

# DES PLATES-FORMES TECHNOLOGIQUES POUR « RESTER DANS LA COURSE » ? CERTITUDES DE POLITIQUE SCIENTIFIQUE ET MISE EN FORME DES INCERTITUDES LOCALES

Matthieu HUBERT

*PACTE Politique-Organisations, Université de Grenoble, France*

## POUR CITER CET ARTICLE :

Hubert M., 2009, Des plates-formes technologiques pour « rester dans la course » ? Certitudes de politique scientifique et mise en forme des incertitudes locales, in : Y. Chalas, C. Gilbert, D. Vinck (dir.), *Comment les acteurs s'arrangent avec l'incertitude*, Éditions des Archives Contemporaines, Paris, p.77-94

## INTRODUCTION : LES CERTITUDES DE POLITIQUE SCIENTIFIQUE

Dans de nombreux pays, de grands programmes de recherche sont lancés par les pouvoirs publics pour soutenir la production de connaissances scientifiques et techniques liées au domaine des nanotechnologies<sup>1</sup>. La recherche sur les nanotechnologies se présente comme un « nouvel eldorado » d'explorations et d'applications potentielles à l'échelle du nanomètre. Pourtant, du point de vue des acteurs concernés, la possibilité de « rester dans la course » aux nanotechnologies n'est pas assurée. En particulier, les enjeux de cette compétition scientifique internationale se posent en termes de capacité à investir dans des technologies de recherche diverses et coûteuses. L'accès à ces ressources est source de préoccupations pour les chercheurs, techniciens, ingénieurs et responsables des institutions scientifiques concernés et aspirant à se maintenir « sur le front » de la recherche.

La tendance à une instrumentation toujours plus variée, coûteuse et sophistiquée étant considérée comme une « donnée » propre à la dynamique de ce domaine de recherche, la solution formulée par les responsables de politique scientifique nationale prend alors forme autour de la notion de « plate-forme technologique » dont l'objet est la « mutualisation » d'un ensemble de technologies de recherche<sup>2</sup>. Cette solution se formalise dès 2003 par la mise en place d'un « réseau des grandes centrales technologiques pour la recherche de base en micro et nanotechnologies » : « Lors de mon arrivée au ministère, j'ai demandé qu'un effort particulier soit porté sur la *constitution de plates-formes technologiques* au meilleur niveau, pour concevoir les procédés technologiques élémentaires du futur et mettre au point les filières d'assemblage autour d'un réseau de quatre grandes centrales technologiques qui puissent être compétitives au niveau mondial<sup>3</sup>. »

L'idée de départ justifiant la mise en œuvre de plates-formes paraît donc simple : acheter et maintenir en fonctionnement les instruments de recherche coûtent de plus en plus cher et exigent toujours plus d'expertise ; *or* le besoin d'une instrumentation toujours plus sophistiquée et toujours plus variée se fait de plus en plus crucial ; *donc* la mutualisation des technologies de recherche, la rationalisation et l'optimisation de leur utilisation est nécessaire afin de répondre à l'inflation qualitative et quantitative des besoins en

---

<sup>1</sup> Ces dernières années, parmi les principaux programmes lancés, on trouve la *National Nanotechnology Initiative* aux États-Unis et le septième programme cadre européen (dont un volet est explicitement consacré au développement des nanotechnologies). A ces programmes d'investissements publics s'ajoutent les investissements privés provenant de nombreux secteurs économiques (informatique, électronique, chimie, pharmacie, cosmétique, textile, etc.).

<sup>2</sup> La solution « plate-forme technologique » n'est pas nouvelle : elle s'est imposée dans de nombreux domaines de la recherche biomédicale (Keating et Cambrosio, 2003) ou génomique (Peerbaye, 2004 ; Louvel, 2009) nécessitant une instrumentation « mi-lourde ».

<sup>3</sup> Discours du ministre déléguée à la recherche et aux nouvelles technologies devant l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques (le 23 janvier 2003).

instrumentation. Les plates-formes sont alors présentées comme la principale réponse aux incertitudes ouvertes par les besoins en instrumentation croissants de chercheurs et institutions de recherche engagés dans la compétition scientifique internationale.

Pourtant, la mise en œuvre de plates-formes ne peut être réduite à une simple décision de politique scientifique nationale. Ainsi, le copilotage du « réseau des grandes centrales technologiques » par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) et le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) fait l'objet de « stratégies quelque peu différentes » de la part des deux institutions porteuses<sup>4</sup> : alors que le CNRS demande un soutien pour l'achat de nouveaux équipements répartis sur le territoire français au sein de chacune des « centrales technologiques » ainsi constituées, le CEA concentre ses efforts de recherche sur une « centrale technologique » dite « LETI-MINATEC ». En effet, à cette même période, le CEA Grenoble (et en particulier un de ses laboratoires, le LETI) participe activement à la mise en place du pôle de recherche MINATEC dont l'ambition est de regrouper sur un même site quelques 3500 ingénieurs, chercheurs et universitaires autour d'importants moyens technologiques<sup>5</sup>.

A première vue, ce pôle MINATEC semble matérialiser les discours de politique scientifique nationale faisant de la mise en œuvre de plates-formes technologiques la condition pour « rester dans la course » de la compétition scientifique internationale : « Il fallait considérablement augmenter nos moyens et nos compétences pour *pouvoir suivre cette course*. Il nous fallait d'abord un bouquet de plates-formes de stature mondiale ; des plates-formes technologiques qui seules permettent de jouer dans la cour mondiale. [...] Tout ceci, cela fait un immense besoin de bâtiments, de salles blanches et d'installations et c'est aussi pour ça que nous avons besoin des 45000 mètres carrés de MINATEC pour pouvoir permettre de développer ces plates-formes technologiques<sup>6</sup>. »

