

2.2.1. LA DIFFUSION DU MODÈLE MIT

Antonio José J. BOTELHO*

I - INTRODUCTION

Les études sur le développement ont subi une transformation considérable ces dernières années. La critique des théories bat son plein. La conséquence de ce branle-bas a été d'une part, la redécouverte de l'histoire : elle fait renoncer aux modèles téléologiques, basés sur des rationalisations du processus d'industrialisation dans les pays développés. D'autre part, on abandonne aussi les approches auto-centrées qui voyaient dans la réplique des institutions des nations industrialisées la confirmation d'une exploitation généralisée, et qui soutenaient le besoin d'une voie alternative, unique.

Ce processus a permis une redécouverte de l'histoire institutionnelle : celle des groupes et de leurs dynamiques historiques et politiques. Ce processus a remis aussi au goût du jour quelques éléments de la théorie de la modernisation : notamment le rôle des élites techniques dans la structuration du processus du développement.

Avec la baisse, dans l'entreprise scientifique, de la foi en la raison omnipotente, au cours des deux dernières décennies, le rôle central de la science dans le processus du développement était réévalué d'autant. On a recommencé à s'intéresser à d'autres institutions, hors les trois piliers des études modernes d'économie politique du développement: le capital, le travail et la science. Les institutions et les professions d'ingénierie ont fait l'objet de redécouvertes et leur rôle dans le développement national est examiné de nouveau.

Le réexamen du processus contemporain de développement nécessite la construction d'une nouvelle vision analytique. Cette nouvelle vision est essentiellement historique et politique. Elle est historique dans le sens où des changements institutionnels tels que l'émergence et la transformation d'une communauté d'ingénieurs se déroulent dans la longue durée. De nouvelles stratégies de groupe façonnent de nouvelles institutions sur le fond du vieux paysage institutionnel et de son ensemble hostile d'intérêts bien ancrés. Elle est politique parce qu'elle se trouve dans un processus fait de circonstances contingentes et de choix stratégiques des acteurs et des groupes. Ces choix sont à leur tour marqués par la culture, l'idéologie, la formation et la pratique professionnelles. Ils font appel à des héritages idéologiques et expriment aussi bien des vieilles aspirations que des objectifs pratiques immédiats. En se cristallisant, et si de nouvelles institutions se créent et s'épanouissent, ils peuvent devenir des moments décisifs dans la trajectoire d'un pays.

* Visiting Lecturer, Carlton College et Program in Science, Technology & Society, Massachusetts Institute of Technology

Dans le contexte de la lutte institutionnelle pour la légitimation professionnelle, les modèles institutionnels étrangers constituent des moyens rhétoriques puissants et des ressources persuasives pour soutenir des choix innovateurs. Les modèles institutionnels étrangers, parce qu'ils projettent l'image d'un état de fait, réel ou imaginé, accompli ou souhaité, ont le pouvoir potentiel de transformer une société, ses visions et ses pratiques. Car c'est dans la croyance forte que les institutions étrangères transformeront les pratiques (telles que celles de la recherche ou de l'ingénierie) que réside la force transformatrice des modèles institutionnels étrangers. Cette image accomplie de l'institution oublie souvent les situations et les conflits que celle-ci a dû traverser, et auxquels les pays en développement sont *actuellement*, eux, confrontés. Ainsi en est-il du choix entre les voies de la science fondamentale et de la recherche appliquée. La reproduction et la réforme des modèles institutionnels étrangers a été une constante sur le chemin du développement, des premiers aux derniers industrialisés.

Le but de cette communication est d'expliquer le rôle du soi-disant modèle MIT dans la réforme institutionnelle des systèmes de science et de technologie des pays en développement. Nous ferons d'abord une analyse préliminaire des caractéristiques du modèle, réel, et de la façon dont il est perçu par les acteurs des pays en développement (PED). Ensuite nous examinerons la trajectoire historique contingente et conflictuelle de ces caractéristiques institutionnelles célèbres, mettant à nu les dilemmes et processus qui gardent de grandes similitudes avec les dilemmes auxquels les PED font face actuellement ; et, nous l'espérons, nous en tirerons des leçons utiles.

Enfin, nous présenterons les résultats préliminaires des types de diffusion de ce modèle au sein des PED. La mise en évidence de ces types, et la compréhension des dynamiques individuelles qui sous-tendent les expériences nationales avec le modèle, pourront contribuer à une plus grande compréhension de l'institutionnalisation de la recherche d'ingénierie dans les PED et son rôle dans le processus de développement. En ce qui concerne le cas du Brésil, cette institutionnalisation a été une contribution essentielle.

II - LE MODÈLE MIT : PERCEPTION ET HISTOIRE

Une évaluation récente du système d'enseignement supérieur à Taiwan plaçait la National Tsing Hua University (NTHU) parmi les meilleures institutions d'enseignement supérieur du pays : au même niveau que l'université nationale de Taiwan. L'université NTHU a un institut de recherche nucléaire créé en 1955 pour former la main-d'oeuvre pour les centrales nucléaires. C'était la seule université à accueillir des étudiants de troisième cycle jusqu'en 1963, quand le département de mathématiques fut créé. De ce premier institut de recherche jailliront quatre établissements d'enseignement supérieur avec 14 programmes de troisième cycle. C'est, cependant, au prestige de ses programmes de troisième cycle en science et en ingénierie que la NTHU doit, selon l'auteur, sa réputation de "MIT de Taiwan".

La NTHU se caractérise en outre par la flexibilité et une approche innovatrice des questions nouvelles, telles que la formation interdisciplinaire dans le domaine de la science des matériaux. De plus, les professeurs du NTHU, venant de différentes disciplines, travaillent en collaboration étroite avec l'établissement de la défense à l'Institut de Recherche Tsu-Chiang. Les Départements de Physique et de Génie Electrique de la NTHU mènent une recherche de premier plan en science appliquée et en génie du développement, dans des domaines aussi divers que la photolithographie, le vide poussé, la robotique, le traitement d'images et le design VLSI de microplaquettes.

Plusieurs éléments qui caractérisent la NTHU ont pu amener l'auteur à le comparer au MIT. En tout premier lieu, sa flexibilité institutionnelle et sa façon originale d'aborder des questions nouvelles. Comparé à des universités américaines plus

traditionnelles et prestigieuses, telles que Harvard et Princeton, le MIT se distingue précisément par cette flexibilité institutionnelle, et par sa capacité à établir des normes de recherche, en science aussi bien fondamentale qu'appliquée, y compris l'ingénierie.

