiques, se trouvaient marginalisés, et avec eux le public qui les fréquentait. Pour répondre à cette crise engendrée par le changement de paradigmes, de nouvelles spécialisations scientifiques s'imposaient et, avec elles, de nouveaux espaces scientifiques pour les accueillir. Toutefois, à la différence des autres musées du monde, certains des musées brésiliens, tels le Paulista et le Paranaense, se transformèrent en musées historiques pendant les années 1920-1930, et le Museu Nacional contribua grandement à l'amélioration de ce type d'institution.

La « scolarisation » des musées

Le fait est que la fondation du Museu Histórico Nacional de Rio de Janeiro, en 1922, dans le cadre de la célébration du centenaire de l'indépendance du pays, inaugurait une nouvelle phase pour les musées brésiliens. D'autres musées historiques suivirent, qui marquèrent le début de la perception du rôle pédagogique des musées en coopération avec l'enseignement formel.

C'est de cette époque que l'on peut dater l'origine de ce qu'on a appelé la « muséification » de l'histoire officielle, toujours bien vivante dans plusieurs de nos musées. Fondée sur une vision positiviste du monde, elle distingue un objet entre des centaines

d'autres similaires à partir d'une conception historique événementielle et héroïque (qui ne fait généralement pas de place aux femmes).

La « muséification » de l'identité nationale a été construite à partir non seulement des témoignages sur la richesse éternellement vantée du pays, mais aussi et surtout du discours sur l'histoire officielle de la nation et sa diffusion par le moyen de l'éducation.

A la fin des années 1920, nos anciens musées se remettent à jour. Cette période est marquée, au Brésil, par d'importantes initiatives en matière d'éducation (5) qui exercèrent une influence sur les musées. On voit apparaître les conceptions sur l'utilité des musées et de leurs collections pour mettre en œuvre des méthodes d'enseignement pratiques et motivantes. Le département pédagogique du Musée national est alors créé, et les enseignants qui voyagent aux États-Unis dans les années 1930 reviennent frappés par l'importance que les musées ont acquis dans le domaine de l'éducation (Venancio Filho, 1938). Le rôle du département pédagogique du Museu Nacional dans les années 1940 et 1950 démontre l'influence américaine sur notre système d'éducation, et définit les fonctions complémentaires et explicatives que les musées peuvent assumer pour contribuer à l'éducation scolaire, par des prêts, des visites guidées, etc.

Nous pouvons également faire remonter à cette période le processus de scolarisation, toujours actuel, des musées. Par scolarisation, nous voulons dire que les musées abandonnent leur objectif d'être des centres de communication et de culture pour se réduire au rôle de complément de la formation dispensée dans les écoles en se conformant aux méthodes de l'éducation scolaire traditionnelle (Lopès, 1992).

« La procession des miracles »

Russio (1977) caractérise les années 1930 à 1950 comme une période de « jaillissement » de musées, sous une double impulsion : soit la recherche d'un appui au sentiment national allant de pair avec un pouvoir politique extrêmement centralisé (6), soit encore l'accélération du processus d'industrialisation, spécialement dans les États de Sao Paulo, Rio de Janeiro et Minas Gerais. Plusieurs musées spécialisés sont alors créés, associés à des centres de recherche ou des universités, également fondés à cette époque, ainsi que d'autres types de musées en province (7).

La prolifération des musées dans plusieurs domaines de la connaissance continuera pendant les deux décennies suivantes. Plusieurs de ces musées ne dépasseront pas le stade du décri de fondation et ne virent jamais le jour, d'autres vivront en instance de fermeture (8).

On constate également un regain d'intérêt pour le rôle des musées, en particulier scientifiques et techniques, sous l'influence des États-Unis. Ils sont alors conçus comme des mécanismes d'importance fondamentale pour combler la distance entre le public et un développement toujours plus rapide des sciences et de la technologie, dans la mesure où ils assument la responsabilité de l'homogénéisation et de l'universalisation de la culture occidentale par des moyens de diffusion scientifique que leur assurent leurs méthodes interactives et leur dynamique propre.

En 1954, à Sao Paulo, émerge le projet d'un musée dynamique des sciences, l'idée étant que les villes modernes doivent avoir, à l'instar des galeries d'art et des musées

historiques, des musées des sciences qui, à la différence des anciens muséums d'histoire naturelle, exposeraient au moyen de modèles simples, mais animés, les grandes réalisations scientifiques et technologiques, dans leurs principes et leurs applications. Influencé par le caractère dynamique des musées américains et par une idéologie technocentriste, le projet, incorporant la fonction éducative et sociale des musées d'alors, était fondé sur une certaine vision de l'efficacité technologique et du progrès scientifique caractéristique de l'époque (on lui doit également la fondation de la Société brésilienne pour le progrès de la science, SBPC). Son objectif n'était pas seulement de diffuser la connaissance scientifique, mais également de servir de complément à l'enseignement élémentaire, et de devenir l'école de ceux qui n'avaient pas eu la chance d'y aller (Reis, 1984).

A partir de cette date, il n'existera plus de musées spécialisés en histoire naturelle. On assiste alors à la création du Planetarium (1957), à la mise en œuvre, à Sao Paulo, d'une série d'expositions industrielles appelées « Musées du progrès » (1958), qui, à leur tour, allaient engendrer de nouveaux musées. En 1960, le Musée de la science et de la technologie est fondé à Sao Paulo, mais il ne parviendra jamais au stade du fonctionnement.

Pour paraphraser de nouveau Sergio Buarque de Holanda, la « procession des miracles » continuait. Le nouvel Eldorado, l'espoir dans l'avenir du pays, reposaient désormais sur les ressources minérales, la technologie et l'industrialisation.

S'agissant de l'état des principaux musées brésiliens dans les années 1970, les assertions de Carvalho (1977) donnent matière à réflexion. Selon lui – il était alors directeur du Museu Nacional –, nombre de musées pris en charge par les universités (dont le Museu Nacional), soi-disant pour leur redonner du dynamisme et les associer plus efficacement à la recherche, ont alors relégué au second plan leurs objectifs primordiaux de diffusion culturelle et d'éducation de la jeunesse des milieux populaires. Il assure que « désormais, dans certaines parties du Museu, nous sentons presque du mépris pour l'activité qui constitue la raison d'être de tout musée, à savoir la divulgation scientifique au bénéfice de vastes publics ». Ce qui nous semble vrai non seulement du Musée national, auquel se réfère Carvalho, mais également de tous les musées du Brésil.

Qui plus est, depuis 1970, alors que des représentants de la muséologie brésilienne participent aux débats muséologiques en Amérique latine (de la Conférence de Santiago du Chili en 1972 à celle de Caracas en 1992), qui portent sur le rôle de telles institutions dans nos contextes culturels, les musées des sciences et d'histoire naturelle se placent, eux, en dehors des perspectives de la renaissance muséologique qui fait des musées des institutions en prise avec les communautés qui les accueillent.

Il apparaît donc, à travers ce tableau historique des musées d'histoire naturelle, des sciences et des techniques du Brésil, qu'ils ont, au cours des ans, assumé des rôles divers, conformes aux différentes conceptions d'enseignement et de diffusion de la science que l'on entendait leur faire adopter.

En tant qu'institutions, ils ont été des pionniers de la recherche – et certains continuent de l'être – dans plusieurs domaines de la connaissance. Certains d'entre eux, à travers leurs récentes expositions, ont témoigné de leur intérêt pour la portée sociale

du développement de la recherche : c'est le cas du Museu de Historia Natural de Belo Horizonte (Minas Gerais), ou du Museu Paraense Emilio Goeldi (Amazonie).

D'autres, comme le Museu Nacional, qui, sur le plan institutionnel, continue d'être un département de l'université, sont devenus des musées statiques hébergeant d'immenses et précieuses collections, pôles d'attraction touristique et but obligé des programmes de visites scolaires. Ils ont un taux de fréquentation élevé et leurs expositions portent témoignage des conceptions muséographiques et scientifiques des années 1950, encore que complètement distinctes du travail scientifique produit dans ces institutions.

Ils se sont transformés en appendices de l'école, adoptant toujours davantage les méthodes et pratiques de l'enseignement scolaire, tout en abandonnant leur rôle plus largement culturel et en se désengageant de toute initiative innovatrice.

En résumé, l'histoire des musées du Brésil est faite de pertes de sens et de changements de fonction. Les mesures qui ont prévalu comme solutions pour dépasser cette situation sont plutôt conservatrices.

Les musées des années 1980 et 1990

Aujourd'hui, les musées consacrés aux sciences constituent environ 15 % de la totalité des établissements muséologiques du Brésil (à peu près un millier). A la fin des années 1980, nous avons tracé, d'un point de vue surtout qualitatif, un premier état des lieux, portant principalement sur les musées ayant trait à la géologie. Cette étude, la première du genre, et d'ailleurs toujours unique, que nous continuons de mettre à jour régulièrement, nous a permis de déterminer les caractéristiques de chaque musée, de décrire leurs collections respectives, leurs conditions de fonctionnement, leurs publics et le rôle social qu'ils ont été amenés à jouer (Lopès, 1988).

Ces musées sont surtout concentrés dans les grandes villes des zones les plus riches en ressources socio-économiques, et ils sont rattachés à des universités, des instituts de recherche ou des institutions municipales. Malgré la diversité de leurs champs d'intérêt et leurs spécificités respectives, nous n'avons pas discerné de grandes différences dans leur façon d'envisager la connaissance scientifique, ce qu'ils font en appliquant la dichotomie traditionnelle entre objet de recherche et d'enseignement.

Certains musées, toutefois, font exception : ceux qui traitent la science d'un point de vue environnemental et historique global.

Quelles que soient finalement les priorités des musées étudiés, enseignement universitaire, recherche ou diffusion culturelle, ils continuent à se définir d'une façon, à notre avis, réductrice, comme des institutions complémentaires de l'enseignement, dont la mission éducative vise particulièrement le public scolaire, et plus précisément des deux premiers cycles, primaire et secondaire. En fait aucun de ces musées n'est ouvert le soir, et plusieurs ferment pendant le week-end. Ils ne peuvent pas être fréquentés par un public extrascolaire ou universitaire. Et, malgré d'imposantes collections, nos musées n'offrent guère plus, pour la majorité d'entre eux, que des visites guidées à des expositions statiques modelées sur une conception d'enseignement axée sur la transmission de connaissances toutes faites, qui n'exige de la part des étudiants et écoliers (ou du public en général) d'autre qualité que la passivité.

Les conditions de fonctionnement de tels musées sont, pour toutes sortes de raisons, précaires. Ils survivent sans ressources financières propres, dans des bâtiments provisoires et avec un personnel réduit et non qualifié. Les musées qui prétendent employer des éducateurs dans leurs services se réfèrent en général à des professeurs de l'enseignement public, délégués auprès du musée sans avoir reçu de formation particulière.

Toutefois, la conclusion la plus importante à laquelle nous sommes parvenus au terme de notre étude est que, malgré leurs problèmes de personnel, et malgré des conditions techniques et financières généralement difficiles, ces musées et leurs collections n'en représentent pas moins un potentiel d'étude important, qui devrait être utilisé dans tous les domaines, historique, environnemental, économique ou muséographique, et surtout mis au service de l'éducation et de la popularisation de la science. Ces sources potentielles, quoiqu'en partie inutilisées, sont en prise avec la situation sociale et économique du pays : elles pourraient être précieuses si les chercheurs, dont les champs d'intérêt coïncident avec ceux de ces musées, contribuaient avec plus de détermination à leur ouverture au plus grand nombre et à leur socialisation. Ceci revient à dire que les musées brésiliens sont toujours en quête de politiques scientifiques et culturelles globales pour la diffusion de la connaissance, susceptibles de contribuer à leur intégration et de leur assurer le soutien dont ils ont besoin.

