

l'École de Paris

du management 

<http://www.ecole.org>

Séminaire Ressources technologiques et innovation

organisé avec le soutien de la Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services (ministère du Redressement productif) et grâce aux parrains de l'École de Paris :

Algoé²
ANRT
CEA
Chaire "management de l'innovation"
de l'École polytechnique
Chambre de Commerce
et d'Industrie de Paris
CNES
Conseil Supérieur de l'Ordre
des Experts Comptables
Crédit Agricole SA
Danone
EADS
Erdyn
ESCP Europe
ESSILOR
Fondation Charles Léopold Mayer
pour le Progrès de l'Homme
Fondation Crédit Coopératif
Groupe ESSEC
HR VALLEY²
HRA Pharma
IDRH
IdVectoR¹
Institut de l'entreprise
Kurt Salmon
La Fabrique de l'industrie
La Poste
Lafarge
Mairie de Paris
MINES ParisTech
Ministère de la Culture
Ministère du Redressement productif,
direction générale de la compétitivité,
de l'industrie et des services
NEOMA Business School
OCP SA
Orange
PSA Peugeot Citroën
Saint-Gobain
Schneider Electric Industries
SNCF
Thales
Total
UIMM
Unicancer
Ylios

¹ pour le séminaire
Ressources technologiques et innovation
² pour le séminaire Vie des affaires

(Liste au 1^{er} janvier 2014)

DEUX RÉCITS D'UNE MÊME HISTOIRE, ALTIMÉTRIE SPATIALE ET OCÉANOGRAPHIE

par

Michel AVIGNON

Expert senior innovation et politique technique
Centre national d'études spatiales (CNES)

Séance du 25 septembre 2013
Compte rendu rédigé par Elisabeth Bourguinat

En bref

Qui dit conquête spatiale dit prouesses technologiques et humaines : tous les récits en la matière mettent en avant une aventure qui emprunte son imaginaire aux grandes explorations passées de notre planète. La réalité de l'espace est aujourd'hui beaucoup plus prosaïquement liée à notre quotidien, et c'est probablement là que réside son potentiel de création de valeur et d'emplois. Pourtant, même dans ce nouveau contexte, le discours de l'innovation technologique de rupture reste dominant. Michel Avignon présente deux récits d'une même aventure, l'altimétrie pour l'océanographie : l'un est centré sur la créativité et l'innovation technologique, l'autre révèle l'importance de l'accumulation des connaissances sur la longue durée et de la construction d'un écosystème qui puisse porter l'innovation. Les exemples d'échecs viennent souvent du fait que l'on sacrifie au court terme de l'innovation le long terme de la connaissance et des écosystèmes qui font émerger de l'imprévu.

*L'Association des Amis de l'École de Paris du management organise des débats et en diffuse des comptes rendus ; les idées restant de la seule responsabilité de leurs auteurs.
Elle peut également diffuser les commentaires que suscitent ces documents.*

EXPOSÉ de Michel AVIGNON

Le Centre national d'études spatiales (CNES) est un établissement public à caractère industriel et commercial chargé de proposer au gouvernement une politique spatiale pour la France, d'exécuter une partie de cette politique lorsqu'elle a été arrêtée par l'État et de suivre pour le compte de ce dernier la partie qui est réalisée au sein de l'Agence spatiale européenne. Jouant le double rôle d'agence de moyens et de programme et celui de centre technique, il interagit à la fois avec des ministères, des organismes de recherche et des entreprises industrielles et de services.

Je suis ingénieur au CNES depuis quarante ans. Après une carrière consacrée à la technique et au management, on m'a chargé de mener une réflexion transversale sur l'utilisation du terme *innovation* et la façon dont l'interprétation donnée à ce mot se traduit dans la politique du CNES. Cette réflexion me semble pouvoir intéresser tous les acteurs qui interagissent avec des organismes publics de recherche, en particulier les industriels. En effet, la question de fond est de savoir à quelles conditions l'innovation portée par les établissements publics de recherche peut être créatrice de valeur.

Pour montrer l'impact de l'interprétation que l'on donne à ce terme, je vais vous proposer deux récits d'une même innovation, l'altimétrie spatiale pour l'océanographie.