Cependant, en observant de plus près les plates-formes ainsi constituées, la mise en place au niveau national du dispositif de politique scientifique –le « réseau des grandes centrales technologiques »– s'avère jouer un rôle relativement périphérique dans le processus de constitution de chaque plate-forme considérée. Au contraire, la plupart des plates-formes révèle même une dynamique et des logiques de constitution qui lui sont propres. De plus, le fonctionnement de ces plates-formes technologiques ne fait apparaître aucun consensus sur « la bonne manière » de réguler les accès et les modalités d'usage des instruments de recherche. Se constituent ainsi une certaine diversité de plates-formes, dont les formes de régulation varient selon les jeux d'acteurs locaux et leur degré de prise en compte de pratiques scientifiques préexistantes. La mise en œuvre de chaque plate-forme dépend alors en partie d'attentes et de stratégies spécifiques, propres à des cultures scientifiques et techniques locales, dont certaines s'inspirent fortement des pratiques de l'industrie alors que d'autres relèvent d'une recherche dite fondamentale ou académique. Il devient délicat d'y déceler les effets d'un modèle unique de plate-forme. Un consensus semble même progressivement se dessiner parmi les acteurs locaux sur l'intérêt de ne pas imposer un tel modèle et de conserver un éventail de possibilités.

Ainsi, chaque plate-forme observée semble se constituer sur la base conjointe d'incertitudes globales (comment « rester dans la course » de la compétition scientifique internationale ?), de certitudes de politique scientifique (il faut mettre en œuvre des plates-formes technologiques) et d'incertitudes locales (comment réguler le fonctionnement de plates-formes technologiques respectant des pratiques scientifiques localement préexistantes ?).

Ce chapitre s'intéresse aux processus de *mise en forme de ces incertitudes locales* en retraçant la genèse et les conditions de formation de deux plates-formes technologiques du pôle MINATEC. Dans les deux cas, cette mise en forme n'est pas la mise en œuvre tel quel d'un modèle de plate-forme. La solution « plate-forme » ne s'impose pas d'elle-même. Elle nécessite un travail local d'organisation des incertitudes (Louvel, 2009) qui s'attache à inscrire les plates-formes considérées dans des réseaux de coopération locaux ou à aligner les modalités de régulation de ces plates-formes sur des pratiques expérimentales préexistantes. La première partie du chapitre insiste sur le couplage progressif entre organisation des

---

<sup>4</sup> Premier rapport d'activité du réseau des grandes centrales technologiques, 2003, p4.

<sup>5</sup> LETI : Laboratoire d'électronique et des technologies de l'information. MINATEC, acronyme de MIcroNAAnoTEChnologies.

<sup>6</sup> Source : discours du directeur du CEA Grenoble lors de la commémoration des 50 ans du CEA Grenoble.

activités expérimentales et inscription dans des réseaux de coopération locaux. La seconde partie retrace le long cheminement vers la prise en compte de pratiques scientifiques préexistantes.

## **L'INSCRIPTION DANS DES RÉSEAUX DE COOPÉRATION LOCAUX**

Si le pôle MINATEC peut *a priori* apparaître comme le résultat certain de décisions de politique scientifique, les plates-formes technologiques qu'il abrite n'émergent pas de rien. Elles sont le résultat de processus –plus ou moins rapides- d'accumulation et de regroupement de technologies de recherche, éventuellement ré-étiquetées « plate-forme » *a posteriori*. C'est le cas de la plate-forme technologique du LETI dont l'histoire pose la question de l'ouverture progressive d'un ensemble de technologies de recherche à des partenaires extérieurs. En effet, avant d'être une plate-forme technologique ouverte à de nombreux utilisateurs externes, les « salles blanches » du CEA-LETI se sont d'abord constituées comme un ensemble d'instruments de haute technologie et une infrastructure de recherche considérée comme unique en France.

### **L'imbrication dans des partenariats industriels locaux**

Les premiers investissements sont réalisés par le CEA Grenoble dès 1982. Le LETI s'équipe alors d'un centre de microélectronique qui est inauguré en 1985 et comprend alors 6000 mètres carrés de nouveaux bâtiments (dont 2000 mètres carrés de salles blanches). Dès 1986, ces infrastructures supportent un accord de collaboration entre le LETI, le centre de recherche de France Telecom et SGS Thomson dont le principal objectif affiché est l'intégration de cent millions de transistors sur une puce. En 1989, 8500 mètres carrés de salles blanches sont à nouveau mis en chantier pour accueillir la dernière génération de machines (pré)industrielles supportant des technologies « 200 millimètres ». Ces salles blanches et les machines préindustrielles qui occupent de telles infrastructures sont le support de nombreux transferts de technologie. Ces transferts passent non seulement par la création de nouvelles entreprises (SOITEC, Tracit Technologies, Sofradir-Ulis, etc.) mais aussi par la constitution de partenariats industriels forts avec de grandes entreprises installées localement (STMicroelectronics, Thalès, etc.). Ces partenariats industriels se matérialisent par la circulation de prototypes entre les infrastructures du LETI et celles de ces industriels. Ils se concrétisent également dans certains cas par des échanges de personnels qui renforcent encore l'imbrication réciproque entre certains de ces industriels et le LETI.

Au début des années 2000, la question de nouveaux investissements en infrastructures pour la microélectronique se pose à nouveau pour les dirigeants du CEA Grenoble qui s'interrogent alors sur la possibilité pour un laboratoire public de poursuivre la course aux investissements dans laquelle sont lancés les industriels de la microélectronique. Il s'agit maintenant d'investir dans des technologies dites « 300 millimètres ». La possibilité de tels investissements est finalement assurée par la signature d'un nouvel accord de partenariat entre le CEA-LETI et des industriels locaux de la microélectronique, eux-mêmes rassemblés à proximité de Grenoble autour d'une nouvelle « Alliance ». Cet accord de partenariat, baptisé Nanotec 300, est finalement signé en 2002 et mis en œuvre en 2003 : il se concrétise au travers de la constitution d'une nouvelle plate-forme technologique au sein du LETI.