Nonobstant tous ces défauts, on constate, à partir des années 1980, une volonté réelle d'accroître l'importance des musées dans le domaine des sciences naturelles et exactes, de la technologie et même de l'histoire des sciences. C'est ce dont témoigne le soutien officiel apporté à la restauration et la conservation de certaines des collections les plus importantes du Museu Paraense Emilio Goeldi (Belem, Amazonie) et du Museu Minerologico de Escola das Minas d'Ouro Preto (Minas Gerais).

Ce soutien apparaît également dans la création de nouveaux établissements scientifiques, tels le Museu de Astronomia e Ciências Afins (1985) de Rio de Janeiro, qui a donné une dimension historique intéressante à ses expositions, ou encore le Estação Ciência de Sao Paulo (1987), dont les propositions, basées sur des techniques muséographiques modernes et des conceptions muséologiques innovatrices favorisant l'approche pluridisciplinaire et la participation de l'utilisateur aux expériences, sont devenues des modèles pour la création de centres similaires dans l'État de Minas Gerais et le Nordeste.

Ce soutien s'est manifesté plus récemment encore, en 1993, à l'occasion du projet de réorganisation du Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) à Rio de Janeiro. Ou encore, en 1994, avec la Casa da Ciência et Tecnologia de Curitiba, Parana, au sud du Brésil, un centre de diffusion scientifique et technique pour le grand public, qui présente le contexte social et historique du développement agro-industriel et technologique de l'État du Parana par le biais d'une exposition appelée « Science et Technologie – Nourriture pour la vie ». Nous pourrions mentionner d'autres centres de cette nature, d'importance plus modeste, disséminés dans plusieurs villes de l'intérieur du pays (9).

Ce renouvellement de plusieurs musées de sciences naturelles et de technologie ces derniers temps, au Brésil, nous apparaît comme un signe d'intérêt nouveau des milieux universitaires et gouvernementaux pour la réactivation de ces institutions. Pour

analyser le rôle social de ces musées, il est nécessaire de mettre l'accent à la fois sur le lien qui rattache la grande majorité d'entre eux au Conseil national de la recherche (CNPq), soit directement, soit sous la forme d'une contribution au financement ou à la gestion, et sur la participation des secrétariats d'État à l'Industrie, au Commerce et au Plan.

Ce rôle primordial du CNPq est dû entre autres à une nouvelle évaluation de la fonction de coordination de cette agence gouvernementale dans la mise en œuvre d'une recherche davantage orientée vers les priorités fixées par les plans gouvernementaux pour la S&T pendant les dernières années du gouvernement militaire.

Parmi les activités du CNPq bénéficiant du soutien financier de la Banque mondiale, notons toute une série de programmes institutionnels lancés au début des années 1980, tel le Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Programme de financement pour le développement scientifique et technique – PADCT) qui, entre autres secteurs spécifiques de financement, comprend « l'éducation pour la science », lequel, à son tour, comprend les musées.

Le PADCT, au moment de sa mise en œuvre, a été très controversé. Il rencontra la résistance d'une partie de la communauté scientifique. Celle-ci critiquait, entre autres, les directives de la Banque mondiale qui réservaient une place préférentielle aux domaines technologiques faisant appel à des stratégies à court terme, aux dépens de la recherche fondamentale. Mais, du fait de la pénurie croissante de fonds destinés à la recherche dans notre pays, le PADCT provoqua également une véritable « ruée vers l'or » pour obtenir l'approbation des projets susceptibles de bénéficier des ressources offertes (Albagli, 1988).

De 1985 à 1987, le CNPq commandita également un Programme national pour le financement des collections scientifiques, qui permettait, entre autres initiatives, la restauration de certaines collections et la création de banques de données informatisées dans les musées (Volkmer-Ribeiro *et al.* 1992).

Ces diverses circonstances ont créé un contexte plus favorable au développement des musées de science et technique qu'à celui des musées historiques, surtout lorsque ceux-ci dépendent du ministère de la Culture ou des programmes de conservation du patrimoine national.

Le gouvernement de Collor, pourtant élu président démocratiquement après trente ans de régime autoritaire, sera fatal aux systèmes en place.

Fidèle à ses objectifs, le CNPq/PADCT lança des programmes de financement spécialement destinés aux « Musées des sciences dynamiques » : vieilles formules, concepts usés. Il n'empêche : il semble que de nouvelles voies s'ouvrent pour les musées du Brésil.

En 1994, 16 propositions ont été soumises à l'approbation du PADCT par les principaux centres universitaires et par les secrétariats d'État à la Culture, aux Sciences et à la Technologie. Outre ces initiatives de grande envergure, la vogue actuelle de la paléontologie a entraîné la modernisation de certaines collections existantes et l'ouverture de nouveaux sites de recherche paléontologique (10) à l'intérieur du pays. Alors qu'au Brésil, comme dans d'autres pays, des musées d'époques différentes, exprimant la conception de la science propre à leur temps, continuent de coexister (Bruno,

1991), notre enquête sur l'état des musées consacrés aux sciences révèle des signes clairs de changement.

Des colloques et forums nationaux, régionaux, universitaires, ont été organisés et des expériences locales ont été menées. Certains musées ont essayé, plus ou moins activement selon les périodes, de réévaluer leurs pratiques. Les questions d'environnement ont été introduites malgré l'ordre taxonomique adopté pour la présentation des collections, dans un but de conservation du patrimoine environnemental et culturel. On a même tenté d'aborder de façon critique notre crise sociale et environnementale en utilisant des techniques d'expression muséographique qui incorporent méthodes pluridisciplinaires et approches historiques, au moyen d'activités de plein air visant à accroître la participation, la créativité et la discussion sur des questions d'environnement. Ce processus a soulevé des questions fondamentales dont les réponses dépendent des observations sur les pratiques elles-mêmes. Certaines de ces réflexions et observations concernent le rôle positif ou négatif des musées pour combattre la destruction continue de notre héritage, dans le contexte même du discours officiel des politiques de conservation qui, en pratique, violent les droits civils de la société brésilienne. C'est le cas par exemple de l'expérience controversée de l'écomusée d'Itaipu (désormais nommé « Site-Musée intégré »), construit pour conserver un peu de la biodiversité détruite et pour offrir une représentation des communautés nomades autrefois établies sur le site, et impitoyablement chassées pour permettre la construction de l'un des plus grands barrages d'Amérique latine, l'Itaipu, aux frontières du Brésil, de l'Argentine et du Paraguay. Ce dernier pays, aujourd'hui encore, ne peut pas absorber son quota d'électricité et est forcé de la vendre à bas prix au Brésil.

Étant donné l'ampleur colossale de la catastrophe écologique anticipée, la construction du musée avait été prévue alors même que le barrage en était encore au stade de projet. Là encore, nous nous trouvons confrontés à une terminologie et des modèles nouveaux, chargés d'un fort potentiel innovateur, utilisés pour redorer le blason et restaurer la crédibilité et la respectabilité de pratiques connues.

D'un autre côté, nous avons des initiatives plutôt modestes, comme le Marajo Museu, construit dans le village de Cacheira do Arari, sur l'île de Marajo, la plus grande île fluviale du monde.

Ce musée a été institué par décret et n'est pas rattaché à des établissements scientifiques. Né du désir d'une communauté fortement enracinée, et voulant lutter contre la pauvreté, il joue un rôle important dans le développement culturel de la population. Le contexte de base est constitué par une présentation du mode de vie des Marajoras intégrée à l'environnement. Les objets exposés, et manipulés à volonté, ne sont pas sortis du milieu culturel auquel ils appartiennent, contrairement à ce qui se passait autrefois « lorsqu'on se contentait d'exhiber un petit animal avec l'indication de son nom vulgaire et scientifique » (Galo, 1989). La culture locale est mise pour nous en représentation, comme la « génération spontanée » de mouches dans les ordures, la transformation magique de la « manatee » qui prend forme humaine pour expliquer la grossesse des jeunes femmes, ou encore les « biens » de la vie quotidienne, le charbon de bois tenant lieu de pâte dentifrice, l'écaille de pirarucu de vernis à ongles.

L'absence d'électricité et de confort moderne permet une réévaluation des pratiques locales et des matières premières disponibles et la redécouverte de leur identité propre. « L'ordinateur en bois » est à ce titre emblématique : c'est une boîte que l'on ouvre pour obtenir des réponses à des questions de base.

Il serait difficile de caser cette institution dans la typologie ordinaire des musées.

Dans un pays où les contrastes sont innombrables, des expériences aussi riches et dissemblables soulèvent une question qui n'a pas encore été prise pleinement en considération. Elle concerne les tentatives d'explication de la crise que traversent nos musées et qui doit être placée dans le contexte de la crise des « paradigmes » qui affecte les conceptions de la science sur lesquelles sont fondés les musées, et, par voie de conséquence, du rôle que ces musées attribuent à leur public.

Il existe, certes, une vaste bibliographie internationale sur le sujet. Au Brésil, toutefois ce n'est que récemment que nous nous sommes intéressés aux questions ayant trait au public. Nous ne possédons pas encore de données fiables sur le public des musées brésiliens, en particulier ceux de S&T. Cependant, des enquêtes préliminaires ont apporté quelques résultats susceptibles d'intéresser les chercheurs et le personnel des musées.

Selon les données relatives au nombre d'entrées, les musées recevant plus de 150 000 visiteurs par an sont considérés comme ayant un taux de fréquentation élevé (Silva, 1989). Citons ici certains chiffres, pour les musées de S&T les plus traditionnels : 80 000 entrées pour le Museu Nacional de Rio de Janeiro et le Museu Paraense Emílio Goeldi, 150 000 pour l'Estação Ciência, et 300 000 pour le Museu do Butantã, parfois surnommé le « Musée serpent ». Quoique relativement élevés, ces chiffres ne peuvent être comparés à ceux du São Paulo Zoo, qui reçoit un million de visiteurs par an.

Autre fait digne d'intérêt : il apparaît, malgré l'absence de données statistiques, que la majorité des visiteurs – l'entrée est la plupart du temps gratuite ou très bon marché – provient des classes les plus défavorisées et les moins scolarisées. Ceci n'a rien de surprenant si on se souvient que 50 % de la population brésilienne de plus de dix ans n'a pas été à l'école plus de quatre ans. Cela peut donner une idée de la tâche qui nous attend !

Au-delà de l'aspect statistique – encore que le Brésil en ait un besoin pressant –, les relations entre musée et public doivent être envisagées comme un moyen d'analyser les aspects cognitifs de la relation entre science et public, qui n'a pas été prise en considération par le passé dans les études philosophiques, politiques, épistémologiques et historiques sur la science et la muséologie.

Selon Fehér, « aucun philosophe de la science, au sens strict du mot, n'a jamais, au cours des deux cents dernières années, envisagé d'étudier systématiquement l'aspect cognitif de la relation entre science et public. Plusieurs excellents travaux portent sur la manière dont le public peut encourager ou dissuader, par des moyens politiques ou financiers, l'investigation scientifique, mais aucun ne se pose la question de savoir si le public joue, ou pourrait jouer, un rôle dans le processus de cognition scientifique, et de quelle façon cela pourrait affecter l'évaluation et l'acceptation des acquis du savoir parmi les scientifiques eux-mêmes » (Fehér, 1990, 421).

Selon nous, pour comprendre les sciences et leur relation au public, il faut prendre en considération certaines des conceptions essentielles qui pourraient contribuer à mieux situer le rôle éducatif, culturel et socio-environnemental du musée dans le contexte réel de notre pays.