L'objet de l'innovation

La planète Terre est une machine thermique reposant sur deux fluides, l'atmosphère et l'océan, qui ont des cycles très différents, d'une dizaine de jours pour l'atmosphère et d'une centaine d'années pour l'océan. On ne peut pas améliorer la prévision météorologique sans tenir compte des courants océaniques. L'innovation dont je vais vous parler consiste à prévoir l'évolution des courants océaniques en mesurant la hauteur des océans depuis l'espace.

On se fonde pour cela sur un géoïde, une représentation de la surface terrestre qui a la forme générale d'un ellipsoïde mais tient compte des "creux" et des "bosses" qui affectent cette dernière. Ce géoïde correspond à peu près à la surface des océans au repos. Grâce à un satellite qui permet de mesurer les écarts (de quelques centimètres à quelques dizaines de centimètres) entre la surface réelle des océans et le géoïde, tout en "gommant" l'effet des vagues grâce à des moyennes calculées sur de grandes surfaces, on peut établir un système de prévision océanique.

Cette méthode suppose de disposer de grands modèles de calcul, du même type que ceux qui sont utilisés pour la météorologie, et de savoir identifier la position du satellite au centimètre près, ce qui n'a rien d'évident s'agissant d'un objet qui se déplace à sept kilomètres par seconde. Il faut également corriger les données mesurées par le radar en tenant compte des modifications de la vitesse de la lumière lorsqu'elle traverse les différentes couches de l'atmosphère.

Ces difficultés ont pu être surmontées au point que l'on est capable aujourd'hui, grâce à cette technique, de mesurer l'évolution du niveau global des mers au millimètre près. On peut ainsi évaluer la dilatation thermique des océans et suivre la progression du changement climatique.

Premier récit

Les satellites permettant d'observer la circulation atmosphérique ont été expérimentés dans les années 1970. C'est au cours de la décennie suivante qu'est née l'idée de mettre en place un système de prévision de la circulation océanique utilisant les satellites. Cette idée était portée par l'association World Ocean Circulation Experiment, qui réunissait des scientifiques du monde entier.

Deux altimètres concurrents

Tous les quatre ans, le CNES organise un séminaire de prospective scientifique, au cours duquel la communauté scientifique lui propose de nouvelles pistes de recherche. C'est dans ce cadre que quelques océanographes français ont formulé, en 1981, l'idée de mesurer la hauteur de la mer pour appréhender la circulation océanique. Des chercheurs américains se proposaient de calculer la hauteur de la mer grâce à un radar altimètre doté d'un gros tube capable d'envoyer une onde à 1 300 kilomètres de distance. Des ingénieurs français ont présenté au CNES une solution alternative consistant à construire un dispositif dix fois plus léger grâce à un transistor et à des oscillateurs ultra-stables. Ce projet coûtait également beaucoup moins cher que le projet américain.

Par exception, le CNES a sélectionné cette année-là deux projets : l'altimètre océanographique et un projet d'astronomie gamma. J'ai eu la chance de travailler sur les deux programmes, qui ont pu être menés jusqu'à leur terme. Mais pendant plusieurs années, le directeur du CNES s'est trouvé en situation de devoir "tuer" l'une des deux idées, car il ne pouvait pas, pour des raisons budgétaires, les poursuivre toutes les deux jusqu'au bout. Finalement, pour réduire les coûts, il a demandé à l'équipe d'astronomie gamma de s'associer avec les Soviétiques, et à l'équipe de l'altimètre de chercher des partenariats avec les Américains.

L'atout Ariane

Nous avons rencontré l'équipe américaine en 1983. Nous étions six ingénieurs français et nos interlocuteurs nous ont ri au nez : « *Votre histoire de radars avec transistor, ce n'est pas sérieux. Il faut disposer d'une grande puissance pour envoyer et récupérer le signal.* » En revanche, ils étaient très intéressés par le lanceur français, Ariane, qui en était à ses débuts. La navette spatiale américaine, censée assurer le lancement de tous les satellites américains, était programmée pour des orbites situées à 300 ou 400 kilomètres, alors que la bonne distance pour un altimètre océanographique était de 1 300 kilomètres. Pour pouvoir atteindre la bonne orbite, il aurait fallu ajouter un étage à la navette, mais les financements manquaient. Le lanceur Ariane était, lui, programmé pour envoyer des satellites à la bonne altitude, et c'est grâce à cette opportunité que les Américains ont accepté d'embarquer notre petit altimètre dans leur propre mission. Leur protocole prévoyait que la mission serait considérée comme un succès si moins de 5 % des données étaient perdues : ils ont estimé que notre expérimentation pourrait entrer dans ces 5 %...