Avant même la matérialisation du pôle MINATEC et le lancement du « réseau des grandes centrales technologiques », le LETI bénéficie donc de la signature du programme Nanotec 300 avec les industriels de l'Alliance qui aboutissent sur de nouveaux importants investissements en infrastructures et technologies de recherche. La constitution de l'Alliance est une aubaine pour le LETI et la contingence d'un tel événement est soulignée par le directeur du CEA Grenoble qui le considère comme une « chance » (commémoration des 50 ans du CEA Grenoble, 2006). Mais cette aubaine a un coût. Afin de répondre à ces nouvelles collaborations et aux contraintes propres à ses partenaires de l'Alliance, le LETI s'engage alors dans une grande réorganisation couplant encore davantage l'organisation et les technologies de recherche du LETI avec les développements des industriels de l'Alliance. En particulier, et comme je vais maintenant le détailler, le LETI se réorganise en regroupant, d'un côté, les personnels de recherche en

centres de compétences et, d'un autre côté, les personnels de support et les instruments de recherche sous forme de plates-formes technologiques.

### **Une nouvelle division du travail expérimental**

Outre les objectifs déjà identifiés quant à la mise en œuvre de plates-formes technologiques (partager les investissements et les coûts de fonctionnement, rationaliser et optimiser l'utilisation des instruments, etc.), la réorganisation du LETI s'accompagne de la mise en place d'un fonctionnement en continu et d'une division des tâches entre d'un côté, des techniciens, ingénieurs et chercheurs en charge de la *conception* de dispositifs techniques et, d'un autre côté, des techniciens et ingénieurs en charge de la *réalisation* de ces dispositifs au sein de ce qui est désormais désigné sous le terme de « plate-forme technologique ».

La nouvelle organisation s'appuie sur l'existence d'un « Département plate-forme technologique silicium ». Ce dernier est divisé en différents services. L'un d'eux, le « SDOT » ou « Service des opérations technologiques », assure concrètement la réalisation des activités sur les plates-formes technologiques. Les cent-soixante dix ingénieurs et techniciens<sup>7</sup> du « SDOT » sont répartis en différents ateliers (« Photo », « Gravure », « Dépôts », « CMP », etc.) et en cinq équipes assurant un fonctionnement vingt-quatre heures sur vingt-quatre et sept jours sur sept. Ils sont également chargés du suivi et de la maintenance des équipements. Leur tâche consiste également à réaliser de manière « autonome » des « opérations génériques » ou peu innovantes. Autrement dit, le fonctionnement est « autonome » pour les opérations récurrentes et des projets technologiques considérés comme « matures ». Il en va ainsi pour les « briques de base », revenant d'un projet ou d'une technologie à l'autre et pour lesquels les paramètres de réalisation sont bien maîtrisés. Ces « empilements stabilisés » sont supposés être plus facilement « externalisés » à la plate-forme technologique.

Je ne rentre pas dans les détails des contestations internes ayant accompagné cette réorganisation (et touchant en particulier à la redéfinition des postes et des manières de travailler). Je me focalise ici et dans la suite du texte sur les conséquences de cette organisation pour les utilisateurs de ces plates-formes et la manière de conduire leurs activités expérimentales.

En effet, outre les limites d'une telle division du travail pour l'accumulation de connaissances des personnels du SDOT, ce fonctionnement pose parfois problème aux utilisateurs de la plate-forme (qui sont essentiellement des utilisateurs internes au LETI). Ces problèmes apparaissent notamment dès que la complexité ou le caractère exploratoire des activités ou des objets de recherche augmente. Déléguer ou faire faire devient plus problématique pour des étapes de fabrication peu matures. C'est pourquoi, pour les « programmes de développement les plus en amont », l'organisation formelle de la nouvelle plate-forme prévoit que les personnels du SDOT travaillent « en binôme avec les personnels des Labos ». En effet, une telle division du travail entre le SDOT et les « personnels des Labos » nécessite de pouvoir prescrire et formaliser les activités à réaliser et exclut les ajustements et tâtonnements seulement possibles lors d'une interaction directe avec la machine. Au contraire, le travail « en binôme » doit, selon les responsables du LETI, rendre possible de tels tâtonnements qui prennent souvent la forme d'interactions directes avec la machine et de boucles d'apprentissage de type essai / erreur. La nouvelle division du travail expérimental imaginée par les responsables du LETI doit donc s'ajuster selon le projet de recherche considéré.

### **La prolifération des intermédiaires entre les chercheurs et les instruments**

La constitution de « binômes » entre personnels du SDOT et personnels des laboratoires n'est cependant pas suffisante pour assurer une bonne articulation entre les deux activités de conception et de réalisation des dispositifs techniques. Pour palier à cette insuffisance, les responsables du LETI mettent rapidement sur pied un service intermédiaire chargé de faire l'interface entre les usagers et la plate-forme est mis en place : il s'agit du « Service support et interface technologique ». Ce service est supposé venir supporter et équiper la relation entre les activités de réalisation des « opérations technologiques » et « l'ensemble des clients internes et externes » (autrement dit, les utilisateurs, concepteurs et porteurs de projets). Ce travail

<sup>7</sup> Chiffre de fin 2005. 25 à 30 % d'ingénieurs.

d'« équipement de l'organisation » (Vinck et Penz, 2008) doit notamment prendre la forme de plannings, de soutien technique et méthodologique aux personnels du SDOT et aux utilisateurs, et de formation de ces mêmes personnels et utilisateurs.

De manière plus générale, la nouvelle division du travail expérimental qui est mise en place s'accompagne d'une prolifération d'intermédiaires capables de maintenir la coordination entre les activités qui ont été dissociées. Ce fonctionnement en plate-forme se traduit pour les utilisateurs par la mise en œuvre de procédures de fonctionnement qui compliquent l'accès aux instruments en multipliant les intermédiaires entre l'instrument et son utilisateur. Des formulaires de demande (« fiche interne d'opportunité ») ou des plannings d'inscription deviennent nécessaires. Des « carnets de lot » s'insèrent entre la machine et son utilisateur et obligent ce dernier à formaliser *a priori* tous les paramètres d'une séquence d'opérations ou d'expériences. Ces intermédiaires, qui sont pour la plupart importés de l'industrie microélectronique, sont porteurs de nouvelles contraintes pour les pratiques scientifiques.