Pour nous limiter au monde des musées, nous citerons, à ce propos, l'éditorial publié dans le numéro de la revue *Museum* consacré aux musées de S&T et qui nous semble encore pertinent et actuel dans le cas du Brésil.

Inquiet de l'éventualité d'un hiatus entre science et société, qualifié de « danger », au cas où la science continuerait de s'enfermer dans son propre discours, et où le non initié serait dans l'impossibilité de comprendre ses messages, l'auteur considère que les musées de S&T ont joué un rôle primordial pour entraver la progression de ce « danger ». Ceci parce que les musées constituent « un lieu privilégié pour la transmission et la compréhension des messages de la science », dans la mesure où ceux-ci sont présentés « de façon attachante et amusante », de façon à être « captés et assimilés... par le visiteur lui-même, qui acquiert les connaissances en exécutant les expériences ». Un dénominateur commun unirait ainsi les efforts entrepris par les musées de S&T « pour expliquer les lois de la science, décrire leur application technique et définir leurs répercussions sociales, de telle façon que le public bien informé et éclairé puisse se faire une opinion et, le cas échéant, prendre des décisions et choisir entre les différentes options en pleine connaissance de cause » (*Museum*, 1986, 66).

Le danger évoqué dans l'éditorial de la revue peut être bien réel, et il n'est pas nouveau. Il faut l'exprimer en d'autres termes. Le problème fondamental à débattre porte sur les relations existant entre science et public, envisagées d'une manière totalement différente de celle qui consiste à considérer la diffusion scientifique comme un « raccourci », un intermédiaire entre, d'un côté, les savants qui possèdent la connaissance et le pouvoir et, de l'autre, les « pauvres » citoyens ignorants, avides d'apprendre.

Nous sommes sur ce point en accord avec Hilgartner (1990) qui considère que « la conception culturellement dominante de la popularisation de la science prend sa source dans la notion idéalisée d'une connaissance scientifique pure, authentique, qui s'opposerait à la connaissance popularisée, bâtarde. Selon le point de vue dominant, toute différence entre science authentique et science popularisée ne peut provenir que d'une "altération", une "dégradation" des vérités originelles ».

Selon Hilgartner, « cette simplification excessive du processus, au-delà des problèmes conceptuels impliqués, sert les scientifiques et autres chercheurs qui tirent leur autorité de la science utilisée comme expédient dans la rhétorique politique... Au concept de pureté fait pendant celui de contamination, et la notion de popularisation renforce celle de connaissance authentique, objective, scientifiquement confirmée » (Hilgartner, 1990, 520).

« ... l'opinion dominante renforce la hiérarchie épistémique qui place les scientifiques au-dessus des autres acteurs sociaux, hommes politiques, journalistes, techniciens, historiens et sociologues de la science, et du public en général. Les scientifiques ayant seuls qualité pour tracer et retracer la frontière entre "simplification justifiée" et "distorsion", les non-experts restent à jamais exposés à voir leur perception et leurs représentations de la science stigmatisées et raillées comme "popularisées" et "déma-

turées", alors même qu'elles reproduisent fidèlement des propos tenus par des scientifiques (Hilgartner, 1990, 533-534) ».

Comment sortir de cette impasse ?

La réalité des musées de S&T au Brésil est en train de changer et nous nous efforçons de suivre ces changements d'un œil critique, en essayant d'intégrer dans notre pratique le sens de ces initiatives nouvelles (11).

De fait, ce qui désormais a cours dans nos musées ce sont les « spectacles » et « shows » de science, qui, en fait de relation avec le public, ne vont pas au-delà de l'exposé de connaissance, susceptible d'être « vu », mais néanmoins inaccessible.

Selon le rôle qu'on entend partager avec un public actif, les musées pourraient présenter une vision démythifiante de ce qu'ont été les pratiques scientifiques, qui, selon nous, devraient être insérées dans des projets renouvelés allant au-delà d'une simple remise à neuf de vieux concepts et d'illusions dépassées.

Dans cette perspective de renouvellement, certaines des suggestions de Collins et Shape (1989), qui proposent d'introduire l'histoire de la science pour comprendre sa nature réelle, nous semblent utiles.

Nos musées, quelque interactives et innovatrices que soient leurs expositions, avec leurs présentations d'expériences et leurs modèles informatisés, restent attachés aux vérités établies et indiscutables de la science normale. Si nous examinons ce que ces auteurs appellent « science extraordinaire » – une étape intermédiaire entre science normale et science révolutionnaire « où les controverses surgissent à propos de nouvelles interprétations ou de nouvelles découvertes qui ne peuvent être rapidement adaptées au consensus dominant, sans toutefois conduire à une rupture révolutionnaire » – peut-être serons-nous à même de trouver d'autres voies pour éduquer nos concitoyens.

Nos expositions pourraient montrer la « science extraordinaire explorant des zones où il n'existe pas de résultats expérimentaux bien définis. Une science indécise, confuse, floue, souvent marquée par d'amères querelles personnelles, et des controverses de longue durée ». Les musées pourraient exposer ces domaines de mésentente et de désorganisation, où les experts sont appelés à se prononcer sur des sujets à la limite de leur expertise, qui n'ont encore fait l'objet d'aucun consensus (Collins et Shapin, *op. cit.*, 72-75).

De telles prises de position ne suffiraient probablement pas à définir à elles seules le rôle que le public pourrait être amené à jouer dans le processus de cognition scientifique, mais nous croyons qu'elles pourraient faire avancer les choses dans une direction autre que celle qui prévaut généralement aujourd'hui.

Dans nos sociétés de plus en plus modelées par la science et la technologie, un citoyen doit avoir non seulement une perception critique de la science mais également une vision critique de son éducation et de sa culture, de façon à pouvoir exercer sa citoyenneté.

Les musées n'ont pas pour mission de résoudre toutes les crises culturelles, pédagogiques, sociales, environnementales générées par le modèle actuel de construction de la connaissance. Mais ils pourraient peut-être transmettre d'autres façons de voir le monde. Dans le cas du Brésil, cela voudrait dire, entre autres, faire accéder garçons et filles à d'autres références culturelles que celles de la rue.

Pour se défaire du « collectionnisme » et de notre « vision de paradis », il faut des idées nouvelles. Les percées peuvent être stimulantes, mais elles sont difficiles à réaliser dans l'état actuel de la société au Brésil. Nous sommes parfaitement conscients du fait qu'il n'y a pas « d'évasion vers le futur » (Iani, 1990, Bruno, 1993).



NOTES

- 1) Ce dernier possédait un hall d'exposition où étaient présentées des machines à la manière du Conservatoire des arts et métiers de Paris.
- 2) Au Brésil, au XIX^e siècle, il n'existait que trois facultés : médecine, droit et architecture. Vers la fin du siècle, l'École d'architecture ouvrit des cours de physique et de sciences naturelles.
- 3) Figueiroa (1993) utilise cette image de l'écart entre rêve et réalité proposée par Holanda (*op. cit.*) pour expliquer la croyance dans une réserve illimitée de ressources naturelles, caractéristique du processus d'institutionnalisation des sciences géologiques au Brésil, au cours du XIX^e siècle.
- 4) E. A. Goeldi, directeur du Museu Paraense qui aujourd'hui porte son nom, pensait, à la charnière des deux siècles, que l'un des objectifs de son musée était de chercher l'origine de l'homme américain en Amazonie (Bol.MPEG 1 (1) : 6). H. von Ihering, directeur du Museu Paulista, était de son côté engagé dans de vifs conflits portant sur l'inévitable extermination des indiens qui « bloquaient le progrès » en s'opposant à la construction du chemin de fer pour le transport du café aux ports de la côte (A questao dos ondiós no Brazil, *Rev. Museu Paulista*, v. 8, 1911 : 112-140). Lacerda, directeur du Museu Nacional, présente un mémoire au Congrès des races de Londres où il exprimait son espoir d'un « blanchiment » des races, et sa croyance sans limite dans « l'évolution des sciences », qui, contre toute évidence démographique, permettrait la transformation progressive du Brésil en pays « blanc ». Selon lui, les Indiens Botocudos constituaient un exemple extrême d'infériorité humaine, et il expliquait que le « blanchiment » était une grande perspective pour le pays, « l'épuration des races » étant inéluctable (Lopès, 1993).
- 5) A partir de la moitié des années 1920, des mouvements de réforme de l'enseignement – connus sous le nom d'École nouvelle – ont été introduits au Brésil, après la mise en cause des méthodes pédagogiques traditionnelles accusées de ne pas remplir les objectifs indispensables d'universalisation de l'enseignement et de maîtrise, par l'éducation, « de tous les maux dûs au retard économique et politique ».
- 6) Le régime autoritaire institué par Getulio Vargas durera 15 ans, de 1930 à 1945.
- 7) Parmi les musées de sciences naturelles qui ont survécu jusqu'à nos jours, citons : les musées de l'université de Sao Paulo, fondés en 1934, celui de l'École des mines d'Ouro Preto, (Minas Gerais, 1935), les musées des Instituts de recherche nationaux de Sao Paulo – Biologie (1927), Forêts (1931), Pêches (1934) – ou encore le Museu Vicente Pallotti (RS), datant de 1935, le Musée d'écologie Fritz Muller, à Blumenau (1936) et le Musée municipal d'histoire naturelle de Campinas (1938).
- 8) Ce fut le cas des musées historico-pédagogiques que le gouvernement de l'Etat de Sao Paulo fonda dans les villes de l'intérieur au milieu des années 1950, avec toutes les caractéristiques de musées-écoles, en soutien aux établissements d'enseignement rattachés au Ministère de l'Éducation (Russio, *op. cit.*).
- 9) Entre autres, le Museu Dinamico de Ciências de Campinas, le Centro de Divulgação de Ciência e Cultura (SP), l'Estação Ciência (Pb), l'Estação Ciência Viva RJ.
- 10) Ce fut le cas du Museu Valdemar Lefevre, dépendant de l'Institut géologique de Sao Paulo, du Musée Peiropolis, dans le Minas Gerais, ainsi que d'autres sites dont l'exploration a été entreprise. Pourtant, ce n'est pas dans un musée, mais dans le parking d'un grand magasin, que s'est tenu l'exposition récente de dinosaures-robotisés qui avait attiré des foules dans plusieurs musées européens, dont le Muséum d'histoire naturelle de Lisbonne.
- 11) L'auteur a travaillé sur des projets de création de musées des sciences depuis 1985, en particulier au Museu Dinâmico de Campinas (1985-1993) et au Museu do Instituto Geologico, qui dépend du Secretaria do Meio-Ambiente (Sao Paulo), depuis 1993. Elle a donné des cours sur l'enseignement supérieur, des cours d'histoire des sciences, d'histoire des musées de sciences naturelles et d'éducation non-formelle (Muséologie et autres médias).