C'est en fait la prouesse du MIT *à la fois* dans la science *et* dans l'ingénierie qui fait de lui un cas plutôt unique parmi les institutions américaines d'enseignement supérieur. En ingénierie, par exemple, le MIT a été pendant des décennies au premier rang de l'enseignement et de la recherche en génie appliqué. Les programmes de premier et deuxième cycle sont considérés comme les meilleurs en la matière, bien que Caltech, Stanford et Cornell soient également considérées comme d'excellentes institutions.

Dans les sciences, l'Institut, comme l'appellent ses anciens étudiants, a fait de grands efforts pour atteindre le même niveau d'excellence que celui qu'il possède en ingénierie. On trouve un exemple dans le développement des sciences biologiques au MIT qui ont, dans l'espace de quelques décennies, concentré un grand nombre de Prix Nobel pour faire du MIT un meneur dans la discipline.

Parmi les innovations institutionnelles qui entrent dans un autre ensemble de traditions du MIT, celles d'une collaboration étroite avec *aussi bien le gouvernement que l'entreprise* privée, a permis son expansion dans les disciplines de biologie moléculaire et de biotechnologie. Un exemple est l'établissement, avec l'aide de fonds privés, de l'Institut Whitehead, un institut détaché du MIT qui collabore étroitement avec ses professeurs, et qui était dirigé jusqu'à récemment par le Prix Nobel David Baltimore. Un autre exemple, le MIT se voit sélectionné par la Fondation Nationale de Science en tant que centre National d'ingénierie, pour créer le Centre américain de référence du Génie des Processus Biotechnologiques, avec une subvention de 20 millions de dollars.

Le MIT a constamment figuré parmi les plus grandes universités bénéficiaires de *subventions fédérales* à la R. & D. Tout au long d'une bonne partie des années soixante et soixante-dix, il détenait la meilleure place, et en 1984, il est arrivé en deuxième position uniquement parce que dans le budget du principal bénéficiaire figurait le financement pour un institut de recherche fédéral avec qui il était associé.

Les liens entre la NTHU et l'establishment de la défense de Taiwan sont peut-être une des caractéristiques qui le rapprochent le plus du modèle MIT. En 1983, le MIT a reçu le montant le plus élevé du financement de la *recherche militaire* de toutes les universités, plus d'un quart du total de près d'un milliard de dollars. La plus grande part de cette argent (environ 4/5) est allée au Laboratoire Lincoln affilié au MIT, et qui effectue l'essentiel de la recherche militaire du MIT même s'il est physiquement séparé de celui-ci. Néanmoins, la part du financement de la recherche militaire effectuée sur la totalité de la recherche au MIT ne représentait que 16% en 1983.

Ces dernières années, les PED ont souvent cherché à reproduire un aspect du modèle MIT : *sa coopération étroite avec le secteur privé*. C'est le trait du MIT qui est peut-être le mieux connu dans certains milieux. Sa capacité à établir des relations fructueuses avec le secteur privé tout en maintenant des hauts niveaux de recherche, force l'admiration pour le modèle MIT. En 1989, le MIT a reçu du secteur privé près de 40 millions de dollars pour la R. & D., conservant, encore une fois, la première place qu'il occupait déjà depuis au moins deux décennies sur la liste des universités américaines. Le MIT a également reçu le plus grand nombre de brevets délivrés aux universités américaines en 1988: 66. Il a récolté 6,2 millions de dollars sur les royalties et les droits de son stock de brevets et licences.

Les traits du modèle mentionnés ci-dessus n'ont pas toujours fait partie de l'institution MIT, mais sont plutôt le *résultat d'une histoire* institutionnelle longue et tortueuse qui s'étale sur moins d'un siècle, remontant à la création de Boston Tech, le

précurseur du MIT vers la fin du XIX^e siècle. Jusqu'à la fin du siècle dernier, Boston Tech (que nous appellerons désormais MIT) était une petite institution privée d'enseignement technologique qui ne faisait pratiquement aucune recherche et délivrait juste quelques diplômes de troisième cycle.

C'est pendant la dernière décennie du XIX^e siècle qu'un certain nombre de diplômés du MIT, qui avaient reçu une formation supérieure dans des universités allemandes, furent embauchés en tant qu'enseignants et cherchèrent à transformer le profil de la recherche de l'institution. Cependant, la transformation du MIT, pendant les deux premières décennies de ce siècle, en une des premières institutions américaines d'enseignement supérieur qui devait réussir à établir une structure de recherche financée par le secteur industriel, et en une institution réputée pour son excellence dans la recherche fondamentale aussi bien que dans la recherche d'ingénierie, fut complexe. Elle a impliqué des conflits fréquents d'objectifs, de valeurs et de cultures professionnelles.

Aucun diplôme de troisième cycle d'ingénierie n'était délivré jusque dans les années 1910 et la recherche industrielle en collaboration n'a commencé que pendant les années 1920. Ce fut en partie par les actions du groupe des scientifiques formés en Allemagne que le MIT fut poussé dans ces directions. Les scientifiques nouvellement embauchés à la fin du dix-neuvième et début vingtième siècles essayèrent d'abord d'amener le MIT à mettre *l'accent sur la recherche dans les sciences fondamentales*, loin d'une institution d'enseignement de premier et deuxième cycles qui formait tout simplement des ingénieurs pour le secteur industriel. Leur objectif était de donner aux étudiants du MIT une formation unique qui mettait l'accent sur l'ouverture et la souplesse. Les "nouveaux ingénieurs" devaient avoir le pouvoir de résoudre de nouveaux problèmes et faire des améliorations dans des processus plutôt que de se contenter juste de l'application des méthodes existantes.