Ce constat rejoint celui fait par Benjamin Sims (1999). Selon ce dernier, la division du travail scientifique à l'intérieur et l'extérieur d'un laboratoire de test expérimental s'accompagne d'un ensemble d'intermédiaires –compétences incorporées, objets matériels, représentations symboliques- dont la circulation joue un rôle épistémique qu'il convient d'étudier. En effet, les pratiques scientifiques et techniques ne sont pas reproduites mais sont transformées au travers de cette circulation entre différents contextes d'usage. Seule une circulation plus importante des intermédiaires –humains et non-humains- permet de stabiliser davantage les pratiques scientifiques d'un contexte à l'autre. Cependant, la division et la coordination du travail au sein du laboratoire n'est pas une donnée intrinsèque du travail scientifique. Elle n'est pas non plus une simple différenciation des rôles entre techniciens, ingénieurs, chercheurs et doctorants. Les choix faits concernant la division des tâches et la coordination des activités affectent fortement les connaissances effectivement produites (Sims, 1999). C'est ce point que je vais maintenant tenter d'approfondir en considérant le cas d'une seconde plate-forme qui s'est largement constituée en opposition avec les modalités de fonctionnement de la plate-forme du LETI.

## **LA PRISE EN COMPTE DES PRATIQUES PRÉEXISTANTES**

Que faut-il retenir de la constitution de la plate-forme technologique du LETI telle que je l'ai partiellement restituée dans la partie précédente ? Principalement ceci : la constitution de cette plate-forme s'inscrit profondément dans des réseaux de coopération locaux –notamment industriels- dont les effets se font sentir jusque dans l'organisation même de la plate-forme technologique. En particulier, la division du travail et la prolifération des intermédiaires nécessaires à la coordination entre les activités dissociées se heurtent aux pratiques scientifiques et techniques préexistantes. Au sein du LETI, j'ai rapidement exposé quelques-uns des ajustements qui ont accompagné cette réorganisation. Je voudrais maintenant exposer plus en détail les problèmes rencontrés par les chercheurs extérieurs au LETI lorsqu'ils sont venus utiliser les technologies de recherche de la plate-forme technologique du LETI dans le cadre du « programme PLATO » (ce qui signifie « plate-forme technologique ouverte »). Commençons ici par décrire les conditions d'émergence de ce programme PLATO.

### **Le succès et l'échec du mouvement d'ouverture vers la communauté académique**

A la fin des années 1990, le LETI, bien que fortement engagé dans des partenariats industriels, souhaite ouvrir ses infrastructures et technologies de recherche à la communauté académique. L'idée des responsables du LETI est de rester en contact avec les recherches dites « amont » ou « fondamentales » afin de garder une longueur d'avance sur les développements réalisés par les industriels. Ainsi, le programme « PLATO Microélectronique du futur » se propose de mettre à disposition de la communauté scientifique nationale des équipements de type industriel, pour la conception et la validation de nouveaux composants électroniques.

Cette ouverture se concrétise doublement par, d'une part, la mise en place en 1999 d'une « plate-forme technologique ouverte » (baptisée PLATO) et d'autre part, en 2000, par la création du Laboratoire des Technologies de la Microélectronique (LTM). Ce double mouvement fait l'objet d'un accord spécifique entre le CEA et le CNRS : d'un côté, le LETI accueille les chercheurs académiques pour mener des projets de recherche technologique ; d'un autre côté, le CNRS investit des équipes sur le site du CEA en créant le LTM. Le LTM se développe rapidement grâce à son positionnement original, articulant activités et objets de recherche industriels d'une part –via de nombreuses collaborations industrielles- et activités et objets de recherche plus exploratoires d'autre part. Le LTM bénéficie à ses débuts également de l'important soutien promis par le CNRS. Il passe rapidement de 5 ou 6 membres fondateurs à une soixantaine de membres en 2005 (dont une trentaine de permanents).

Le LTM bénéficie ainsi non seulement de son accès privilégié aux équipements industriels et aux salles blanches du CEA mais aussi d'instruments de recherche et d'un espace d'expérimentation qui lui sont propres, autorisant développements instrumentaux et activités de recherche plus exploratoires. Si, du point de vue du LTM, la création du LTM a constitué un « véritable succès », la structure PLATO susceptible d'accueillir les chercheurs académiques « n'a pas bien marché ». Seuls quelques projets ont été accueillis : la structure, « trop rigide », n'était pas adaptée pour des projets de recherche amont.

La rigidité dénoncée ici renvoie bien sûr aux contraintes d'accès propres au CEA et aux contraintes d'utilisation portant sur les activités et les objets de recherche (qui ont été exposées précédemment). De telles contraintes, expliquent pour l'essentiel, selon de nombreux chercheurs de laboratoires académiques, l'échec relatif du programme PLATO : l'ouverture de la plate-forme technologique du LETI à différents partenaires académiques reste fortement limitée, à l'exception faite de l'ouverture déjà mentionnée en direction du LTM. Lors des « journées annuelles du LETI », un responsable du LETI justifie cet échec en disant son laboratoire « tiré vers l'aval par sa mission centrale de valorisation auprès des industriels ». En d'autres termes, le transfert de technologies vers l'industrie reste et demeure la principale priorité du LETI et de sa plate-forme.

S'ils ne sont pas repoussés par les priorités affichées par la plate-forme technologique du LETI, les chercheurs des laboratoires académiques sont donc confrontés à de nouvelles incertitudes : la perte d'accès direct aux instruments et l'impossibilité de venir modifier les instruments ne leur permettent pas de mener ce qu'ils considèrent être une « véritable » activité de recherche exploratoire. Ces contraintes semblent toucher à l'activité même des chercheurs académiques engagés dans de telles recherches. Si ces contraintes d'accès aux infrastructures et aux technologies de recherche du LETI remettent en cause la possibilité même de réaliser un « véritable » travail de recherche, c'est que ces contraintes ne se limitent pas à des rigidités organisationnelles et des « lourdeurs administratives ». Elles touchent également aux contenus même des recherches engagées sur cette plate-forme. C'est ce que je vais tenter de montrer dans la suite.