BIBLIOGRAPHIE

- Albagli, S., « Ciência e Estado no Brasil Moderno: um estudo sobre o CNPq ». Rio de Janeiro. *Dissertação de Mestrado*, COPPE/UFRJ, 1988.
- Bruno, M.C. de O., « O Masj e o futuro da museologia ». *Bol. Mus. Arqueologico de Joinville*, Ano II, n° 4, nov. 1991 : 32-38.
- Bruno, M.C. de O., « Museologia e Museus : como implantar novas tendências ». *ICOFOM/LAM*, Ano III, n° 6/7, abril, 1993 : X-XI.
- Collins, H. and Shapin, S. « Experiment, Science Teaching, and the New History and Sociology of Science ». In : Shortland, M. and Warwick, A. (eds.), *Teaching the History of Science*. London, BSHS, Blackwell, 1989 : 67-79.
- Fehér, M., « Acerca del Papel asignado al público por los filosofos de la Ciencia ». In: Ordonez, J. & Elena, A.(comps.), *La Ciencia y su publico: Perspectivas Historicas*. Madrid. Cons. Superior de Investigaciones Cientificas, 1990 : 421-443.
- Figueirôa, S. F. de M., *Ciência na Busca do Eldorado: A institucionalização das ciências geológicas no Brasil, 1808-1907*. Tese de Doutorado, Depto. de Historia, FFLCH/USP, São Paulo, 1992.
- Galo, G. O., « Museu do Marajo ». *Ciência em Museus*, vol. 1, n° 1, abril/1989 : 91-94.
- Hilgartner, S., « The Dominant View of Popularization : Conceptual Problems, Political Uses ». *Social Studies of Science*, SAGE, vol. 20, 1990 : 519-539.
- Holanda, S. B de., *Visão do Paraíso*. São Paulo, Ed. Nacional, EDUSP, 2^e ed. 1969 (Brasiliana, 323).
- Iani, O., « Idéia de Brasil Moderno ». *Resgate*, n° 1, Centro de Memoria, Campinas, UNICAMP, 1990.
- Lopes, M. M., « A favor da desescolarização dos Museus ». *Educação e Sociedade*, n° 40, dezembro/1992 : 443-455.
- Lopes, M. M., *As Ciências Naturais e os Museus no Brasil no século XIX*. Tese de Doutorado, São Paulo, FFLCH-USP, 1993.
- Lopes, M. M., *Museu : Uma perspectiva de Educação em Geologia*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação, UNICAMP, 1988.
- Reis, J., « Museus de Historia da Ciência ». *Rev. Ciência e Cultura*, São Paulo, SBPC 36 (8) : 1370-1379, agosto, 1984.
- Russio, W., *Museu, um aspecto das organizações culturais num pais em desenvolvimento*. São Paulo, Escola Pos-Graduada em Ciências Sociais da Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo, Mestrado, 1977.
- Silva, C.M.S., *Pesquisa de Público em museus e instituições abertas à visitação : fundamentos e metodologias*. Dissertação de Mestrado, Escola de Comunicação/UFRJ, 1989.
- Sussekund de Mendonça, E., *A Extensão Cultural nos Museus*. Rio de Janeiro, Museu Nacional, Imprensa Nacional, 1946.
- Venancio Filho, A *Função Educativa dos Museus*. *Estudos Brasileiros*. Rio de Janeiro, Tip, Mendes de Almeida, 1938.
- Volkmer-Ribeiro, C. et alii, « Banco de Datos Biologicos de un Museo Sudamericano de Ciencias Naturales. Su utilización en el Conocimiento de la Biodiversidad ». *Int. Symp. & First World Congress on Preservation and Conservation of Natural History Collections*. V. 1, 1992 : 69-77.

MUSEUMS IN THE PACIFIC:

Reflections on an "Introduced Concept" in Transition

Roy MacLeod

University of Sydney (Australia)

The museum is no longer, if ever it was, an institution innocently engaged in the processes of the collection, conservation, classification and display of objects. On the contrary, it is one among many components in a complex array of cultural and leisure industries, no longer certain of its role, no longer secure in its identity, no longer isolated from political and economic pressures or from the explosion of images and meanings which are, arguably, transforming our relationships in contemporary society to time, space and reality (1).

Thus, Roger Silverstone has declared the modern Western museum a cognitive and representational space as socially important as the laboratory and the classroom. Today, we live in a museum age. There are over 7000 museums in North America, and 15,000 in Europe. In the UK, there are over 2200 major public and private museums and galleries, receiving about seventy million visits a year, representing 30 % of the adult population. In Germany, there are over 1500 museums; in France, over 6000 (2). Even in Australia, with a population of only seventeen million people, over 500 museums cater for an annual two million visitors. Museums have become important places of rational entertainment, as well as for the conservation of objects, and for the privileging of myths. Far from being institutional constants, however, museums are, in fact, in a constant state of change, in managerial motivation, and in what we may call their cognitive capacities to attract visitors, engage their attention, and mediate between what objects can "say" and what the vernacular expects to hear.

What is true of European museums is also true of museums in the Pacific – with certain important differences. European museums of art, of natural objects and man-made artifacts, have a history dating from antiquity. Their origins are classical, ecclesiastical, and plenipotentiary. By contrast, many Pacific island museums, with notable exceptions, trace their origins to colonial museums, which celebrated locality in terms defined by the metropolis. Since the Magellanic age of exploration and "discovery", the Pacific has played a central role in the manufacture of collections and the creation of the European museum discourse (3). Today, however, Pacific museums

are showing a keen interest in the present and the future, as well as the past, and a present that is charged with statements of cultural independence. Borrowing advanced models from the United States,

Australia and elsewhere, Pacific museums are combining to make the Pacific a small but rich environment for museum studies. At the same time, they offer the student of colonial science important object lessons in the history of cultural affirmation and national self-determination. Beginning – in the words of Makamina Makagiansar, a former assistant director of UNESCO for culture – as “innovative transplants from the elitist cultural milieu of nineteenth century Europe” (4), they have acquired a new political importance coeval with the place they now occupy in the island democracies. Indeed, we find ourselves at the beginning of a new museum movement in Melanesia, Polynesia and Micronesia, not to mention Australasia, in which museums are tracing a passage from colonial to national form and function (5).

Today, there are approximately forty museums in the Pacific, not counting many more in Australia and New Zealand, and the American institutions in Hawaii, Guam and American Samoa (6). In the British sphere of influence, the traditions of colonial and representative government conveyed the metropolitan ‘museum idea’ as a fulcrum of colonial administration. In the French tradition, on the contrary, objects and representations were usually shifted from the Pacific to Paris. Ironically, leaving aside the Bishop Museum in Honolulu, arguably the best collections from the Pacific region as a whole are held in Europe – including the Musée de l’Homme at Trocadero and at the Museum of Mankind in Piccadilly. Germany followed a similar policy, which helped to establish fine museums dedicated to the Pacific in Berlin and Stuttgart. Today, while the senior European museums retain their ascendancy, linked in many ways to the primacy of the object, the picture is changing on the periphery, where objects are treated in the context of their local importance. New Caledonia, which established its first museum in 1905, improved its facilities following the Melanesian cultural revival of the 1970s, and today occupies an imposing place in the centre of Noumea. There is a new Musée de Tahiti et des Îles, which promises to reward closer attention in its depiction of Polynesian life (7). Perhaps tourists do not travel to such exotic locations primarily for the sake of their museums; but certainly, once in the region, tourists will visit what they are shown, and there they will see inscribed timely statements of national and regional identity, and new visions of what Pacific museums can offer non-Western eyes.

It is interesting to consider the models they reflect, and from which they seem increasingly to depart. Many of course begin with the European model, an architectural statement most visible today in Australia and New Zealand, typically embodied in a classical or formal public building with an imposing edifice, that in effect commands veneration and respect (8). This tradition we now see translating into buildings of more suitable local style, using the local vernacular to be representative of the habitation of everyday people. Internally, these imply a shift from traditional European object lessons, and the arrangement of peoples in hierarchies and sequences, into arrangements that communicate local skills and crafts, celebrating the material culture of gender and tribal customs. Moreover, these museums come to occupy an important place in the protection of prohibited exports, placing themselves in a pivotal role in relation to the commer-

cial trade in objects and eco-tourism (9). Finally, they bear a new relationship to government, seeking support not only from public sources, domestic and international, but also from private enterprise, including the regulated sale of artifacts made by local craftsmen. The net effect of these changes is to show the people of the islands as living cultures, rather than exotic residues, or as disembodied moments in a pattern of historical evolution which the industrial cultures of the world have left behind (10).

While it would be impossible to summarise the diversity of examples presented by these new museums, it is useful to consider the new museum in Honiara, on Guadalcanal in the Solomon Islands, set up by the Solomon Islands government to preserve local artifacts against being "lost" (11). Where there are fears that a culture is lost as its objects are taken away, so there grows a closer identification with the objects of that culture. Second, the Solomon Islands museum stresses the importance of informing the rest of the world about local languages. Thus, the museum becomes a repository of competences in local knowledge, to enhance a sense of belonging and *pride among the people of the islands*. In the Cook Islands, a very small museum – only two rooms, has developed a similar formula, to cultivate local talents and skills, including weaving, and cooking, and many aspects of traditional women's work, which are in danger of becoming lost to memory (12). Again, the word 'pride' enters the mission statement of this small but hardy example – *pride in workmanship and handiwork*, which rises above the tourist dollar.

In Papua New Guinea, a colonial museum has existed since 1913, when it was used to store any objects of interest found by colonial officers. It occupied a building next to the National Parliament, seen as an important projection of the colonial mandate. Ultimately, it became a place not only to hold objects, but also to protect them from exportation as souvenirs. Today, the museum in Papua New Guinea has become a register of national sites, with instructions to preserve and promote all aspects of Papua New Guinean culture – a huge task, given the vast number of language groups in the island. Again, the concept of local pride comes to the fore, together with a celebration of diversity and multiculturalism that is becoming a hallmark of the museum movement in Australia and New Zealand as well. In Wellington, the theme is enshrined in the new museum now under construction which organises the representation of New Zealand's history and geography around the lives of the Maori people, among whom the Europeans are late arrivals (13).

Of course, diversity has its contradictions. The Fiji Museum, established by the Fijian Society in 1904, represents perhaps one of the more difficult challenges (14). Set in a beautiful garden, a recognisably European building next to the former colonial government buildings of Suva, the museum has been transformed from a repository of war clubs and canoes into a lively encounter with Fijian life, past and present. But to some observers, important features remain among the silences that neglect the history of the large Indian minority who have shared life in the Fijian islands for over a century (15).

Today, the museum culture of the Pacific is inevitably struggling with ambivalences that survive its historical ties with Europe, and Europeans in the region. A new culture of exchange and repatriation may arise as a result (16). Some of the island museums seem less interested in collecting and conserving than in displaying; what is displayed,

has much to say to the living, rather than to the dead. Many see their task as centrally pedagogical, not only to world knowledge, but to the needs of local people, and dedicated to the preservation and reproduction of skills that are not taught in the school classroom or laboratory. This engagement represents the indigenising of an introduced concept, in which the central idea of a museum is adopted from colonial or European discourse, but then refined in terms of local needs and opportunities. This is happening at the same time that other introduced concepts are being redefined – including the costs and benefits of tourism, fishing agreements, and deforestation. The circumstances of participation in a world economy driven by overseas capital is placing pressures on island political structures – pressures which are, in effect, reflected in the museum world. So, too, are the challenges facing life in the islands, from earthquakes to disease, poverty, illiteracy and malnutrition. From an Atlantic perspective, the museum idea is being adapted by the Pacific into a new discourse, drawing upon local resources, producing indigenous solutions, and rejecting roles relegated to them by European institutions. Pacific museums are increasingly involving their people in their institutional lives, becoming spaces of negotiation and cultural reference, as well as repositories of skills and objects. We may be seeing. In so coming to terms with its colonial past and post-colonial destinies, they have vital lessons to teach students of science and empire in the Atlantic world.



NOTES

Acknowledgement. This short essay forms part of a larger project on the role of museums in representing the science and culture of the Pacific island peoples since European contact and during colonial rule. As such it pursues themes advanced at the conference on the Science of Pacific Island Peoples, held at Suva in 1992, the proceedings of which are being published by the University of the South Pacific Press [vol. 1, 1994]. For their assistance in his work, I am indebted to Professor John Morrison and Mrs Helen Aquart, and, to the Pacific Circle of the International Union for the History and Philosophy of Science.