Une innovation qui trouve son marché

Le premier satellite mis en orbite, d'un poids de 2,4 tonnes, contenait les deux altimètres : l'un, américain et "sérieux", avec des gros tubes ; l'autre, français et "créatif", avec des transistors. Quand les tubes sont tombés en panne, les transistors ont continué à très bien fonctionner. Grâce à ce premier succès, nous avons pu poursuivre le projet. Le deuxième satellite ne contenait plus que l'altimètre à transistors, pesait 500 kilogrammes et coûtait beaucoup moins cher que le premier. Les agences de prévision météorologique ont financé les satellites suivants et le dispositif a pu être pérennisé. En parallèle, nous avons mis en place un système de traitement des données altimétriques puis de prévision de la circulation océanique. Nous avons ainsi pu vendre des données à des agences gouvernementales mais aussi à des services privés, par exemple à des compagnies pétrolières ayant besoin de connaître la circulation océanique pour gérer leurs plateformes offshore.

Cette innovation, développée grâce à la créativité d'une dizaine de chercheurs, emploie aujourd'hui 700 personnes dans la région toulousaine. Les entreprises et agences françaises vendent des altimètres, de la prévision météorologique, des systèmes de traitement de données océaniques, des systèmes opérationnels, etc.

Par ailleurs, les technologies spatiales ont permis de faire énormément progresser la météorologie. On estime que le rapport entre le coût de la météorologie et son utilité dans l'économie et dans la gestion des catastrophes est d'un facteur vingt. La création de valeur est incontestable.

Deuxième récit

Mon deuxième récit commence beaucoup plus tôt, vers la fin du XVIII^e siècle, époque où les travaux de mesure des méridiens entrepris par les Français Méchain et Delambre ont fait énormément progresser les connaissances en météorologie. À partir de 1961, la France s'est lancée dans l'activité spatiale et elle est devenue la troisième puissance spatiale mondiale. Pour pouvoir envoyer des objets dans l'espace, les chercheurs ont développé de nouvelles compétences en mesure de distances et de vitesses, en localisation, en systèmes lasers, en systèmes radar, en oscillateurs ultra-stables, ou encore en modélisation. Ils ont également approfondi les connaissances sur le fonctionnement de la Terre comme objet physique, en analysant notamment la répartition des masses et la circulation des fluides. À la fin des années 1960, l'idée se fait jour que l'étude de la forme de la Terre pourrait permettre de comprendre la circulation océanique. Au cours des années 1970, des industriels français, notamment Thomson, développent des compétences pointues en optique, en imagerie radar, en électronique. À la fin de cette décennie, tous les ingrédients sont réunis pour que les chercheurs français jouent un rôle central dans l'océanographie spatiale.

En 1982, Michel Lefèvre et Jean-François Minster obtiennent l'accord du CNES pour lancer un programme de recherche sur l'altimètre océanographique. Aussitôt, ils cherchent à identifier d'autres membres de la communauté scientifique et futurs utilisateurs potentiels qui pourraient être intéressés par le projet. Ils les trouvent notamment chez Météo France, qui s'appelait à l'époque la Direction de la météorologie nationale (DMN), ou encore au Centre national pour l'exploitation des océans (CNEXO).

Au total, à cette époque, une trentaine de scientifiques envisagent de se servir de l'altimètre océanographique pour mesurer le vent, les vagues, les marées, etc. L'équipe porteuse du projet organise des écoles d'été et suscite de très nombreuses thèses, notamment dans le cadre du Groupe de recherches en géodésie spatiale à Toulouse. Dix ans après le lancement du programme, au moment où le premier satellite est envoyé dans l'espace, des dizaines de thésards travaillent sur le sujet et sont en mesure de comprendre les enjeux de l'opération. Lorsque le programme se termine, en 2000, un écosystème très riche s'est mis en place, avec notamment des industriels pour fabriquer les satellites et les altimètres, et un gros service de prévision océanique, baptisé Mercator, devenu aujourd'hui le noyau de la composante océanographique de Copernicus, le système européen d'observation de la Terre. Les applications se multiplient et donnent naissance à de nouvelles familles de satellites, par exemple pour étudier le littoral ou calculer la hauteur des lacs et des grands fleuves.