Cette conception de l'avenir du MIT n'est pas allée sans contestation et un groupe influent d'anciens du MIT dirigé par l'ingénieur consultant Arthur D. Little dira que la *tradition pratique* au MIT devait être revigorée au lieu d'être rejetée. La façon de faire cela était d'exposer les étudiants aux problèmes en provenance de l'industrie. Le groupe qui était plus orienté vers l'application influença le programme du MIT en établissant des programmes d'extension coopérative avec le secteur industriel. Il créa également un laboratoire de chimie appliquée qui était un partenaire du laboratoire de recherche de chimie fondamentale créé par le groupe d'orientation allemande. Le résultat final de cette lutte fut la création d'une unité en semi-autonomie qui, pour sa survie, dépendait beaucoup de contrats de recherche signés avec des firmes industrielles et des associations de commerce : un modèle qui fut plus tard imité par d'autres disciplines au MIT et dans d'autres universités américaines. Là, un trait saillant de la recherche allemande fut invoqué : la collaboration étroite entre l'usine et le laboratoire universitaire.

La première guerre mondiale et l'expansion concomitante de l'industrie chimique américaine, qui profita énormément de son accès libre au grand stock de brevets allemands obtenu comme dépouille de guerre dans la période de l'après-guerre, donna une grande impulsion à la recherche appliquée, et la demande pour des ingénieurs chimistes surpassait de beaucoup celle de chimistes. Vers 1920, la conception de la recherche et de l'ingénierie appliquées était devenue solidement enracinée au sein de l'Institut, et d'autres sciences appliquées s'épanouirent au cours de la décennie suivante.

Cependant, le succès même de la stratégie fut la source de sa chute. Au fur et à mesure que des efforts grandissants furent déployés dans la solution de problèmes venant des contrats industriels, l'éventail des sujets de recherche devenait plus étroit, la qualité de la recherche engagée déclinait et la faculté commença bientôt à se demander

si l'Institut était une firme de consultants ou une institution d'éducation. Une nouvelle génération vint à la direction du département de génie chimique : elle avait été formée au sein d'un cadre qui ne voyait pas nécessairement une identité d'intérêts entre le secteur privé et le laboratoire universitaire. Leur but était d'affirmer *leur indépendance professionnelle disciplinaire*.

Un nouveau président du MIT fut également préoccupé par le fait que l'Institut était en train de perdre rapidement son prestige dans les sciences au profit de ses concurrents avides tels que Caltech, qui étaient en train de réussir à exploiter l'argent de la Fondation National de la Science pour construire leurs départements. Non seulement en chimie, mais aussi en physique et même en génie électrique, régnait le sentiment que l'Institut manquait à générer de nouvelles idées majeures, et qu'il devenait de moins en moins capable d'attirer de talents novateurs. Le commencement de la dépression ébranla davantage la stratégie de collaboration industrielle trop étroite avec l'assèchement de l'argent des contrats.

Un nouveau président de l'Institut, Karl Compton, fut nommé chef du Princeton Physics Department en 1930. C'est Compton qui effectuera la synthèse des visions opposées, qui se sont développées au cours de la décennie précédente, en une nouvelle vision privilégiant la recherche interdisciplinaire en coopération. Dans cette vision, c'était l'administration de l'Institut qui allait déterminer l'orientation générale de la recherche au MIT en faisant une *promotion sélective de domaines de recherche prometteurs par le biais de la collaboration interdépartementale*. Dans un premier temps, la réputation techniciste excessive du MIT l'empêcha d'obtenir le financement de la Fondation pour cette nouvelle tentative.

Cependant, la vision nouvelle de Compton s'instaura peu à peu, au fur et à mesure qu'il embauchait une nouvelle équipe d'enseignants en accord avec sa stratégie de recherche. Il innova en recherchant, d'abord sans succès, une plus grande collaboration avec le gouvernement fédéral. Compton renforça également l'enseignement de troisième cycle et mit l'accent sur la science fondamentale dans le contexte de l'ingénierie, mettant celle-ci en harmonie avec *l'idéal de recherche, qui était devenu un élément d'auto-identification de l'université américaine* dans les décennies précédentes.

La synthèse de Compton et les contacts établis à Washington pendant cette période s'avèrent extrêmement utiles avec le début de la deuxième guerre mondiale, quand naîtra la R. & D. coopérative pratiquée par le gouvernement, l'université et l'industrie, accélérant le rythme et la portée de l'innovation. A ce moment là, la *recherche coopérative interdisciplinaire de haut niveau scientifique* était devenue solidement enracinée au MIT. Et, plus important encore, le gouvernement fédéral était devenu la principale source de financement.

III - LA DIFFUSION DU MODÈLE MIT DANS LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT.

Notre recherche préliminaire semble indiquer que la diffusion du modèle MIT dans les PED s'est effectuée par plusieurs voies. La première, et peut-être la plus importante, c'est la formation de haut niveau donnée à des étudiants étrangers au MIT. Ceux-ci sont retournés ensuite dans leurs pays et sont devenus une partie de l'élite nationaliste qui voyait dans le modèle MIT une voie vers l'indépendance technologique. La formation d'étudiants étrangers au MIT a reçu un élan formidable aux environs de la deuxième guerre mondiale ; elle était souvent associée à une politique explicite du gouvernement américain cherchant à gagner la sympathie des élites militaires, et à leur fournir la formation technique qui satisfaisait à la fois leurs aspirations professionnelles et les besoins de personnel qualifié pour gérer la machine de guerre alliée contre l'Allemagne.

La seconde voie fut l'effet de démonstration. Le modèle était perçu comme une solution possible au manque de formation en ingénierie de haut niveau dans le pays, et probablement aussi comme un moyen de promouvoir un modèle de recherche institutionnelle dans lequel la recherche appliquée plutôt que la recherche fondamentale était prééminente. Le soutien du gouvernement américain a peut-être pu être recherché jusqu'à un certain point.

La troisième voie est encore celle d'une formation d'étudiants étrangers. Mais cette fois-ci, à la différence du premier mode de diffusion, les étudiants étrangers rentrés chez eux, avec une aide directe minimale du gouvernement américain, se servaient du modèle MIT comme devise rhétorique pour défendre leurs revendications professionnelles, et promouvoir leurs propres buts institutionnels.

III - a. Le modèle MIT comme outil de réforme : l'Inde.

Le dernier moyen de diffusion est illustré, semble-t-il, par l'évolution institutionnelle récente de la NTHU de Taïwan. Le second moyen de diffusion est clairement illustré par la création d'une chaîne indienne d'Instituts de technologies et, peut-être, par la création de l'institut Coréen de Science et de Technologie (KAIST) en 1966. Le KAIST fut créé avec l'aide de la National of Foundation Science des Etats-Unis en tant qu'institut de recherche et de formation de haut niveau, séparé du système d'enseignement supérieur existant.