- 1) Roger Silverstone, "The Medium is the Museum: On Objects and Logics in Times and Spaces", in John Durant (ed.), *Museums and the Public Understanding of Science* (London: Science Museum, 1992), 34.
- 2) Alain Morley and Guy Le Vasseur, *Guides des 6500 Musées et Collections en France* (Paris: Le Cherche Midi, 1991) and Hermann Lübebe, citing the *Handbuch der Museen*, in *Deutsches Museum Jahresbericht*, 1986, 13. See also Susan Pearce, "Preface" in Stella Butler, *Science and Technology Museums* (Leicester: University of Leicester, 1992). See also Kenneth Hudson and Ann Nicholls (eds), *The Directory of Museums and Living Displays* (New York: Stockton Press, 3rd edition, 1985).
- 3) See Nicholas Thomas, "Licensed Curiosity: Cook's Pacific Voyages", in John Elsner and Roger Cardinal (eds), *The Cultures of Collecting* (Melbourne: Melbourne University Press, 1994), 116-136.
- 4) Quoted by Sorio Eoe, "The Role of Museums in the Pacific: Change or Die", *Museum*, 42 (1), (1990), 29.
- 5) "Indigenous Models of Museums in Oceania", *Museum*, 35 (2), (1983), 98-99.
- 6) See the useful but limited summaries in the pioneering catalogue prepared by Sorio Marepo Eoe and Pamela Swadling (eds), *Museums and Cultural Centres in the Pacific* (Port Moresby: Papua New Guinea National Museum, 1991).
- 7) *Ibid.*
- 8) In Australia, a large and growing literature on museum and cultural policy has so far been unaccompanied by much historical reflection. Exceptions, from two different perspectives, include Ronald Strahan, *Rare and Curious Specimens: An Illustrated History of the Australian Museum, 1827-1979* (Sydney: The Australian Museum, 1979) and Sally Gregory Kohlstedt, "Australian Museums of Natural History: Public Priorities and Scientific Initiative in the Nineteenth Century", *Historical Records of Australian Science*, 5 (1983), 1-29. For the colonial experience more generally, see Susan Sheets-Pyenson, *Cathedrals of Science. The Development of Colonial Natural History Museums during the Late Nineteenth Century* (Kingston: McGill-Queen's University Press, 1988).
- 9) Luis Montreal, "Problems and Possibilities in Recovering Dispersed Cultural Heritages", *Museum*, 31 (1), (1979), 49-66.
- 10) See Greg Denning's illuminating review, "Disembodied Artifacts: Edward Said's *Culture and Imperialism*", in *Scripta*, 9 (1), (September 1993), 79-83.
- 11) Catherine Cole, "Preserving Culture in the Solomon Islands", *Muse*, 12 (1), (1994), 30-39.
- 12) Personal communication from P.E. Richmond-Rex, Government of Niue, Huanaki Cultural Center, Niue, Cook Islands, 26 July 1994; O. Joseph, "Cook Islands", in R. Edwards and J. Stewart (eds), *Preserving Indigenous Cultures* (Canberra: Australian Government Printing Service, 1980), 141-143. Consider also the example of Western Samoa, as described by Malama Meleisea in "Culture is not something you can eat: Some thoughts on cultural preservation and development in Oceania", *Museum*, 33 (2), (1981), 122.
- 13) "Once again the light of day? Museums and Maori Culture in New Zealand", *Museums issues in the Pacific*, *Museum*, 42 (1), (1990), 35-38.
- 14) "The National Museum of Fiji — A Thumbnail Sketch", *Museum*, 42 (1), 34.
- 15) Charles Hunt, "Museums in the Pacific Islands: A Metaphysical Justification", *Museum*, 30 (2), (1978), 69-75.

- 16) In its policy of repatriation, the Australian Museum in Sydney is taking a leading role. See, *inter alia*, Lissant Bolton, "Recording Oceanic Collections in Australia: Problems in Questions", *Museum*, 36 (1), (1984), 32-36. See also R.R. Cater, "Return and Restitution of Cultural Property", *Museum*, 34 (4), (1982), 256-264.



KERALA SASTRA SAHITYA PARISHAD

Yesterday, Today, Tomorrow

Madangar P. Parameswaran
Kerala Sastha Sahitya Parishad (KSSP),
Trichur (India)

An Introduction In First Person

October 4, 1957. Myself, my friend M.R. Kurup and a few others were relaxing on the rocky shores of Bandra beach, Bombay, part of the Atomic Energy Establishment Training School Campus. We were the trainees of the first batch. Somebody brought us the exciting news: the Soviet Union has orbited the first man made sputnik, weighing 82 kilograms.

They were ahead of the USA by six months and by several kilos. Kurup and myself decided then and there to learn Russian and next month we joined the Russian language course organised by the ISCUS (Indo Soviet Cultural Society)

This was, later, to affect my entire life career in a profound manner. I decided that I should go to the USSR for higher studies and was lucky to have been able to do so. That was from 1962 to 1965. In the Soviet Union I had the opportunity to study their history, struggles, travails, achievements and aspirations. I have seen how well the children were looked after. I have seen how secure the life of citizens were. I felt that if there is a paradise on this earth this is it. Of course it was not the mythical paradise of the Hindu god Indra-the conspicuous consumer. That paradise was perhaps the USA, with more consumer goods than necessary, with enormous wastage, with competition and constant threat of losing ones grounds. (It is a pity that the Soviet people later opted for this western paradise and in the bargain lost everything).

Some of us, the postgraduate students in Moscow, felt that on going back to India we should do something more for the people than is demanded by our paid profession. There were hectic and heated discussions, with many absurd propositions like floating a political party led by electrical engineers and the like. One not too revolutionary sounding suggestion was that we should initiate an organized movement for the development of scientific and technical literature in Indian languages. And I took the responsibility of initiating such a movement for Malayalam, being my mother tongue and Marathi, being the language of my domiciliary background.

On my return to India I straight away went to Trichur, Kerala and met the Manager of Mangalodayam Publishers who had published my first book, "Isotopes and Radioactivity" and the second book: "Atomic Science". I discussed with him my idea of starting an organization for the promotion of scientific and technical literature in Malayalam. It was he who then pointed out to me that there is no necessity to start a new organization, that there is already the Kerala Sastra Sahitya Parishad (KSSP). He gave me the contacts of all important activists. I met all of them within a span of two weeks and soon I became a part of the team. For the past 28 years I have worked with the KSSP. It has changed me, changed me radically.

The KSSP in Retrospect

The history of the KSSP is, in one sense, the history of the experiences of a movement which learns continuously, which is not restricted by fossilized objectives or concepts. Its growth during the past 30 years has been from abstract to concrete, on the one hand and from particular to general on the other. There is a seeming contradiction. It started with the abstract understanding that knowledge about the laws of nature and society will be useful to the society. In the course of three decades this developed into a concrete analysis of the society, of the role of Science and Technology (S&T) in it, of the problems of development, of the changing world situation and of the concrete manner in which the havenots can use scientific and technical knowledge as a weapon in their fight against immiserization. On the other hand it started with particular activities like lectures, publications, exhibitions for dissemination of scientific information, activities like science clubs, teacher training etc and gradually grew into discussions on the general aspects of development, environment, health, education and so on.

Rarely was it handicapped by a mechanical understanding of the past, present or future. Nor did it restrict its scope to any particular field - say education or health, environment or development. It assimilated newer and newer ideas and also the proponents of these ideas. The chronological history of the KSSP will reveal a step by step expansion of the scope of its activities as well as absorption of those persons who came up with new ideas into its core.

In 1974 the KSSP adopted the slogan "Science for Social Revolution" and in 1978 christened itself and like minded organizations - there were a few of them by that time - People's Science Movement. The like mindedness emerges from the acceptance of the meaning of People's Science Movement.

It is a *People's* movement in the sense that it recognizes the fact that the Indian society is broadly divided into two groups: a large majority which is getting continuously impoverished or threatened with impoverishment and a small minority which gets continuously enriched at the expense of the majority and that the movement takes a partisan position along with the majority (The People) and against the minority whenever interests are in conflict.

It is a *Science* movement because it understands that science (and technology) - information - is today a powerful weapon in the hands of the rich minority enabling them to appropriate for themselves a more than proportionate share of social production,

and that the majority should be armed with this weapon in their fight against impoverishment.

It is *Movement* in as much as its scope widens continuously, its actors diversify and expand, and its ideology gets refined continuously.

The experience during the decade 1978 to 1987 gave much more clarity to the concept of "Social Revolution". It is a reversal of the process of impoverishment of the majority and enrichment of the minority. Two decades of activity and the experience gained therefrom led the KSSP to a serious discussion on the concept of "development". Increase in per capita income or per capita consumption is not equivalent to development. All goods and services which have exchange values and even use values need not have welfare values. The resources of the world will not suffice to take the entire humanity to the consumption levels of the developed nations, nor is it necessary. One of the causes of the disillusionment and consequent break up of the erstwhile socialist states was the systematic building up of the illusion that communism means an over abundance of every sort of commodity and service and the neglect of its moral-ethical character. No society can progress towards ideal communism, unless it continuously learns to distinguish needs from greeds. The people's science movement was gradually getting transformed into a Gyan Vigyan movement. Gyan in Hindi language means wisdom and Vigyan means knowledge. The people's science movement recognised the danger of using knowledge without wisdom.

The people's science movements took note of the increasing degree of globalization of human society, made possible by technological revolution and made necessary by the growth of giant transnational enterprises. It also observed that this global network has begun to exhibit positive feedback tendencies, and resulting instabilities. Individual citizens are becoming helpless pawns in the hands of giant enterprises. Humanity has reached a seemingly absurd situation: on the one hand it is at the threshold of liberation, liberation from all wants and privations and on the other hand it is at the crossroads of calamities: social, cultural, philosophical and environmental calamities. Unless human beings get back the control over their own lives, it is the road of calamities that humanity will follow. Here, democracy becomes the key concept, a type of democracy quite different from all what we have seen so far. The second, and perhaps the more important, reason for the downfall of socialist states is the absence of internal democracy. Participative and creative democracy is possible only on smaller scales. Small has to become powerful, not only beautiful.

Genesis of the Kerala Sastra Sahitya Parishad: 1957-1967

The genesis of the Kerala Sastra Sahitya Parishad can be traced to the formation of a "Science Literary Forum" (Sastra Sahitya Samithi) in 1957 by a group of concerned social activists and science writers. Despite the best intentions this pioneering attempt proved to be uneventful but for the publication of a book: "Modern Science" in Malayalam modelled after the Penguin Science News Series. Later in 1962, another group of science writers in Calicut, not aware of the earlier efforts took initiative to organise a "Forum for Science Writers". They were able to win the co-operation of most of the leading science writers in the state and in September 1962 the Kerala Sastra Sahitya

Parishad (subtitled in English as "Science Writers' Forum of Kerala") was launched with a one day seminar and a five day exhibition on science and science books. Occasional symposia and seminars mostly organized in and around Calicut constituted the main activity of the group for the next two years.

Meanwhile, in 1966, some of the Malayali scientists in Bombay had begun to actively consider the possibilities of producing science literature in Malayalam. The contact between the Bombay scientists and the organizers of the Kerala Sastra Sahitya Parishad led to the formation of the Sastra Sahitya Parishad (Malayalam), Bombay in January 1966. Similar organizations were formed for other regional languages and they were sought to be co-ordinated through a "Federation of Indian Languages Science Associations" (FILSA), the first version of the All India People's Science Network (AIPSN) which was to emerge in the late eighties. SSP (Malayalam), Bombay was the most active among these groups.