Les leçons de cette histoire

Dans un établissement tel que le CNES, l'innovation est en général assimilée à la créativité technique. Mais celle-ci ne suffit pas.

Le projet américain TechSat 21, conçu par les services de la Marine, consistait à construire un système radar réparti entre 80 microsatsellites ; au début des années 2000, il nous était donné en modèle de créativité technique. Ce dispositif offrait plusieurs avantages : les satellites pouvaient être fabriqués en série et lorsque l'un d'entre eux tombait en panne, la dégradation du système restait marginale. Mais il comportait également de graves inconvénients : la question de la collecte de l'énergie, à 1 000 kilomètres du sol, reste la même avec des satellites petits ou grands et la difficulté à faire communiquer les satellites entre eux pour synthétiser le signal utile croît exponentiellement avec le nombre des satellites... Le programme a dû être abandonné.

Dans le cas de l'altimètre océanographique, le passage de dix chercheurs à sept cents salariés ne s'est pas fait uniquement par le levier de la créativité mais aussi et surtout par un travail volontariste de construction d'un écosystème. Celui-ci n'aurait pas été prêt, en 2000, à porter le développement industriel de l'innovation, si l'équipe initiale n'avait pas eu le souci, dès 1982, de co-construire le programme avec toute une communauté de chercheurs et avec les futurs utilisateurs des données altimétriques.

J'irai même plus loin. Quand nous avons rencontré l'équipe américaine, nous avons expliqué à nos interlocuteurs que notre altimètre était le meilleur, que notre système de localisation était génial, que notre oscillateur était extraordinaire. En réalité, il y avait une part de bluff dans tout cela, comme les Américains nous l'avaient d'ailleurs fait remarquer sans ménagement. Par la suite, nous avons dû acheter le transistor aux Japonais et l'oscillateur ultra-stable aux Américains eux-mêmes. Mais notre projet a fonctionné car nous avons mis en place tout un écosystème qui, d'une certaine façon, nous obligeait à trouver des solutions. C'est donc l'écosystème qui a primé par rapport à l'innovation elle-même.

Cet écosystème, construit avec les futurs utilisateurs, s'est également nourri des savoirs en recherche fondamentale accumulés au fil du temps. La mesure du temps s'est avérée stratégique au XVII^e siècle pour la navigation dans le cadre de la rivalité entre Français et Anglais, puis pour la circulation des trains au XIX^e siècle, avant d'être au cœur des technologies de GPS (*Global Positioning System*) avec la relativité générale, au XX^e siècle. À certaines périodes, les chercheurs ont pu avoir le sentiment d'être parvenus aux limites du savoir sur la mesure du temps, mais c'était une erreur. Il est toujours possible d'aller plus loin et l'histoire de l'altimètre océanographique démontre l'intérêt de poursuivre sans relâche les efforts sur la recherche fondamentale.

Enfin, cette expérience démontre aussi l'incroyable expansion que peut prendre une innovation lorsqu'elle se développe dans un écosystème suffisamment riche. La particularité des systèmes complexes est de créer de l'émergence, c'est-à-dire de faire apparaître des éléments imprévus. C'est ce qui s'est passé avec l'émergence du vivant dans les océans. Lorsqu'on veut innover, il faut créer un écosystème complexe et se mettre en situation de capter l'émergence de l'imprévu.

DÉBAT

Abandonner un projet ou le poursuivre ?

Un intervenant : *En 1870, l'armée française voit dans la faiblesse de ses moyens de communication la raison de sa piteuse défaite. Elle bâtit un grand programme de communication qui repose pour moitié sur le télégraphe Chappe et pour moitié sur les pigeons voyageurs. Mais ces deux technologies, intéressantes en elles-mêmes, se révèlent inadaptées à l'évolution du contexte. Le CNES a-t-il rencontré des échecs de même nature ?*

Michel Avignon : Les échecs sont nombreux, mais en général, les projets mal engagés s'arrêtent relativement tôt, faute de moyens. Même pour les projets qui fonctionnent, il est parfois difficile de convaincre la tutelle de poursuivre, car c'est toujours l'innovation qui est valorisée. Par exemple, nous avons mis au point un procédé innovant de sondage atmosphérique et réalisé quinze ans de mesures avec ce dispositif. Quand nous avons voulu préparer la deuxième série, on nous a répondu : « *Vous avez déjà obtenu un programme de sondage atmosphérique, on ne va pas recommencer.* » Heureusement, nous avons pu revenir sur ce refus !