C'est en Inde que le modèle MIT fut le plus clairement copié. Depuis l'indépendance, en 1947, et grâce à l'intérêt que Jawaharal Nehru avait dans le développement de la science et la technologie, le système indien de R. & D. a grandi de façon spectaculaire au cours des décennies passées, pour devenir le plus grand et le plus productif des pays en développement. Le système est caractérisé par la concentration des ressources et du personnel dans les laboratoires gouvernementaux et dans quelques domaines considérés par le gouvernement comme stratégiques (l'énergie atomique et l'espace) ; et par un contrôle par les physiciens qui remonte à l'indépendance, quand les célèbres physiciens Bhabha et Saha façonnaient et exécutaient les plans de Nehru pour la science et la technologie.

Dans cette vision simplifiée du contexte indien de recherche industrielle, celle-ci a eu des difficultés à s'établir, bien que le Council of Scientific and Industrial Research (CSIR) gère un grand nombre de laboratoires nationaux. Dans l'ensemble, il semble y avoir un accord général sur le fait que la position plutôt faible de la science académique, et la concentration excessive de ressources dans des agences étroitement orientées vers des missions, a éventuellement conduit à une stagnation globale de la recherche appliquée en Inde.

L'accent mis plutôt sur la recherche fondamentale en universités, et sur la recherche orientée vers des missions au CSIR, semble avoir retardé le développement de l'ingénierie en Inde. De telle sorte que vers 1947, bien qu'il y ait un certain nombre d'institutions polytechniques dans chaque province, celles-ci n'avaient que 7000 étudiants. Les écoles étaient du type *professionnel traditionnel* et très peu ont mené une recherche de quelque nature que ce soit. Déjà en 1944, A. V. Hill notait dans son célèbre rapport sur l'état de la science indienne que l'Inde manquait d'institutions de hautes études, bien qu'elle soit capable de former des Indiens au plus haut niveau en ingénierie et en technologie. Hill affirma qu'il y avait de bons établissements d'enseignement supérieur et des instituts de génie et de technologie, "mais pas encore assez, et aucun n'est d'un niveau d'excellence comparable à beaucoup de ceux qui sont dans d'autres pays avancés, en particulier aux U.S.A."

De même, le rapport de 1944 du Comité de Planification de la Recherche Industrielle, commandé par le gouvernement de l'Inde et auquel Bhatnagar a servi de secrétaire, soulignait l'importance de la recherche. Mais il faisait également remarquer que "l'activité de recherche en Inde ne représente même pas le strict minimum", et que "la recherche industrielle est toujours dans son état embryonnaire". Il diagnostiquait l'insuffisance de la recherche *dans* l'industrie comme "cause et effet des réalisations comparativement maigres de nos institutions de recherche", et le rapport critiqua le manque de liens effectifs entre les laboratoires gouvernementaux et le secteur industriel.

En ce qui concerne l'enseignement supérieur, le rapport notait que, sauf dans le cas de quelques universités, il n'y avait eu "aucun travail appréciable dans le domaine de la recherche appliquée", et plus particulièrement, "il n' y avait pratiquement aucune facilité pour la recherche dans les disciplines de l'ingénierie dans les universités indiennes. Il n'y a même pas de programmes de troisième cycle de génie dans aucun établissement de génie en Inde".

On tend à considérer aujourd'hui que la capacité d'initiatives de recherche originales réside dans les cinq Instituts Nationaux de Science et de Technologie, qui sont bien vus en Inde et à l'étranger. Ces institutions furent édifiées sur le modèle MIT. Ce sont l'Indian Institute of Technology Kharagpur, l'Indian Institute of Technology Bombay, l'Indian Institute of Technology Delhi, l'Indian Institute of Technology Kanpur, et l'Indian Institute of Technology Madras.

Les Instituts ont été créés à la suite du rapport du Science Manpower Committee remis au gouvernement en juin 1949. Le Comité était présidé par Bhatnagar et il a couvert le même terrain que le rapport Hill une décennie plus tôt. Sa conclusion était que, tandis que les facultés de premier et deuxième cycles d'enseignement supérieur d'ingénierie étaient plutôt satisfaisantes, celles de troisième cycle et de recherche étaient par contre largement déficientes. De plus, à l'époque il n'y avait que huit bons programmes de troisième cycle dans les sciences, et la qualité de la recherche académique, et par conséquent de la main-d'œuvre qu'ils produisaient, était affectée par la concentration de la recherche dans les laboratoires gouvernementaux.

Le rapport recommanda la création de quatre institutions de génie sur le modèle du MIT, et celle d'autres institutions pour les branches spécialisées de génie et de technologie. Le premier fut créé à Kharagpur en 1951 (à peine quatre ans après l'indépendance) et les autres suivaient peu de temps après (Madras et Bombay, 1958, Kanpur, 1960, et Delhi, 1961). Les IITs, comme on les appellera en Inde, étaient considérés comme des instituts nationaux, ce qui leur donnait une plus grande stabilité budgétaire, comparés aux institutions académiques traditionnelles. Ils deviendront très rapidement une source importante de main-d'œuvre technologique hautement qualifiée grâce à leurs programmes, comparables à ceux des meilleures institutions de génie dans les pays développés.

Les institutions en vinrent rapidement à former environ 2000 étudiants au niveau des premier et deuxième cycles, et plus de 1000 au niveau du troisième cycle (niveaux *masters* et *doctoral*). Ils recevaient de l'assistance technique et des équipements des Etats-Unis, de l'URSS, de la Grande-Bretagne et de la RFA. Plus important encore, ils fournissaient des services à l'industrie et leurs facultés agissaient en consultants et géraient des projets de recherche d'intérêt industriel.

Les réformes effectuées en 1959 soulignaient davantage le modèle MIT, avec l'adoption de modules essentiels dans les sciences fondamentales au niveau du *masters*, et avec un projet qui cherchait à promouvoir les capacités des étudiants en matière de design et d'analyse. Les propos d'un participant à ces réformes font curieusement écho au discours au sujet du MIT : "Le travail expérimental rapprocha l'institut de l'industrie,

tandis que les modules essentiels donnaient une compréhension approfondie des éléments de base de l'ingénierie et de la méthode scientifique pour la solution des problèmes originaux ". Par ailleurs, presque au même moment, le gouvernement indien commençait à développer la recherche militaire, avec un choix de laboratoires (dont certains des IITS).