Though Kerala was well endowed with a widespread school education system, it severely lagged behind in centres of higher learning. Therefore the number of practising scientists whom the organization could call upon was very much limited. The active collaboration of the KSSP with non-resident Malayalee scientists helped to an extent to remove this deficiency. A few among them were beginning to question the relevance of their scientific practice which they found to have very little relation to the genuine and pressing needs of the common man. Though no one challenged the needs for research in frontier areas and building up of indigenous technological capability, the neglect of problems faced by the poor and oppressed majority appalled them. Many of them worked in the Department of Atomic Energy which together with Departments of Space and Defence cornered most of the research funds. Some had even started to move towards critique of the directions in which their own advanced research was moving. The author of the present paper finally left his research career to go back to Kerala to participate more actively in the science movement.

Another affiliated group was formed in Bangalore in February 1968. It consisted of Malayalee scientists who were working in various Departments of the Indian Institute of Science. A few months later, a similar group was organized in Calcutta consisting mostly of scientists working in the Botanical Survey of India and Zoological Survey of India.

The 4th annual conference at Trichur in 1967 was an important milestone in the history of the KSSP. The conference which included representatives from the Bombay group considered and approved a constitution for the organization and in July 1968 KSSP was registered under the Charitable Societies Act. Thus, by the end of the first decade, the loosely knit science group evolved into a well defined organization.

Making a Mass Movement: 1967-1977

The second decade saw the growth of the organization into a mass movement. All the basic contours of the present day activities, organizational structure and style of functioning evolved during this period.

Science in Malayalam

The main theme of discussion of the 4th Annual Conference was the "Problems of Technical Words in Malayalam". The discussions centered around the reasons for the technical backwardness of Indian languages, the urgent need to overcome them and the broad guidelines for such a programme of action. The conference even set a time bound programme for preparation of a technical glossary of 50,000 words in Malayalam. An annotated bibliography of science books and an introduction to science writers in Malayalam were prepared. But it was evident that the task was not something that could be shouldered by a voluntary group alone.

The Parishad vigorously campaigned for making Malayalam the medium of instruction and administration at all levels. The first agitational action of the Parishad – demonstration before the University Senate and a mass memorandum to the government – were around these demands. These were also the first formal criticisms raised by Parishad regarding government policies. Despite the many declarations, the central government was paying little attention to development of Indian languages other than Hindi. Within the state English continued to reign supreme.

A turning point came in 1967. Dr. Triguna Sen, the first non Hindi Education Minister at the Centre, departed from the tradition by allocating a significant amount of financial resources for the development of regional languages. The then state government in Kerala made use of the grant so received to set up a State Institute of Languages in Trivandrum with a mandate to plan and develop scientific literature in Malayalam. More importantly, most of the technical personnel for the Institute were recruited from among the active members of the Parishad in Kerala and outside. It facilitated the formation of a collective of KSSP activists at Trivandrum as well as a period of fruitful collaboration between the KSSP and the Language Institute.

The involvement of a group of socially committed activists turned the institute into a beehive of activity and it achieved remarkable progress within a short span of time. The first publications of the State Institute of Languages, VIJNANA SABDAVALI (Glossary of terms in Natural Sciences) and MANAVIKA SABDAVALI (Glossary of terms in Social Sciences) were largely the result of the work done by the KSSP during 1967-69. Several dozen seminars, symposia and workshops were organized under the joint auspices of the KSSP and the Institute. A number of "workshops" were conducted to translate science books from English to Malayalam.

Publications

SASTRAGATHY, the quarterly journal of the Parishad continued to be published uninterruptedly from 1966, despite serious financial difficulties. The deliberations in the 5th Annual Conference at Trivandrum revealed the urgent need for a science journal catering to school children. Firstly, it was difficult to run a common science journal for all age groups. Secondly, Sastragathy was a quarterly which also served organizational functions. Thus Sastra Keralam was born in 1969. The 7th Annual Conference at Shornur in 1970 decided to start yet another science journal *Eureka* for the age group 8 to 12. *Sastragathy* was made into a bimonthly and finally in 1974, a monthly journal. The

readership of *Sastragathy* consisted of Parishad members and the general public above the school age.

Parishad entered into the field of book publication with great reservation and hesitation. "Science 1968", the first book published by the Parishad was distributed by another publishing firm. Dissatisfaction with such an arrangement promoted Parishad to sponsor a co-operative society, "Scientific, Technical and Educational Publishing Co-operative Society" in 1971. However, STEPS was found inadequate to carry out the programme of publication that tended to become more and more ambitious as the Parishad's activities grew. STEPS proved to be more conservative and cautious than the parent organization in taking financial risks. Finally, in 1977, the Parishad on its own announced the pre-publication of a gift box of 10 children's books as its New Year present to school children. The first edition of 8000 sets were sold even before they reached the open market. A second edition had to be brought out in the same year. It revealed the latent demand for popular science books in Kerala. Since then publication has been a major activity and source for sustenance of the Parishad. During the last decade and a half KSSP would have published nearly six hundred titles, ranging from small booklets to substantial reference books. The total face value of the publications would run to more than 30 million rupees. By and large, more than 95% of the books are sold not through regular commercial book sellers, but through the activists of KSSP who take them from house to house and from school to school. So, all the distribution commission which would have normally gone to the distributors now became available to the organization, thanks to the efforts of the members. This has made KSSP not only an NGO but also a free and independent organization which does not require help from any funding agency and so can criticize the government or any other body when the situation warrants. This independence is essential for a genuine people's science movement.

Science Communication

Like many other science popularization organizations KSSP too started, essentially, as a communications group. The nature and tools of communication changed as years went by. The slogan "Science for Social Revolution" points to "action" and it is "directed action" (social revolution). There is a preconceived picture of the results of action. Elements of action are so designed to build up this picture. This requires detailing of elements. The picture of the future conceived, to begin with, by a few, has to be shared and sharpened by many. This is essentially a communication process. The communication efforts of KSSP can be classified according to their nature as (1) informative (2) ideative and (3) provocative. It has used a variety of media: such as books, posters, slides, models, lectures, songs, street theatre, folk arts.

Informative communication is intended to enrich the recipients with facts, with information. A large number of articles published in periodicals and a number of books were intended to be of this type. It does not attempt to give any value judgement. It does not resonate at the emotional plane. Thousands of astronomy classes held on the occasion of the visit of Halley's Comet, the lectures on Nature, Science and Society etc fall under this category. The grand "Cosmic voyage" including cosmic clubs and cosmic

festival, to welcome the total solar eclipse of 1995 (India will not witness a total solar eclipse for one century thence) too belong to this category.

Ideative Communication consciously tries to put into the mind of the recipient an idea, an outlook which either strengthens or changes an existing outlook. It will have a strong information content. Provocative Communication is intended to provoke people into action either against something or for something. Fields such as environment and health demanded more often than not provocative communication against abuse. Literacy, primary education, local area planning and so on demanded provocative communication for something. And KSSP together with other people's science movements did succeed in provoking people into action in a very large way – at least five million volunteers were mobilised to work as voluntary instructors in the mass campaigns for literacy.

Quite often communication exercises are held in the form of campaigns: lecture campaign, book campaign, polemics in newspapers and other periodicals and street theatre known as Kala Jatha. The last mentioned form, the Kala Jatha, evolved from 1977 through 1980 by KSSP, has been widely accepted all over India, as a campaign tool for literacy. There will be today, literally thousands and thousands of Kala (art) troupes spread all over India.

Education

The journals *Sastra Keralam* and *Eureka* proved to be the first bridges between the KSSP and the formal school system in Kerala. "...By itself nothing extraordinary happened. But occasionally one boy or girl browsing through it gets some doubt which they try to clear with their teacher. It was an unusual thing, a student asking doubts, that too from outside the text book. Most teachers brush them aside, but occasionally one teacher gets excited, and soon he finds his way to the KSSP..." In the summer of 1969 another popular programme "A Pretaste Course" for matriculation students who aspired to undertake university education was started. The aim was to give a pretaste to the students of the various courses offered in the colleges, nature and importance of various subjects and how these various disciplines are interconnected and related to our daily life.

With the help of sympathetic teachers the KSSP began to get more and more involved in the non-curricular activities in schools. The first major intervention was the campaign launched in 1973 to activate science clubs in schools. Within two years more than 1500 school science clubs were formed, all of them being affiliated to the KSSP. Success lay in locating motivated and committed school teachers in each of the schools and supplying the newly formed clubs an imaginative programme of activities. The Parishad brought out a number of popular science articles in *Eureka* and *Sastra Keralam* focusing on school level science activities.

Yet another important activity in the formal education sphere that was initiated in this period was the science talent tests. In 1972, *Sastra Keralam* Quiz was started for high school students. Two years later, the activists in Trichur took the initiative to organize a science talent test for primary school children with the help of the State Institute of Primary Education. The success of the experiment prompted the *Eureka* Science Talent

Test to be organised on a state-wide scale. The Sastra Keralam Quiz and Eureka Science Talent Test (Separately for Lower Primary and Upper Primary school children) proved to be extremely popular. Over these years it has grown into a state-wide science festival cum competition attracting nearly 400,000 children every year.

Thus, by the early seventies KSSP itself had become deeply involved in science education in schools, primarily because many of its activists came from among school teachers. During the same period, another major initiative in school science teaching came from the Hoshangabad Science Teaching Programme (HSTP) in the state of Madhya Pradesh. Out of this grew the famous Ekalavya Programme based on the discovery method. This was a fully fledged experiment within the formal system of education with the full concurrence and cooperation of the state government. To begin with it was tried out in a few schools in the Hoshangabad district and later expanded to all schools in 16 districts of the state. In contrast to this the KSSP had to carry out most of its educational activities, even curricular ones, outside the school. In the state of Kerala the education sector is highly commercialised on the one hand and trade unionised on the other. Both government and private managers were highly suspicious of "outsiders" going anywhere near education.

The KSSP was deeply conscious of the deteriorating standards of education in the state. The parents, the teachers, the students and the public, all were losing faith in each other. The Indian Education System with nearly 4 million teachers and 120 million students is a gigantic wheel with almost infinite inertia. Changes will be necessarily slow. The teacher is the key actor in this drama and the teaching – learning process the key element. The KSSP devised and carried out a variety of experiments, some on a small scale and others on a large scale. Over the past two decades it has been able to arrest the downsliding of education, to some extent; it has been able to demonstrate to the teachers and to the students that teaching – learning process could be enjoyable for both. It has been, also, able to bridge to some extent the gap between the teachers and the parents, especially the mothers. The pedagogic experiments conducted by the KSSP are:

- i) Integrated Science Teaching
- ii) Living with Science Camps
- iii) Children's Science Festivals
- iv) Teacher Exchange Programmes
- v) Science Talent Festivals
- vi) School Complexes
- vii) School Science Clubs
- viii) Children Exchange Programme
- ix) Curriculum Development
- x) Teacher Training

Besides such cooperative programmes the KSSP often had to come out vociferously exposing and opposing many government programmes which were in essence harmful to the interests of the people; had to organise people into militant action against rampant corruption in the field; had to mobilise the public for providing the minimum basic requirements for the schools etc. It had organised innumerable debates, symposia,

and seminars on various aspects of education. Today the public, the teaching community and the local self governments recognise the KSSP as an essential partner in their effort to better school education.