## **Nouvelles réglementations et nouvelles contraintes pour la pratique scientifique**

Les contraintes sur les modalités d'utilisation des instruments de la plate-forme technologique du LETI ne s'arrêtent pas aux contraintes d'accès. Aux contraintes que l'on peut qualifier d'organisationnelles s'ajoutent d'autres contraintes touchant plus directement aux contenus techniques et scientifiques des recherches engagées. Comme les contraintes d'accès, les contraintes d'utilisation sont également relayées aux utilisateurs au travers de différents médiateurs. Je retiendrai ici deux de ces puissants médiateurs pour décrire rapidement les effets de ces contraintes d'utilisation : les *wafers* et les *roadmaps*.

Le premier prend la forme de standards de dimensionnement des échantillons –ou plaquettes ou *wafers* selon les terminologies indigènes. En effet, l'industrie microélectronique utilise des standards d'intensité de traitement collectif, mesurée par la dimension des échantillons servant de support à la fabrication collective des circuits intégrés. L'ensemble des instruments de fabrication et de caractérisation sont alors « calibrés » pour accueillir le standard retenu. La plate-forme technologique du LETI est équipée de tels instruments –en 100, 150, 200 et 300 millimètres- afin de réaliser ses prototypes dans des conditions industrielles et de faciliter les transferts de technologie.

Mais, selon les chercheurs académiques, l'usage de ce standard augmente le coût des échantillons et affecte la possibilité d'explorations multiples, notamment pour les recherches plus fondamentales. Il limite également les possibilités de collaborations avec des laboratoires extérieurs en compliquant la circulation et la manipulation des échantillons sur d'autres instruments ne répondant pas au même standard industriel. Les échantillons sont alors trop grands et doivent être « clivés » pour être utilisés. Symétriquement, les échantillons plus petits provenant de laboratoires extérieurs doivent être collés sur des substrats répondant au standard voulu pour être utilisés sur la plate-forme technologique du LETI. Paradoxalement, le standard industriel impose donc parfois le recours aux pratiques de « bricolage » qu'il était supposé rendre caduques.

Outre ces contraintes de standardisation technique, d'autres contraintes sont portées par la dynamique propre de l'industrie microélectronique. Cette dynamique s'appuie notamment sur des *roadmaps* technologiques, matérialisant un certain consensus de la communauté internationale des industriels et principaux centres de recherche du domaine quant aux prochains défis à relever pour poursuivre la miniaturisation et l'amélioration des performances des dispositifs électroniques. Cette dynamique spécifique affecte le fonctionnement des plates-formes technologiques en limitant notamment les options dans le choix des matériaux utilisés. Autrement dit, comme certains matériaux peuvent être contaminants pour d'autres, l'usage de certains matériaux exclut l'usage d'autres matériaux sur un même instrument. Il s'agit alors d'une forte contrainte stratégique qui limite (ou complique) les possibilités de recours à la plate-forme technologique du LETI pour des recherches plus exploratoires.

Toutes ces contraintes d'accès ou d'utilisation des technologies de recherche expérimentale expliquent donc ce qui est considéré comme l'« échec » de l'ouverture de la plate-forme technologique du LETI aux laboratoires académiques (à l'exception notable du LTM qui a pu, notamment grâce à sa proximité physique avec les infrastructures du LETI, s'approprier un espace expérimental propre). Pourtant, malgré cet échec, ce programme d'ouverture, le programme PLATO, ne laisse pas indifférent les chercheurs académiques locaux. Au contraire, ces derniers sont suffisamment concernés par ces accès aux infrastructures et technologies expérimentales du LETI pour tenter, dans un premier temps, de sauver le programme PLATO puis, dans un second temps, de trouver une alternative au programme PLATO. Je vais brièvement rendre compte de ces deux temps.

### **« Inquiétudes » des chercheurs académiques et ultimes tentatives pour sauver PLATO**

Si les contraintes d'accès et d'utilisation des infrastructures et technologies expérimentales du LETI dans le cadre du programme PLATO repoussent les chercheurs académiques, ces derniers sont néanmoins particulièrement intéressés par ces mêmes infrastructures et technologies expérimentales. C'est notamment le cas des chercheurs académiques, enseignants-chercheurs et responsables scientifiques de l'Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG). Ainsi, pour palier à la « rigidité » du programme PLATO, les responsables de l'INPG mettent sur pied un « Centre de projets en microélectronique avancée » ou « CPMA » dont l'objectif est justement d'organiser l'accès des chercheurs de l'INPG au programme PLATO. La raison d'être de cette nouvelle structure et les doutes liés à sa mise en œuvre concrète sont bien décrits par le Rapport du Conseil National D'Évaluation de l'INPG (2001-2002, p.97) :

« Le CPMA : un point d'interrogation. Le CPMA a été proposé par l'INPG et créé en 1999 dans le cadre de son contrat quadriennal. Il a pour objet "d'organiser, sous la forme de projets, l'activité scientifique des chercheurs du monde académique avec PLATO". Cette politique devait être menée en priorité en Rhône-Alpes, mais le CPMA avait également une vocation de point d'entrée national des chercheurs d'autres laboratoires sur PLATO. Cette structure sans financement institutionnel a sans doute facilité des coopérations entre quelques laboratoires de Rhône-Alpes [...] et avec le LETI, et a, peut-être un peu, contribué à l'ouverture du LETI vers le monde des laboratoires publics. Cependant, la structure n'a pas fait montre d'une lisibilité et d'une efficacité suffisantes : les laboratoires hors Rhône-Alpes avaient tout intérêt à s'adresser directement à PLATO pour établir des collaborations. Par ailleurs, une efficacité bien supérieure a été obtenue par le LTM, intégré directement dans les locaux du LETI. Le CNRS, quant à lui, n'a jamais eu de positionnement clair à propos du CPMA : par exemple, le directeur du CPMA n'a pas été

nommé par le CNRS. Le Ministère a apporté un financement accru à mi-parcours pour ouvrir le portail aux demandes hors région Rhône-Alpes : il lui appartient de vérifier si les services rendus ont été à la hauteur des investissements apportés. »