Afin de comprendre les motivations sous-jacentes à l'adoption du modèle MIT dans la création des IITs, il est intéressant d'examiner la carrière du président du Comité, Bhatnagar.

Né au Punjab dans une famille de réformateurs sociaux, il baigna tout de suite dans un milieu intéressé à la science, et dès le début de son éducation il s'intéressa aux questions industrielles. Pour se soutenir (financièrement) en préparant son M.sc. en chimie, il travaillait en tant que préparateur scientifique dans un établissement d'enseignement supérieur et obtint par la suite un D.sc. (Doctorat) en chimie à University College.

A son retour en Inde, il enseigna et fit de la recherche sur la chimie physique à Punjab University. Au fur et à mesure qu'il devenait un scientifique accompli, avec plus de 100 publications, il attirait l'attention des industriels et coopérait à la solution de nombreux problèmes industriels. Il aida à créer un certain nombre d'instituts de recherche appliquée dans son université et, tout en étendant largement sa collaboration avec l'industrie, il insistait sur le fait qu'une solide théorie devait préparer le travail pratique. Pendant la deuxième guerre mondiale, il devint directeur de Scientific and Industrial Research, un organisme d'Etat. Dans sa carrière de constructeur d'institutions, il n'avait pas de réticences à faire des emprunts à des modèles étrangers, et cela explique dans une large mesure le réseau indien de laboratoires nationaux, largement calqué sur le système britannique qu'il connaissait le mieux. Il est aussi vraisemblable que sa forte croyance en la puissance de la théorie scientifique pour la résolution des problèmes industriels avait attiré son attention sur le modèle MIT.

III - b. Le MIT & les étudiants étrangers : des débuts diplomatiques embrouillés

Les étudiants étrangers des PED étaient une rareté dans l'Institut au début des années trente, au moment où le MIT luttait pour échapper aux maux de la dépression et se façonnait une nouvelle identité qui s'efforçait à l'excellence aussi bien dans la recherche fondamentale que dans la génie appliqué, au moyen de programmes innovateurs de recherche interdisciplinaire. Comme le montre le tableau suivant, en 1933 il y avait moins de dix étudiants venant des PED ; et, alors qu'en 1938 ce nombre avait déjà quadruplé, il demeurait en fin de compte bas.

Tableau 1

Origines géographiques choisies d'étudiants MIT : 1933-1938

	1933	1934	1935	1936	1937	1938
Argentine	1	3	5	7	2	5
Brésil	-	2	1	2	1	1
Chili	1	1	-	-	1	-
Mexique	3	6	6	11	8	10
Inde	3	6	6	11	8	10
Turquie	-	1	2	4	6	8
Total	8	19	20	35	26	34

Source: The MIT Bulletin 74 (1), 1938: President's Report Issue, 1937-38.

Le plus grand nombre d'étudiants, pendant cette période, venait du Mexique voisin, suivi de l'Inde et de la Turquie. Nous ne pouvons spéculer sur les raisons qui ont fait que les étudiants venant de ces pays se sont retrouvés au MIT, mais dans le cas de la forte augmentation du nombre d'étudiants argentins en 1935, nous pouvons dire qu'elle était liée à l'engagement croissant du MIT dans la politique étrangère américaine. Dans ce cas, il semble que le gouvernement américain ait persuadé le MIT d'assouplir les conditions d'inscription à ses programmes d'architecture navale, afin de recevoir 5 officiers de la marine argentine, à une époque où l'Argentine avait déjà commencé à flirter ouvertement avec le gouvernement allemand pour une aide militaire. Avec le commencement de la guerre en Europe, et la reconnaissance de l'importance stratégique de l'Atlantique Sud, le gouvernement américain agit pour attirer les Etats de la côte atlantique au côté des alliés. A l'époque les doyens de l'École d'ingénieurs étaient associés avec Nelson Rockefeller et avec le Département d'Etat "dans le programme du gouvernement le plus important en matière de promotion des Relations Sud Américaines". Ainsi, en 1940, neuf officiers brésiliens étaient inscrits au programme de Construction Navale, ce qui nécessita la création d'une nouvelle chambre de dessin industriel dans les locaux pour les accueillir. Bien qu'en 1941 le programme ait subi des réformes au niveau des cours et fût interrompu pour les officiers navals américains, des dispositions furent prises pour que les officiers navals brésiliens puissent le continuer jusqu'en 1942, date d'obtention de leurs diplômes.

Avec les progrès de la guerre, le nombre d'étudiants étrangers venant de PED choisis augmentait très rapidement, en particulier ceux du Brésil, de la Turquie et de l'Inde. Des officiers navals venant du Brésil, du Chili et de la Turquie furent acceptés dans le nouveau programme de trois ans en Génie et Construction Navale, sur la demande du gouvernement américain, dans le but de contribuer à la stabilisation dans ces Etats étrangers. Pendant cette période le contingent brésilien était l'un des plus grands et la représentation de l'Amérique Latine augmenta considérablement par rapport à la période d'avant-guerre.

Tableau 2

Origine géographique choisie d'étudiants de MIT: 1939-1946

	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946
Argentine	5	6	4	7	9	12	5	8
Brésil	11	11	14	13	11	15	11	9
Chili	1	3	-	3	2	3	3	2
Mexique	8	8	9	12	10	10	9	9
Inde	4	14	11	7	7	21	27	13
Turquie	-	-	16	17	35	18	15	11
Total	29	42	54	59	76	79	70	52

Source: The MIT Bulletin, 80 (1), 1940 ; 82 (1), 1945.

Suite à la guerre, la position hégémonique des Etats-Unis fut établie, et le gouvernement US chercha à étendre son influence diplomatique à travers une politique d'éducation étrangère active. Au MIT, le programme d'été pour étudiants étrangers, créé avec l'aide du Département d'Etat, inscrivit entre 1947 et 1951 plus de 350 étudiants venant des six pays cités ci-dessus, en plus de la Corée du Sud. En 1947, il y avait 27000 étudiants étrangers inscrits dans des institutions américaines d'enseignement supérieur.