Currently, the KSSP, together with other people's science movements in India is initiating a major three-year-long programme called "JOY OF LEARNING". Its objective is to prepare a proper environment, and enough expertise for "Education For All 2000 A.D.". The major defects of the present education system, especially school education, are lack of relevance and ineffective pedagogy. As a result, the teaching-learning process had, long since, become an ordeal both for teachers and students. The KSSP and several other organizations have been carrying out experiments to make education meaningful and enjoyable. It has evolved two slogans which can be translated into English not literally but figuratively, as: "learning is drinking honey" and "teaching is eating ice cream". The first target is teachers. We try to help them to enjoy teaching through a process of activity based, child centered, life related and environment oriented pedagogy. We emphasize on the organic interconnectedness of knowledge and its relevance in real life situations. Through a simple discussion on food we had generated the entire curriculum for science of class seven. Through a simple experiment to compare the efficiencies of ordinary age-old wood burning stoves and improved stoves we had been able to generate a year-long curriculum on heat, nutrition, agriculture, biology, dynamics and chemistry. However, the impact of all these activities on the system had been negligible. The system is huge. As mentioned earlier there are about four million teachers. The bulk of them are to be transformed. They need a considerable degree of deschooling. Massive experiments based on school complexes involving hundreds of schools and thousands of teachers are afoot in the state of Kerala and other states of India and the people's science movements are playing an important role in them.

Into Agitational Campaigns: 1977-1987

A distinctive feature of the third decade of the Parishad has been the spate of campaigns it has undertaken against the various instances of abuse of science and technology. Given the technological backwardness of our country, it was only natural that the initial focus of the movement had been on the need for quantitative expansion of science and technology and their incorporation into the productive process. Scientific outlook was an instrument in the struggle against semi-feudal culture. There was an excessively optimistic view of the social role of science in the present society. The Parishad had relatively ignored one aspect of the Indian reality: the development of capitalism. The incorporation of science and technology in the production process was not taking place in a vacuum but within the parameters of a profit oriented society. The choice made for the maximisation of private profit will rarely be the socially optimal ones. They need not even be the technically optimal ones. It came to be realized that the defense of the people against the adverse effects of application of science and technology in the service of capital is an important task of the People's Science Movement. The Parishad had taken up a number of such issue as misconceived development projects, environmental pollution by factories, occupational health hazards, drug abuse, militarisation of science and the danger of nuclear war, for agitational campaigns.

We shall attempt to give a cursory analysis of some of these campaigns. A more detailed analysis of these has been given by Dr. Thomas Isaac and Dr. B Ekbal in their monograph "Science for Social Revolution". The major areas of campaigns were:

- i) Against Industrial pollution.
- ii) Against deforestation.
- iii) Against anti-people drug policies.
- iv) Against abuse of drugs.
- v) Against anti-people policies in education.
- vi) Against corruption in education.
- vii) Against irrational land and water management.
- viii) Against consumerism and cheating of consumers.
- ix) For a rational energy policy.
- x) For a rational irrigation policy.
- xi) For a rational agricultural policy.
- xii) For a rational industrial policy.
- xiii) For a people-oriented development policy.
- xiv) For a people-oriented health policy.
- xv) For decentralization and panchayathi raj.
- xvi) For total literacy.
- xvii) For universal achievement in elementary education.
- xviii) For communal harmony.
- xix) For self-reliant development.

Under each of these headings a number of distinct campaigns separated in space and time had been undertaken. More than one hundred pamphlets and several dozen reports or monographs had been prepared for this purpose. Not all these campaigns were successful. A few of them have even been counterproductive. But, the overall result is a highly conscious and pretty knowledgeable citizenry.

The most drawn-out struggle was that against the pollution caused by the Gwalior Pulps and Rayons factory at Mavoor, Kozhikode. It was a combination of people's struggles including direct action backed up by scientific research and technological studies as well as legal action. Ultimately the factory authorities were forced to install pollution abatement equipment. But the Birlas die hard. They behaved as first generation capitalists, ready to go to any extent to protect the last bit of profit. They retaliated by fermenting labour trouble, imposing a lock-out at the factory for three years and importing pulp from abroad. The factory was reopened under conditions most humiliating to the workers and to the state government.

A spate of similar struggles against a number of polluting industries followed. The one against Mothy Chemicals brought out another lesson. The factory was to produce electrolytic grade manganese dioxide. KSSP helped the local environment protection committee to draw up proper demands for pollution control. However, the initial tactlessness of the company authorities and the absolute callousness of a scientific team which accused the "environmentalists" infuriated the people to such an extent that the problem became political. The factory whose erection work was almost complete – 95% – had to be dismantled. In many places local vested interests – political or

financial – often blackmail entrepreneurs in the name of anti-pollution struggles. This is the negative consequences of heightened consciousness based on insufficient knowledge.

The Silent Valley debate was the most publicised environmental struggle waged by the KSSP. Isaac and Ekbal have given a detailed account of this in "Science for Social Resolution". Suffice to mention here that it led to several other debates on issues of development and ultimately transformed KSSP into what it is today – interested in every element of societal life.

New Situation 1987-1994

The year 1987 was another turning point in the history of KSSP as well as other people's science movements. The KSSP had been interacting with like-minded groups all over India from 1974 onwards. It had organized a large number of national workshops 1978 (Trivandrum), 1981 (Trichur) 1983 and 1985 (Trivandrum). As mentioned earlier the KSSP had also been using the medium of folk art and street theatre for communication, as well as for organizing people, since 1980. In May 1985 it organized, collaborating with other groups in Tamil Nadu, Karnataka, Andhra Pradesh and Madhya Pradesh, an "All India Sastra Kala Jatha" in memory of the innocent victims of the Bhopal (Union Carbide) genocide of 1984. The jatha was a resounding success. Encouraged by it and supported by the National Council for Science and Technology Communication, Department of Science and Technology, Government of India, a much more ambitious national programme was planned in 1987 - the first Bharat Jan Vigyan Jatha. It gave birth to the truly pan-Indian People's Science Movement and led to the formation of the All India People's Science Network. And soon they were to embark on one of the greatest experiments in Indian history; eradication of illiteracy.

Edgar Snow asked Mao Zedong once, what he considered to be the greatest achievement of China's revolutionary regime. Mao is reported to have replied, after a minute's pause, "Yes, those flies, we have eradicated them". This is a very crisp way of saying a lot of things. Eradication of flies presupposes extremely good drainage, sanitation and environmental cleanliness. This is possible only in a society whose other more pressing needs are satisfied. Similarly, eradication of illiteracy means a lot more. It means universalization of elementary education (UEE) in enrolment, retention and achievement. It means removal, at least partially, of the causes that perpetuated illiteracy, that prevented UEE. It means a new sense of achievement for the people which will prompt them towards more achievements.

There were many in the political, educational and administrative hierarchies who believed that illiteracy eradication can succeed only in the wake of a major social upheaval, a social revolution. Hitherto world experience of successful literacy campaigns is derived from societies in the throes of social change – China or Cuba, Vietnam or Nicaragua, Burma or Tanzania. Very few people believed that an illiteracy eradication campaign can be successfully carried out in India today. Several reasons were put forward to prove this: that illiteracy cannot be eradicated without a social revolution taking place; that the task is so huge that it will never be possible to raise the human and material resources for achieving it; that without ensuring universal elementary

education it is futile to carry out literacy programmes; that it is meaningless to force universal elementary education when the bulk of our people feel that the present education is irrelevant to them; that it is impossible to generate the infinite social will required for this except under extraordinary circumstances like a freedom struggle or a revolution.

Clearly the argument was that one cannot and should not start with literacy, but with social change. People even went to the extent of arguing that illiterates are illiterate because they do not feel any necessity for being literate and that nobody has the right to "impose" literacy on them, even through friendly persuasion! There are no text book or logical replies to such arguments. So the best way is to go to the people and ask them, ask in a way that will generate confidence and not cynicism. KSSP went to the people of the Ernakulam district of Kerala and they gave an unambiguous reply. More than a million and half illiterates came forward to learn and more than twenty thousand volunteers were ready to teach them. Ernakulam became the first fully literate district of the country. It also heralded a new movement.

KSSP raised the question: can a planned and massive movement for literacy precede a sociopolitical and economic upheaval? And further, even lead to one? There is no answer to this question either, in any text book. But the years 1989-1994 have shown that a mass movement for literacy is possible. Today there are nearly fifty million persons who have become or are becoming literate. And nearly five million volunteers are engaged in teaching them. Certainly, this is the greatest mass movement after independence. There is, further, enough proof to show that it is engendering sociopolitical upheavals of a sort. It was not accidental that the constitutional promise of free and compulsory education for all up to the age of fourteen was not fulfilled. There are vested interests to perpetuate illiteracy. They feel threatened with the spread of literacy. The movement has already shown the potential to develop beyond literacy. The sense of liberation and self confidence it imparts can go far beyond learning letters. It can liberate the poor and the neoliterate from cynicism and fatalism and instill in them a sense of optimism and faith in a better tomorrow and faith in themselves.

A totally new set of agenda has unfolded before the people's science movements, partly due to the emerging world situation and partly due to their increased capability to go beyond science popularization or literacy. Stated simplistically it is to empower the people to manage their own affairs democratically. But, they are no longer "weapon manufacturers". They have to become soldiers in the battle for social change. This battle is to be fought not in Delhi, but in the villages of India. The fight for democracy is also the fight against the minority which appropriates democracy for itself. This has to start from the villages and go up to Delhi.

This is no longer a pastime. It is real battle, with all its risks and dangers. Without a proper world outlook one would not get the courage and conviction necessary to take part in such a real life battle. We have made an attempt to develop such a world outlook, tentative though it may be.

World Situation Today

Human society is passing through a critical period. Never before has it had to face such rapid and such unpredictable changes. Humanity is being drawn into an unfathomable whirlpool generated by the relentless laws of capitalism. But it is unaware of the danger. This is most tragic. It is still not too late to avert the catastrophe, provided we recognize it and act accordingly. In the least number of words this whirlpool can be defined as "all round mafiation of human society". The rule of the jungle is returning – in a new form through the conscious abuse of "Knowledge". The sense of collectiveness and culture which differentiated man from animal is being massacred. The assassins range from sophisticated Multi National Corporations to the crudest of local thugs.

Make money, more money by hook or crook: this is the slogan prodding societies world over - not only in capitalist countries like the USA or developing countries like India but also in former socialist countries of Europe and Eurasia and even Socialist China. Its repercussions can be felt in all the spheres of life – economic, political, social and cultural. The aptest definition of any government is "an institution to legitimise mafia". Its consolidation is being considerably helped by the scientific and technological (S and T) revolutions of the second half of this century.

The S&T revolution has, also, led to the "globalization" of the economy of individual nations. The MNCs are able to effect global division of labour. Control over raw materials, capital, market and even labour is becoming more and more centralised. The corporations are stronger than any national government, even the USA. In fact they control the governments. The institutions like IMF, World Bank etc are, in fact, their instruments. The MNCs establish their hegemony over the world nations through their control over the market, through the appropriation of "knowledge" and through the application of military power. The socialist block which offered persistent resistance to the expansion of MNCs for three decades and more, does not exist now.

There is yet another consequence of the S&T revolution: the knitting together of world communities into an inflexible, hardwired megasystem. Any movement taking place in any corner of this system rapidly spreads through the entire system – the entire world. Even primitive tribes in far off lands experience this movement. More important: this system is showing positive feedback tendencies. We have a runaway system. Even small incidents quickly flare up to uncontrollable dimensions. Even the omnipotent mafia becomes powerless against such flare ups. In a situation where nuclear weapons capable of destroying all world life a number of times over are stocked in several countries the implication of such uncontrollable flare-ups is frightening.

Another disconcerting outcome of the S&T revolution and globalization is the exorbitant power it gives to individuals. Heads of MNCs and their governments are unimaginably powerful. Wrong decisions by a few persons can play havoc. One kilogram of grey matter – the human brain – is today more powerful than all the nuclear explosive put together. This is potentially a dangerous situation.