Autrement dit, cette nouvelle structure dont l'objectif était de palier aux insuffisances de PLATO n'est que partiellement parvenue à son objectif. En particulier, le CPMA n'a pas explicitement reçu le soutien du CNRS. Ces « inquiétudes vis-à-vis du CNRS » sont reprises un peu plus loin dans le même rapport d'évaluation des activités de l'INPG (2001-2002, p.99) :

« **Inquiétudes vis-à-vis du CNRS.** Plusieurs interlocuteurs ont fait part de difficultés ressenties pendant l'année 2001 à avoir un retour du CNRS sur un certain nombre de projets. Actuellement encore, la situation aussi bien institutionnelle (avenir du CPMA) que géographique (date et conditions du déménagement sur le Polygone) crée des incertitudes et suscite une certaine inquiétude. Une situation très ambiguë règne concernant le CPMA, interface nationale prévue pour l'accès aux équipements de la structure PLATO du LETI-CEA. Le CNRS n'a toujours pas réagi officiellement au projet, qui fait pourtant l'objet d'une contractualisation, ce qui rend de fait inopérante la structure : par exemple, le directeur opère actuellement de façon officieuse, et n'a pas encore été nommé officiellement. Ce malaise s'est évidemment accentué avec les rumeurs de disparition du CPMA. Certains interlocuteurs ont suggéré qu'il s'agirait peut-être de difficultés internes au CNRS, liées à la récente création d'un département STIC [Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication] qui peine à trouver ses marques, mais le préjudice sur le site de Grenoble de ces éventuels dysfonctionnements internes au CNRS mérite d'être signalé. » (Caractères gras originaux)

Le message à destination du CNRS est donc clair : celui-ci doit prendre position vis-à-vis du CPMA au risque, dans le cas contraire, de rendre la structure inopérante. Mais face à l'absence de réaction et au silence du CNRS, l'INPG et le CEA envisagent la création d'une autre structure, le « Centre de projets MINATEC » ou « CP MINATEC », venant remplacer le CPMA existant mais toujours inopérant. Cependant, l'intérêt d'un tel remplacement ne semble pas convaincre les mêmes évaluateurs de l'INPG (2001-2002, p.97) : « il faudrait par ailleurs expliquer de façon convaincante pour quelles raisons [Le CP MINATEC] pourrait être plus efficace que ne l'a été le CPMA : en d'autres termes, pourquoi un intermédiaire serait de nature à mieux garantir l'accès aux plates-formes technologiques que des demandes directes des utilisateurs auprès des dites plates-formes. »

La réponse du directeur de l'INPG qui conclut ce même rapport ne permet pas vraiment d'évacuer les critiques formulées par les évaluateurs de l'INPG : « l'accès à la plate-forme PLATO du CEA/LETI sera géré par un Comité de projets MINATEC qui reprend les attributions de l'ex CPMA, avec en plus la possibilité de voir 15% des activités sur PLATO libres de toute utilisation recherche ». Les deux tentatives (CPMA puis CP MINATEC) pour sauver le programme PLATO ne semblent guère convaincantes et s'avèreront finalement peu efficaces. Les chercheurs académiques –dont ceux de l'INPG– devront alors envisager la constitution d'une nouvelle plate-forme alternative au programme PLATO pour accéder à des infrastructures et des technologies expérimentales plus en adéquation avec leurs attentes.

### **Se fédérer pour constituer une nouvelle plate-forme technologique**

La solution alternative au programme PLATO est la constitution de la « PTA » ou « plate-forme technologique amont ». La FMNT ou « Fédération des micros et nanotechnologies » compte parmi les acteurs importants de cette constitution. En effet, si, le CNRS semble ignorer les initiatives de l'INPG pour créer des structures facilitant l'accès au programme PLATO (le « CPMA » et le « CP MINATEC » précédemment évoqués), il soutient à cette même période la création de la « fédération de recherche n°2542 ». Cette fédération instituée dès 2002 le rapprochement de six laboratoires de recherche académique de Rhône-Alpes autour de « cinq thèmes scientifiques fédérateurs » ayant chacun pour coordinateur un des responsables des six laboratoires.

Dès ses débuts, l'enjeu principal de cette fédération tourne autour de la question des accès aux instruments : que ce soit pour les accès aux moyens technologiques de chacun des laboratoires, pour



L'organisation des accès à PLATO ou à la « Centrale interuniversitaire de microélectronique » (ou « CIME »), ou pour coordonner la « politique d'investissement de FMNT-RA [Rhône-Alpes] dans la RTB [Recherche technologique de base] », les objectifs de la FMNT sont clairement orientés par cette préoccupation des accès aux instruments. A partir de 2004, à la nomination du directeur du LTM à la tête de la FMNT, « le nouveau directeur a pour mission de mettre en place un ensemble de moyens technologiques souples et accessibles à la communauté académique de la région Rhône-Alpes, et de renforcer les collaborations existantes avec STMicroelectronics et le LETI »<sup>8</sup>. Autrement dit, la mission de la FMNT s'oriente clairement vers la constitution d'une plate-forme technologique « souple » ou « amont » ouverte à la communauté académique et mieux adaptée à des recherches exploratoires. Mais, à la même époque, la FMNT se trouve pris dans d'autres mouvements institutionnels qui touchent la plupart des unités de recherche du CNRS.

En effet, la direction du CNRS pousse alors fortement à la fusion des unités de recherche existantes et à la création de plus grosses unités de recherche. Ainsi, fin 2004, au sein du LTM, on s'interroge sur les « avantages » et les « inconvénients » liés à la constitution d'un « Très Gros Laboratoire » conjointement avec certains des laboratoires de la FMNT. Le projet de « Très gros laboratoire » sera envisagé jusqu'à la fin 2005 mais, finalement, aucun accord ne sera trouvé entre les laboratoires et leurs tutelles. Une telle reconfiguration n'aura donc pas lieu. Si le « Très Gros Laboratoire » n'est finalement pas constitué, le projet d'une telle reconfiguration a tout de même des effets indirects sur la FMNT : d'une part, les deux laboratoires lyonnais se dissocient de la FMNT qui devient une fédération grenobloise ; d'autre part, l'échec d'une telle reconfiguration pousse un peu plus les laboratoires grenoblois de la FMNT à se rapprocher de certaines des laboratoires de recherche du « Département de Recherche Fondamentale sur la Matière Condensée » ou « DRFMC » du CEA (département qui est hors du LETI).