III - c. La diffusion du modèle MIT au Brésil : le cas de l'Instituto Technologico de Aeronautica (ITA).

La deuxième guerre mondiale a eu un grand impact sur le professionnalisme des militaires brésiliens. Avant la guerre, le corps d'officiers brésiliens ne possédait pas un sens clair de son rôle et avait tendance à présenter le modèle européen sous des couleurs séduisantes, dans sa compétition stratégique intermittente avec les Argentins. En 1942, l'armée brésilienne avait déjà nettement changé ses aspirations et s'est retournée vers les Etats-Unis. Mais, de manière plus importante, le niveau technique élevé de la deuxième guerre mondiale avait convaincu les Brésiliens qu'une connaissance technique supérieure était requise et que par conséquent le niveau technique de l'armée devait être haussé.

L'Armée de l'Air n'avait acquis un statut indépendant, au sein des forces armées brésiliennes, qu'en 1941. Ses corps d'officiers sont originaires du service postal de l'armée et ils étaient à l'origine imprégnés d'un fort sentiment anti-impérialiste. A l'époque où l'Armée de l'Air Brésilienne naquit en tant que corps professionnel, l'importance de l'aéronautique pour livrer des guerres était clairement démontrée. Le corps d'officiers cherchera donc dès le départ à acquérir une plus grande formation technique que ses partenaires des autres branches, comme moyen d'établir leur identité professionnelle particulière.

Alors qu'une noria d'officiers navals fréquentait le MIT vers la fin des années trente, ce ne fut qu'en 1943 que les premiers officiers de l'Armée de l'Air Brésilienne furent admis au MIT pour suivre un programme de recherches aérodynamique, sous la direction du professeur Rauauscher. En 1945, il y avait déjà 11 Brésiliens qui suivaient des programmes de troisième cycle en génie aéronautique au MIT, venant vraisemblablement de l'Armée de l'Air Brésilienne. Le groupe constituait la plus grande concentration d'étudiants étrangers dans un seul département. Quelques autres étudiants brésiliens de troisième cycle, au MIT dans d'autres branches, telles que les mathématiques, le génie mécanique et la métallurgie, iront enseigner à ITA pendant les années cinquante. Avec la création d'une commission militaire mixte Brésil - Etats-Unis, au début des années cinquante, le nombre d'officiers militaires qui fréquentaient le MIT, financés par leur gouvernement, continua d'augmenter. Il était égal à 18 en 1955. Déjà en 1949, il y avait 87 anciens étudiants du MIT au Brésil et une association avec un secrétaire avait été créée.

Il nous faut ici évoquer la figure de Richard H. Smith. Il fut recruté par le MIT en 1929, en tant que professeur associé de génie électronique. Il venait de passer de nombreuses années dans le laboratoire d'aérodynamique de l'US Navy (et avant cela dans le design d'avions au Navy Bureau of Aeronautics). Il était ancien étudiant du MIT et c'était devenu une autorité reconnue en aérodynamique et en design d'avions. Dans l'année académique 1932-33, il enseigna le design de dirigeables et la théorie des ailes [*wing theory*]. Peu de temps après son arrivée au MIT, le Dr. Smith fut chargé du programme de recherche en aérodynamique et du grand tunnel aérodynamique [*large wind tunnel*]. Il est également devenu l'administrateur - adjoint au chef du département, J.C. Hunsaker.

En 1945, suite à une demande du Ministère Brésilien de l'Aviation, Richard H. Smith obtint un congé d'un an pour organiser une école de génie aéronautique au Brésil. Smith obtiendra par la suite quelques machines-outils obsolètes du Département pour s'en servir au Brésil. En 1948, l'objectif était d'avoir quatre instituts qui formeraient les étudiants prometteurs à toutes les phases de l'aviation : R. & D., design d'avions, moteurs d'avions, navigation et dispositifs d'aide à l'atterrissage [*lands aids*].

Dès cette année-là, le premier institut de technologie aéronautique fonctionnait sous la direction du professeur Smith, et son école de génie aéronautique fut dirigée par

le Dr. Theodore Theodersen. Il s'agit d'un ancien grand scientifique de l'US National Advisory Committee for Aeronautics (NACA), qui a joué un rôle essentiel dans le développement de l'aéronautique américaine après la première guerre mondiale. Une école pour le génie de navigation aérienne fut ouverte l'année suivante, et des plans prévoyaient l'ouverture, avant 1950, des écoles d'électronique et de météorologie. Déjà à l'époque, il y avait des projets de design d'un avion adapté aux conditions brésiliennes, notamment un avion cargo.

Les Forces armées Brésiliennes s'intéressaient depuis longtemps aux questions techniques et elles étaient en partie à l'origine de la plupart des initiatives d'industrialisation prises par le Brésil remontant à 1920. L'intérêt qu'elles portaient aux questions industrielles était à l'origine motivé par le besoin de se garantir la fourniture de matériel militaire. En 1927, une mission militaire française se rendant au Brésil suggérerait la création d'une usine pour la construction d'avions de design français.

Ce n'est cependant qu'avec l'installation du gouvernement centralisateur de Vargas que l'embryon du complexe militaro-industriel brésilien a commencé à prendre forme. A ce moment-là, le principal rival du Brésil en Amérique du Sud était l'Argentine qui, à l'époque, avait déjà entamé son processus d'industrialisation. Tout au long des années trente, les efforts brésiliens pour obtenir un meilleur équipement de la part des Etats-Unis et du Royaume Uni étaient systématiquement repoussés. Jusqu'en 1939, malgré la rhétorique du programme de défense hémisphérique, Washington n'avait fourni aucune quantité importante d'équipements de qualité. Le ressentiment s'accumula au sein des Forces Armées Brésiliennes.

Ce ne fut que lorsque le Brésil rompit enfin ses relations avec l'Axe que les relations avec l'Armée semblèrent s'améliorer. Mais à ce moment-là, les officiers brésiliens étaient déjà arrivés à la conclusion qu'afin d'éviter une dépendance pour les armements, le pays devait atteindre une plus grande autonomie militaire-industrielle, et améliorer, par voie de conséquence, l'expertise technique de ses officiers. Dès 1932, une nouvelle étude de faisabilité pour la production d'avions au Brésil était effectuée.