A society whose motive force is private (corporate) profit is pregnant with the necessity of developing into a runaway system. Goods and services will have to be produced and exchanged at a continuously increasing rate. This is an unstable situation. Goods are required to satisfy human needs. Basic needs like food, clothing, shelter,

education, health, recreation and rest are limited. Even comforts of life demand only limited production. This level of production will not satisfy the increasing greed for private profit. Only by promoting useless and wasteful consumption, production and exchange of goods and services can profit increase without limit. The consequences of such an unlimited growth is what we see today – megafication of production and increasing concentration of economic power on the one hand and uncontrolled depletion of natural resources and disastrous ecological breakdowns on the other. Both these are grave threats to the continued existence of the human species and maybe even of life itself.

There are limits to the present type of growth. The percapita income of an American citizen is 60 times more than that of a Keralite. Yet if one compares the real indices of the physical qualities of life of the two peoples, the difference is only marginal-literacy 99 % and 95 %; life expectation 75-76 years, 71-72 years; death rate 6 and 7; infant mortality rate 10 and 20.

More than 90 % of the average American consumption is sheer waste. It is impossible for the six billion population of this globe to achieve the American level of wastage. That is neither necessary nor desirable. Unfortunately the developed nations do not accept this. Nor do those within the developing nations who enjoy undue privileges accept this. Presently the world is divided into two major blocks: a small number of highly developed, powerful and rich nations and a large number of poor and servile developing nations. Within these developing nations the society is divided into a majority which is continuously getting impoverished and a minority which at the expense of the majority gets continuously enriched. The haves of both the developed and developing nations have quite a different view of the situation. They accuse the havenots – who multiply like pigs, for the present impasse. They are unfit to live in this world! The slogan “eradication of poverty” gets converted into “eradication of the poor”. The manifesto of the haves proclaim; “Ye, the haves of the world, do unite. You have a whole world to lose. Eradicate the have nots or else they will eradicate you”.

Role of People's Science Movements

The PSMs had to respond to this world situation. In fact the KSSP has been sensitive to this emerging situation. The importance it is giving to empowering the people is based on this understanding. The past decade, especially the period 1987 to 1994, saw phenomenal growth in the spread of PSMs.

The havenots do not want “fair distribution of poverty”. They want the satisfaction of basic needs and to be assured of minimum comforts. For this, production has to be increased several times. Very true! So, let us increase production first. The question of distribution can be taken up later. They are told. It only means “the poor produce, the rich consume”. We cannot agree to this. Production has to increase without losing the grip on distribution. There are, however, limits to the increase in production. Definitely it cannot be the objective to “catch up” with USA and other “developed” countries. No, the objective is to see that there is enough production to satisfy the basic needs and comforts of every human being in this world. This cannot be achieved without curbing the wasteful consumption of the haves of today. Obviously they will not accept

such a proposition. They will tighten the wiring of the megasystem in their attempt to preserve their gains. S&T serve them as very useful weapons. Unless the havenots take control of the production, they will not be able to plan its components or its distribution. The problem of havenots taking back control had been on the agenda for the past century. The socialist revolutions were intended for this purpose. But one by one, all of them are losing the grip. The haves are taking back control again. KSSP had accepted the slogan of "Science for Social Revolution" 20 years ago. The social revolution envisioned was nothing short of the process of havenots taking control of the societal processes. The question is, how to do it without losing the control immediately thereafter. One has to learn from history, the history of socialism. First in Russia (Soviet Union) and later in many other countries the "havenots" took power in their hands. They began to build up new societies and new human beings in their countries. They nearly succeeded, but not fully. They were, in most cases, especially in the USSR, able to assure the basic needs and minimum comforts to every citizen, assure the necessary growth in production, assure the necessary stability in the society. For quite long everything was going fine, at least it seemed to be so. They were developing as models of paradise on this earth.

But, then, the entire system crumbled down. The ground rules on which they began earlier were all discarded. In USSR and the socialist countries of Eastern Europe the breakup was traumatic. Everything that was considered bad and detestable resurfaced. Why did this happen? What lessons are to be learned? There cannot be a single and simple answer to these questions. The process of breakdown was different in different countries. However, on closer examination one can discern two very important aspects which might have contributed to this breakdown. In all these countries the power of havenots took on a form called "dictatorship of the proletariat". This was to be a highly democratic setup, dictatorial against only the counter revolutionary forces, against the haves attempting a come back. But, in practice, in every country this became the dictatorship of the political party of the proletariat which soon degenerated into the dictatorship of its leadership. The democratic element, instead of getting continuously strengthened, was continuously weakened. The parties became more and more alienated from the people.

It is, however, ironic that the people of the former USSR and the East European countries have the illusion that societies based on market economy, the capitalist societies, have more democracy. In fact there is no democracy in the USA, UK, France or in India, Pakistan or anywhere else. What they have is sham democracy, proxy democracy – both in form and in essence. In the USA only about 50% of the citizens voted, and the victors get 50% or less of votes. Only multimillionaires can aspire to become the President of USA. The same is the case in India – only a scaled down version. Economic concentration necessarily leads to political concentration. There cannot be any democracy in a society where the entire economic power is concentrated in the hands of a small minority. After all, what is the meaning of democracy if it is not people's control over their own lives? And where do we have it? True democracy has to be fully participative.

In all the socialist experiments hitherto attempted, only relations of production changed, but not the nature of the forces of production. The target of every socialist country was to "catch up" with and surpass the capitalist world. They wanted to produce the same commodities. They organized production on the same lines. They wired themselves into the same global market. The average citizen, in these countries too become more and more alienated both from the means of production as well as the process of production. Concentration of economic and political power without even the regulatory check of market competition must have, ultimately, led to its breakdown.

More research will have to be done to bring out the process of the break-up of the USSR and other socialist countries. But some questions have to be asked.

Can there be socialism without democracy?

Can there be democracy without creative participation of the people in the process of production and distribution?

Can there be creative participation in processes which are too big and global in character?

Can there be people's participation in the operations of transnational corporations? or even national corporations like, say National Thermal Power Corporation?

Can there be continuous development within an unstable positive feedback system?

The world experience so far prompts us to say: "No no". It becomes imperative to cut open a new path to socialism, a path of continuous strengthening of democracy. The long-term objective is not unlimited and exponential increase in the production of goods and services, but the mobilization of every citizen to creatively participate in the process of production to satisfy the basic minimum needs and comforts of all. To achieve this we shall avoid the process of mega-fication both in economic and political spheres. The natural alternative is the strengthening of smaller societies both politically and economically. One can say with and beyond Schumacher: The small has to become powerful because that is the only way one can face the large. The local economies have to become powerful enough to withstand the onslaughts of global economies.

The "economy of large-scale production" is often deceptive. It hides the indirect subsidies given by the state – by way of the infrastructure – at the expense of the citizens. The social cost of large-scale production is much larger than the entrepreneur's individual cost of production.

In a competitive global market if the small has to become powerful it has to be more efficient than the large in all the conventional indicators – energy, raw materials and labour requirement per unit output. However, even if this is satisfied, the larger ones can kill the smaller ones with the help of "market forces". The small cannot survive in a global market dominated by the large. One has to plan for a breaking up of the "global market". This is a counter-historic process, true, but it has to be done.

A movement to make small powerful, to make democracy real and participative, to rewire the world society into a negative feedback system, to break up economic and political concentration – this is the call of the day. And people's science movements have to respond to this call. Though not consciously the agenda of people's science movements have been evolving exactly in this direction. "Power to the people" has

been one of the central slogans of KSSP and many other groups. And this power is something taken by the people and not simply given to them.

This is the age of science and technology. Goods and services necessary for the society cannot be obtained in the old fashion. Only if people can wield science and technology, can they wield power. To empower the people with the weapon of science and technology – that was the conscious mandate PSMs have given to themselves. Their current intervention in the literacy campaign is based on the understanding that an illiterate people cannot wield science and technology or political power. Literacy is not enough. The PSMs are interested in the universalization of elementary education in its truest sense; that it is not only enrolment and retention but also achievement. PSMs are also interested in making higher education and technical education relevant to the society.

KSSP started Rural Science Fora with the specific objective of strengthening Panchayat (village) self governments. Though it could not succeed in the first instance the same concept is now being revived through the efforts of Panchayat Level Resource Mapping and Panchayat Development Societies.

The haves of the world, both of developed nations and of developing nations, will not take kindly to the concept of strengthening democracy. Only through fighting them, fighting them incessantly, can democracy be strengthened. It involves exposing and fighting against the antipeople policies of the governments, of the haves, fighting against use of science and technology against the interest of the havenots, fighting against the machinations of the developed nations to recolonise the developing nations, fighting against the treacherous elements within the developing nations. Today in India this is epitomised in the fight against the U.S trade imperialism expressed through their efforts to establish a new world order under its hegemony, a fight against the new policies of the government of India which will make the country utterly bankrupt, a fight against the threats from the fundamentalist, communal and fissiparous forces. It is a fight to protect the sovereignty of the people of India and other developing countries, a fight against the mafiafication of the country, a fight to protect human culture.

Observing keenly the development of science and technology Karl Marx wrote more than a century ago: mankind is on the threshold of liberty, freed from all animal limitations of the necessity to preserve and to procreate. Now onwards man can embark on truly human enterprises. But across the threshold one can see two paths – one of freedom and humanism and the other strife and criminalization. The people's science movements become relevant in as much as they contribute to guiding humanity to take the first path. This is a path wherein the society differentiates "demand" in the economic sense from "need" in the human sense, a path of continuous material progress to satisfy the needs of all. It is a new path, waiting to be cut open.

KERALA SASTRA SAHITYA PARISHAD*

Vital Statistics

<i>Status</i>	A nongovernmental organization, registered as a society. Foundation 1962.
<i>Jurisdiction</i>	Kerala State
<i>Membership</i>	60,000 in 2,300 Units (Centres)
<i>Members</i>	Literally from every walk of life
<i>Finance</i>	Own generation through publication and sale of books – an annual sale of Rs. 4-5 million (150,000 dollars).
<i>Annual budget</i>	Rs. 1.5 million (50,000 dollars)
<i>Publication</i>	4 monthly periodicals with a total circulation of about 100,000, 30-40 books with a total face value of Rs. 4-5 million.
<i>Structure</i>	Unit, subregion, district and state level committees; sub-committees – annual general councils and elections
<i>Special feature</i>	No one holds on to a particular office for more than 2 Years.
<i>Full time workers</i>	3 + supporting staff (20)
<i>Sponsored R & D work</i>	Through an Integrated Rural Technology Centre supported by Government of India and Govt. of Kerala.
<i>Major Divisions of work</i>	Education, Environment, Health, Energy, Art, Literacy, Publication, Planning, Development, Issues of Women, Networking and Research.

(*) Sastra = Science; Sahitya = Literature

Achevé d'imprimer sur rotative
par l'imprimerie Darantiere
à Dijon-Quetigny
en juillet 1996

ORSTOM Éditions
Dépôt légal : juillet 1996
N° d'impression : 96-0633

LES SCIENCES HORS D'OCCIDENT AU XX^e SIÈCLE

1

Les conférences

sous la direction de Roland WAAST

2

Les sciences coloniales : figures et institutions

sous la direction de Patrick PETITJEAN

3

Nature et environnement

sous la direction d'Yvon CHATELIN
et de Christophe BONNEUIL

4

Médecines et santé

sous la direction d'Anne-Marie MOULIN

5

Sciences et développement

sous la direction de Martine BARRÈRE

6

Les sciences au Sud : état des lieux

sous la direction de Roland WAAST

7

Coopérations scientifiques internationales

sous la direction de Jacques GAILLARD



Diffusion

32, avenue Henri Varagnat - F-93143 Bondy Cedex

ISBN : 2-7099-1299-6 (volume 5)