La plate-forme technologique amont (PTA) sera alors constituée conjointement avec le DRFMC. Ainsi, en 2007, lorsque les promoteurs de la PTA viennent présenter le fonctionnement de la nouvelle plate-forme à un laboratoire académique grenoblois extérieur à MINATEC (l'Institut Néel), c'est en différenciant la nouvelle plate-forme de PLATO en termes (1) d'ouverture « à l'ensemble de la communauté des nanosciences et nanotechnologies », (2) de division du travail (« en allant mettre la main à la patte et opérer *directement* sur les machines ») et (3) d'utilisation plus « flexible, au niveau des matériaux et des procédés ».

### **Le long chemin vers la prise en compte de pratiques expérimentales préexistantes**

Finalement, que faut-il retenir du compte-rendu de l'épisode que j'ai rapidement rappelé ? Le programme PLATO avait été constitué comme réponse aux incertitudes rencontrées par la communauté académique quant à sa possibilité de disposer d'instruments lui permettant de participer à la compétition scientifique internationale. Cependant, ce programme s'est heurté aux incertitudes locales, de « second degré » (Tournay et Granjou, 2009), ouvertes par le fonctionnement contraignant de la plate-forme technologique du LETI. Ces contraintes de fonctionnement (notamment les procédures d'accès à la plate-forme, les standards des échantillons utilisés, les possibilités d'expérimenter de nouveaux matériaux hors des sentiers balisés par les *roadmaps* de l'industrie microélectronique) ont fortement repoussé la plupart des chercheurs académiques susceptibles de les utiliser en les empêchant de pratiquer ce qu'ils considèrent être un « bonne » recherche.

Au regard de l'échec constitué par le programme PLATO (à l'exception de l'ouverture « réussie » des infrastructures et technologies expérimentales du LETI au LTM), plusieurs laboratoires grenoblois se sont alors engagés dans la constitution de structures intermédiaires capables de palier aux défaillances ressenties de PLATO. Parmi ces structures intermédiaires dont plusieurs s'avèreront être des échecs (le CPMA ou le CP MINATEC), la FMNT (ou « Fédération des micros et nanotechnologies ») parviendra, malgré l'échec de la constitution d'un « Très grand laboratoire », à réunir les conditions de constitution d'une plate-forme alternative au programme PLATO (en s'alliant avec les voisins du Département de recherche fondamentale sur la matière condensée, rattaché à la direction de la recherche fondamentale du CEA).

---

<sup>8</sup> Lettre MINATEC, n°7, juin 2004.

En distinguant explicitement cette plate-forme alternative –la PTA- de PLATO et en s’engageant dans la constitution d’une nouvelle plate-forme plus à même de répondre à leurs exigences de recherche fondamentale, les chercheurs impliqués dans la mise sur pied de la PTA mettent en forme ces incertitudes de « second degré », laissées ouvertes par l’incompatibilité de PLATO avec des activités de recherche exploratoire. Sur cette plate-forme technologique amont (PTA), les chercheurs peuvent expérimenter par eux-mêmes (sans déléguer comme sur la plate-forme technologique du LETI) et peuvent explorer ce qu’ils disent être des matériaux « plus exotiques ».

Cette plate-forme est finalement labellisée par le « réseau des grandes centrales technologiques » (au même titre que la plate-forme technologique du LETI). Elle devient donc un outil à part entière du dispositif de politique scientifique défini au niveau national (ministériel). Mais, comme le compte-rendu donné ici tente de le souligner, la PTA apparaît alors comme le résultat d’un long travail de construction d’alliances parfois sédimentées dans des structures intermédiaires. Autrement dit, elle s’est constituée comme un effort local de chercheurs académiques pour construire « leur » plate-forme disposant de modalités de régulation des accès et des usages des instruments qui soient mieux adaptés à leurs attentes et leurs stratégies.

Le dispositif de politique scientifique –le « réseau des grandes centrales technologiques »- n’est mobilisé qu’*a posteriori* pour venir supporter cet effort local de différenciation des chercheurs académiques. Ce travail de différenciation porte essentiellement sur les pratiques expérimentales et sur l’organisation des activités expérimentales. C’est donc principalement au travers de ce travail de différenciation visant la prise en compte de pratiques expérimentales spécifiques et considérées comme préexistantes que se constitue la plate-forme technologique amont<sup>9</sup>.

## CONCLUSION : QUELLE « POLITIQUE DES INSTRUMENTS » ?

Finalement, que peut-on retenir du récit qui vient d’être donné de la constitution de deux plates-formes technologiques du pôle MINATEC ? En premier lieu, si ces deux plates-formes sont le résultat d’un consensus sur leur nécessité (pour avoir accès à des instruments sophistiqués et coûteux, pour rester compétitif dans la compétition scientifique internationale, etc.), et si ces plates-formes s’appuient bien sur une politique scientifique nationale spécifique (le « réseau des grandes centrales technologiques »), la constitution de ces mêmes plates-formes ne peut pas être réduite à la mise en œuvre d’un modèle unique de politique scientifique. Une telle « politique des instruments » (Peerbaye, 2004) ne va pas de soi et il se produit également tout un travail local d’organisation des activités expérimentales dont l’étude mérite une attention toute particulière<sup>10</sup>.

Nous avons pu constater que ce travail d’organisation se situe à différents niveaux et dans différents lieux selon les plates-formes observées. La nature de ce travail diffère également fortement d’une plate-forme à l’autre, comme l’illustre la diversité des processus qui contribuent à constituer les plates-formes technologiques du pôle MINATEC. Dans le cas de la plate-forme technologique du LETI, l’évolution des modes de fonctionnement et de régulation de la plate-forme est étroitement inscrite dans des réseaux de coopération préexistants (notamment avec les industriels locaux de la microélectronique) et dans les contraintes portées par ces collaborations. Dans le cas de la plate-forme technologique amont, l’organisation des activités expérimentales s’est difficilement mais fortement constituée en opposition avec l’organisation de la plate-forme technologique du LETI. Il s’agissait alors, pour les chercheurs académiques concernés, de réactualiser des pratiques de recherche plus exploratoires que la perte d’accès direct aux instruments et l’impossibilité de venir modifier les instruments avaient fortement contraintes.