Vers la fin des années 1930, la branche aérienne de l'armée avait ouvert une usine de montage qui produisait de petits avions de design brésilien avec des moteurs américains. Des plans furent rédigés pour une usine d'avions, et un offrandant privé avait été choisi en septembre 1939. La Fabrica Nacional de Avioes (FNA) voyait ses profits garantis par les commandes du gouvernement. Elle avait du reste obtenu plusieurs stimulants fiscaux. En 1941, le Ministère de l'Aviation prit en charge et accéléra sa construction. Des pénuries et des problèmes politiques liés à la guerre causèrent des retards, et ce n'est que quand la guerre prit fin que l'usine commença à produire des avions.

Sur le plan de l'enseignement technique, l'armée créa, vers la fin des années trente, l'Ecole Technique afin de former des techniciens et des spécialistes pour pourvoir ses usines et laboratoires en personnel. Comme la grande majorité des équipements pour ces facultés devait être importée, au milieu de l'année 1937, le Ministère de la Guerre décida de créer des commissions militaires dans les principaux pays exportateurs d'armes.

Leur objectif était d'organiser des cours techniques, ou d'apprentissage, pour des officiers brésiliens. A titre d'exemple, l'attaché militaire à Washington prit des dispositions pour que les mieux classés des officiers navals et de l'armée de l'air puissent poursuivre des études de troisième cycle au MIT, vu le changement de priorité en faveur de la formation d'ingénieurs spécialistes de l'armement, de chimie et de métallurgie.

Dans la période de l'après-guerre, étant donné les réticences des Etats-Unis à vendre de l'équipement militaire au Brésil, les officiers brésiliens deviendront encore

plus mécontents et augmentèrent leurs efforts pour améliorer l'expertise technique, à l'époque considérée comme un élément central de l'autosuffisance militaire. Beaucoup d'ingénieurs seront envoyés en Europe et aux Etats-Unis, et les progrès techniques seront améliorés.

La création du Centro Technica de Aeronautica (CTA), à côté de ITA, faisait partie de cet effort général et avait un objectif particulier de recherche emprunté au modèle MIT. Parmi les premiers projets, il y avait celui de l'ouverture "de grands laboratoires pour le développement des industries en général". La dernière étape du complexe était la création de l'Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento (PPI).

Le professeur Smith fut attiré au Brésil, comme l'ont été d'autres spécialistes américains de l'aéronautique vers la fin des années quarante, par le fait que l'orientation que l'ITA avait pris, à ses débuts dans la recherche, se focalisait sur le design et l'aérodynamique : un domaine du génie aéronautique qui était en train de perdre sa centralité dans le développement technologique des avions. La philosophie technique sous-tendant le génie aéronautique avait d'abord été centrée sur les questions de design ; les nouvelles demandes imposées par la guerre venaient de recentrer le problème fondamental sur les questions de puissance (les moteurs) et de contrôle (servomécanismes et électronique).

Du côté américain, malgré les altercations répétées au sujet des ventes d'armes qui caractérisaient l'essentiel des relations militaires (et économiques) entre le Brésil et les Etats-Unis pendant la deuxième moitié des années quarante, l'assistance technique qui devait conduire à l'autonomie [*self-help*] avait été identifiée comme moyen acceptable de coopération. Alors que les prêts du gouvernement américain, dont les dirigeants brésiliens avaient grandement besoin, tardaient à venir, l'accent fut mis sur l'assistance technique et la formation, notamment dans le domaine de l'aviation.

Ainsi, bien que le gouvernement américain refusait des prêts au Brésil pour l'achat d'importants avions modernes, les Américains désiraient ardemment aider à la création de l'ITA, en fournissant l'équipement technique et 28 ingénieurs techniciens de l'aéronautique qui aideront à créer l'école et serviront d'instructeurs.

Le vrai créateur de l'ITA est cependant l'ingénieur-colonel de l'époque, Casimiro Montenegro Filho qui, en août 1945, a convaincu le Commandement Suprême de l'Armée de l'Air de créer l'ITA à Sao José dos Campos. Son argument était qu'au lieu de dépenser de l'argent pour envoyer des gens faire des études à l'étranger, il serait moins cher et plus profitable à long terme d'amener des professeurs étrangers pour former un grand nombre d'étudiants au Brésil. Son équipe de planification était composée, outre le Professeur Smith, de trois diplômés du MIT et anciens élèves du Professeur Smith. De 1947 à 1950, les premiers cours préliminaires furent dispensés à l'Ecole de Génie Militaire de l'Armée à Rio de Janeiro. En 1950, la première promotion de 70 étudiants sélectionnés par concours national d'admission commença ses cours dans les aménagements rustiques de Sao José dos Campos.

Il semble que le rôle du gouvernement US dans le développement de l'aéronautique brésilienne soit la composante d'un projet plus grand de la diplomatie US : celle-ci cherchait dès le début des années trente à contrer l'influence allemande grandissante, et en même temps à établir les bases d'une politique américaine pour l'Amérique Latine.

III - d. L'Impact de l'ITA.

L'ITA a aidé à *forger une nouvelle identité pour les ingénieurs* brésiliens, celle de chercheurs et de managers. En même temps, il a contribué à l'enracinement de la

notion d'autonomie universitaire qui fut incorporée dans la législation plusieurs années plus tard.

L'ITA a également contribué à établir l'idée qu'il pouvait y avoir une coopération fructueuse entre le secteur académique et le secteur industriel. Plus important encore, l'esprit de l'ITA (un "*esprit de corps*") donna naissance au nationalisme technologique, une notion qui affirma la possibilité d'acquérir une indépendance économique à travers la recherche technologique. L'éventail des expressions de ce nationalisme est reflété dans les différentes expériences technologiques dans lesquelles les diplômés de l'ITA ont laissé les empreintes de leur vision du monde. Cela inclut la création d'une industrie aéronautique brésilienne (EMBRAER), le développement d'un programme spatial brésilien, le développement de l'industrie brésilienne d'ordinateurs et la modernisation de l'Etat brésilien.

Les anciens de l'ITA sont arrivés à occuper, au cours des trois dernières décennies, des postes clés dans les entreprises publiques ainsi que dans le secteur privé, national et étranger. C'est ainsi que l'expérience acquise par les anciens de l'ITA (connus également par le nom d'"*Iteanos*"), après qu'il aient occupé des positions clés dans les directions des firmes multinationales, eut un effet positif d'apprentissage sur le développement des firmes nationales d'ordinateurs ; ces firmes, lorsqu'elles furent créées, surent exploiter leurs talents et expérience.