---

<sup>9</sup> Le caractère *préexistant* de ces pratiques expérimentales renvoie aussi à la dimension stratégique du discours de différenciation des acteurs. Dans ce travail, je n’ai pas vérifié que ces pratiques préexistaient effectivement.

<sup>10</sup> Plusieurs travaux ont déjà mentionné la place accordée à l’expérimentation dans les recherches sur les nanotechnologies. L’accès aux instruments y est présenté comme une préoccupation centrale des chercheurs, techniciens et ingénieurs engagés dans ces recherches (Fogelberg et Glimell, 2003 ; Vinck, 2006). D’autres études ont mentionné les phénomènes de concentration géographique et d’agglomération de compétences et de ressources technologiques liées à l’émergence des nanotechnologies (Robinson et al., 2007 ; Zucker et al., 2007).

Il en va de même sur d'autres plates-formes du pôle MINATEC pour lesquelles l'espace manquait ici pour retracer leurs conditions de formation. Ces plates-formes sont également constituées par un travail de mise en forme d'incertitudes locales. Il s'agit là aussi d'organisation collective de l'activité expérimentale dont l'enjeu est d'établir des règles de partage, d'accès et d'utilisation des instruments propres à chaque plate-forme en prenant plus ou moins en compte des pratiques et des cultures scientifiques préexistantes. Les différentes manières de pratiquer la recherche sont ainsi progressivement consolidées par l'attribution de différentes vocations à chacune des plates-formes. Pour les acteurs concernés, il s'agit alors d'arrêter un certain nombre de définitions et de conventions concernant ces activités expérimentales et la façon de les distinguer. Ces conventions portent sur le degré d'ouverture, sur les modalités d'accès, sur la vocation scientifique de chaque plate-forme (caractérisation ou fabrication, recherche exploratoire ou transfert de technologie, etc.), sur les échelles de tarification à appliquer, sur les standards de fonctionnement des instruments, sur la manipulation directe (ou non) des instruments par les utilisateurs ou encore sur les procédures d'utilisation de ces mêmes instruments. De telles conventions sont essentiellement définies localement. Elles sont le fruit d'un travail de mise en forme des incertitudes locales qui différencie chaque plate-forme et la façonne comme une entité spécifique.

Devant une telle diversité de processus locaux d'organisation des activités expérimentales, peut-on alors parler d'une véritable « politique des instruments » (Peerbaye, 2004) s'appuyant sur le rôle structurant des instruments dans les dynamiques scientifiques ? Si la mise en œuvre des plates-formes technologiques à un niveau national n'a pas conduit à une forte homogénéisation des plates-formes technologiques, et si au sein même du pôle MINATEC, la notion de « plate-forme » s'attache à des entités particulièrement différenciées, c'est probablement que l'objet « plate-forme » laisse le soin aux chercheurs et aux responsables scientifiques locaux d'en définir l'essentiel des modalités de régulation. Mais il ne faut cependant pas oublier que ces choix sont aussi fortement contraints. En particulier, le rôle croissant des entreprises fournissant les instruments de recherche ne doit pas être négligé (Mody, 2004). Parmi les pistes de recherche à suivre, il reste donc –notamment– à rendre compte des logiques industrielles et commerciales de ces équipementiers et des effets de leur participation à la constitution des plates-formes technologiques.

## BIBLIOGRAPHIE

FOGELBERG, H., GLIMELL, H., *Bringing visibility to the invisible: towards a social understanding of nanotechnology*, Göteborg, Göteborg University, 2003.

KEATING, P., CAMBROSIO, A., *Biomedical platforms. Realigning the normal and the pathological in late-twentieth-century medicine*, Cambridge, MA, MIT press, 2003.

LOUVEL S., Organiser les incertitudes locales dans le contexte d'une nouvelle recherche-technologie. Le cas d'un laboratoire de protéomique, *In* : Y. Chalas, C. Gilbert, D. Vinck, Comment les acteurs s'arrangent avec l'incertitude, Paris, Edition des Archives Contemporaines, 2009, p43-58.

MODY, C., How probe microscopists became nanotechnologists, *In* Baird, D.; Nordmann, A.; Schummer, J. (eds.), *Discovering the nanoscale*, Amsterdam, IOS Press, 2004, p119-133.

PEERBAYE, A., *La construction de l'espace génomique en France : la place des dispositifs instrumentaux*, Thèse de doctorat, Ecole Normale Supérieure de Cachan, 2004.

ROBINSON, D., RIP, A., MANGEMATIN, V., Technological agglomeration and the emergence of clusters and networks in nanotechnology, *Research Policy*, vol.36, n°6, 2007, p871-879.

SIMS, B., Concrete practices: Testing in an earthquake-engineering laboratory, *Social studies of science*, vol.29, n°4, 1999, p483-518.

TOURNAY, V., GRANJOU, C., La gestion des épizooties hier et aujourd'hui. Quand la fabrique de la preuve relance l'incertitude, *In* : Y. Chalas, C. Gilbert, D. Vinck. Comment les acteurs s'arrangent avec l'incertitude, Paris, Edition des Archives Contemporaines, 2009, p177-194.

VINCK, D., L'équipement du chercheur. Comme si la technique était déterminante. *Ethnographique.org*, Fév. 2006.

VINCK, D., PENZ, B., *L'équipement de l'organisation industrielle. Les ERP à l'usage*, Paris, Lavoisier, 2008.

ZUCKER, L., DARBY, M., FURNER, J., LIU, R., MA, H., Minerva unbound: Knowledge stocks, knowledge flows and new knowledge production, *Research Policy*, vol.36, n°6, 2007, p850-863.