L'idéal d'autonomie qui guidait l'institution depuis le début, et qui assurait le maintien des niveaux intellectuel et de recherche de haut niveau, fut également à l'origine de la crise que l'ITA a vécu au cours de sa première décennie. La crise est venue dans le sillage du coup d'Etat militaire de 1964. En supprimant l'autonomie du CTA (qui incluait aussi bien l'ITA que l'IPD), le gouvernement militaire provoquera le départ de son directeur et de 51 professeurs. Cela aura cependant la conséquence inattendue de favoriser la diffusion du modèle et de la pratique de recherche du MIT à travers tout le Brésil. Par exemple, l'Université de Campinas qui, dans l'espace de deux décennies, est devenue l'une des meilleures universités de recherche du Brésil, avait absorbé plusieurs anciens professeurs et diplômés de l'ITA.

Entre 1950 et 1965, l'ITA forma 447 ingénieurs aéronautiques, 312 ingénieurs électroniques et 44 ingénieurs mécaniques. Sur le total de 800 ingénieurs qu'il avait formés, 80 seulement étaient militaires. Pendant de nombreuses années, l'ITA était la seule université qui formait des ingénieurs aéronautiques et électroniques, et ses diplômés étaient souvent les fondateurs des départements équivalents dans d'autres universités brésiennes. En 1965, environ 17% des diplômés de l'ITA travaillaient dans le secteur aéronautique, soit en tant que chercheurs au CTA ou à des industries liées à celui-ci, soit en tant que professeur à l'ITA. Le secteur industriel et le monde académique ont absorbé les 72% de diplômés de l'ITA qui restent, avec 13% dans l'industrie électronique et 6% dans l'enseignement supérieur.

C'est peut-être dans ce segment que l'impact de l'ITA est plus difficile à mesurer, mais c'est le plus important. Car la diffusion d'un haut niveau de pratique de recherche au sein de l'établissement académique, associée à une vision industrielle pratique, ont beaucoup contribué à la transformation de quelques universités brésiennes en véritables universités de recherche, et ont contribué indirectement à la création d'une identité de chercheur reconnue valable ; pas nécessairement associé à des objectifs scientifiques abstraits, mais plutôt à des solutions concrètes, basées sur la science, aux problèmes industriels.

CONCLUSION

Les modèles institutionnels étrangers sont des outils potentiellement importants pour la réforme des systèmes de science et de technologie stagnants. Cependant, le

processus qui conduit à la diffusion d'un nouveau modèle est historiquement contingent. Des intérêts professionnels ou d'affaires peuvent contribuer à son façonnement, mais sa solidification est souvent le produit d'accidents de l'histoire. Ainsi, la lutte entre chimistes purs et appliqués au MIT au début de ce siècle, fut résolue pour une large part par la première guerre mondiale et la montée consécutive de l'industrie chimique américaine qui créa une demande d'ingénieurs chimiques, plutôt que de chimistes purs.

D'une part, le modèle MIT qui émergea à l'époque n'était pas le simple reflet des intérêts du monde des affaires, comme l'affirme Noble. Il était le résultat de processus socio-politiques contingents et beaucoup plus complexes, dans lesquels des buts professionnels et des valeurs entrèrent en conflit. D'autre part, des hauts niveaux de professionnalisation de l'ingénierie ne sont pas nécessairement la garantie d'une recherche appliquée de haut niveau qui contribue effectivement au développement national. C'est ce que montre le cas de l'Egypte, où les ingénieurs ont été hautement professionnalisés pendant longtemps sur des bases excessivement corporatistes. Cela avait conduit à un statut social élevé pour le segment de l'ingénierie qui avait acquis une reconnaissance professionnelle de la part de l'Etat. Mais cette reconnaissance n'a pas abouti à une valorisation de leur connaissance technique, et encore moins à la diffusion de l'idéal de la recherche appliquée.

Dans les PED, mais tout autant aux Etats-Unis, la montée de la recherche dans le secteur privé est un processus complexe. Il n'y avait rien de magique dans la recherche ou dans la culture américaine qui avait amené les universités et les industries à épouser la recherche d'un jour à l'autre. Le laboratoire de recherche de l'entreprise émergea pour une large part des intérêts liés à une concurrence accrue ; et des conflits entre la recherche et les managers au sujet de la recherche pure/appliquée ont continué à avoir lieu pendant des décennies.

Le cas de l'ITA au Brésil, et en particulier la manière dont il a marqué le système de la recherche, révèle le caractère contingent du résultat de toute réforme. De l'exportation classique d'un modèle institutionnel impérial a émergé une institution nationaliste renforcée, qui injecta un nationalisme plus mûr dans le reste du système. Grâce à la répression exercée par le régime militaire, il y a eu une dispersion du personnel qui a accéléré le rythme de la diffusion du modèle et lui donna en même temps les moyens de sa survie, quand le régime militaire se tourna vers la science et la technologie vers la fin des années soixante.

En contraste clair avec l'expérience de l'ITA, est le cas des IIT de l'Inde qui, bien qu'ils forment beaucoup d'ingénieurs de haut niveau et produisent une recherche de qualité, restent largement isolés dans le système académique et de recherche indien, globalement stagnant. Le principal impact des IIT a probablement été dans les laboratoires gouvernementaux orientés vers des missions et, peut-être, disent les experts, dans des compagnies américaines qui embauchent et importent ses diplômés très qualifiés.

Une dernière observation fait référence à la notion de Centre et de Périphérie. Nous avons été formés pour penser au Centre en termes de source de tout le bien et de tout le mal, la Périphérie étant stagnante et marginale dans le processus global de développement. Le type de diffusion du modèle MIT dans les PED semble aller à l'encontre de cette vision de sens commun. Ici, un modèle central est adopté par une institution périphérique dans la nation hôte, et peut éventuellement se diffuser dans le reste de la nation. Qu'il se diffuse effectivement ou non n'est pas garanti à l'avance. Ce qui cependant semble être plus certain, c'est que l'institution périphérique va grandir pour entrer en compétition avec les institutions centrales dans la nation et, heureusement, établir les bases d'une compétition future avec la nation dont le modèle est originaire.