Int. : *La réussite repose généralement sur la persévérance des chercheurs, qui ne doivent pas se décourager à la première difficulté. D'un autre côté, l'art du manager consiste souvent à savoir arrêter une expérience avant qu'elle ne débouche sur un échec. Comment prendre la bonne décision ?*

M. A. : L'une des formes de l'échec consiste à trouver une idée géniale et à se battre pendant des années, en vain, pour lever un verrou technologique. Lorsque, au bout de vingt ou trente ans de recherche, on n'a toujours pas réalisé le premier prototype, cela signifie que quelque chose ne va pas. C'est ce qui s'est passé avec la télédétection par laser ou LIDAR (*light detection and ranging*) : le concept a été proposé en 1985 pour des réalisations immédiates, et il n'y aura de LIDAR européen dans l'espace qu'en 2015 au plus tôt.

Une autre erreur récurrente est le mythe de la simplification et de la production de satellites bon marché. Un programme de microsattellites lancé en 1999 devait permettre la fabrication de quatre satellites scientifiques par an. Treize ans plus tard, nous en avons lancé trois, hors applications militaires. La formule "*faster, better, cheaper*" de Daniel Goldin (administrateur de la NASA de 1992 à 2001) a fait des ravages. Elle nous a conduit, par exemple, à concevoir un observatoire solaire, à faible coût certes, mais qui n'a pas rempli ses objectifs.

L'une des plus grosses erreurs dans notre domaine est, à ma connaissance, celle de la navette spatiale américaine. Conçue pour effectuer des vols tous les quinze jours, son coût de fonctionnement s'est avéré prohibitif (1,5 milliards de dollars par vol à la fin du programme, pour 40 millions annoncés au début). Malheureusement, ce concept a entraîné avec lui celui de station spatiale, projet auquel de nombreux pays ont participé, alors qu'ils avaient tous les moyens de savoir que cette aventure serait très problématique.

Les mirages de la conquête spatiale

Int. : *Ne peut-on considérer que c'est l'absence d'outils de simulation qui a conduit les États-Unis à privilégier l'altimètre à tubes, faute d'avoir pu évaluer ce que donnerait l'altimètre à transistor ? Le système multisatellitaire aurait sans doute également été abandonné si des simulations avaient été possibles.*

M. A. : Les outils de simulation existaient déjà dans les années 1970. Le projet Spot, par exemple, a fait l'objet de simulations à partir de données aéroportées. Cela dit, il n'y avait pas besoin de passer par une simulation pour savoir que le système multi satellitaire ne fonctionnerait pas. Et par ailleurs, l'innovation est tellement devenue un slogan dans l'univers de la recherche spatiale, que l'on ne vous demande souvent même pas de démontrer par une simulation que votre projet est réalisable.

Int. : *Dans ce cas, qui faut-il rendre responsable de ces errements ? La bureaucratie ?*

M. A. : L'histoire de la conquête de l'espace est très particulière. Au départ, personne ne croyait que les hommes pourraient se rendre sur la Lune ou dans l'espace. Puis, la preuve a été faite que c'était possible. À partir de là, tout ce qui était réputé impossible est devenu non invraisemblable. Aujourd'hui, on fait miroiter aux gens des projets de tourisme spatial et on leur laisse croire qu'ils pourront bientôt se rendre dans l'espace comme ils prennent un avion. Or, l'espace reste un milieu extrêmement hostile à la fois pour les satellites et pour les hommes : le risque de catastrophe y est extrêmement élevé. En outre, le coût énergétique est prohibitif : il faut dépenser 720 000 fois plus d'énergie pour mettre un être humain en orbite que pour atteindre la vitesse du champion du monde sur un cent mètres.

Écosystèmes d'exploitation, écosystèmes de production

Int. : *L'idée selon laquelle il est souhaitable et possible d'arrêter rapidement les projets voués à l'échec ne me paraît pas très compatible avec votre encouragement à créer des écosystèmes d'utilisateurs autour de l'innovation.*

Mes fonctions m'ont amené à donner un avis sur la poursuite de certains programmes du CNES. J'ai constaté qu'autant on arrête un peu vite certaines explorations, autant une fois que l'exploitation est lancée, il est très difficile de stopper un programme, même lorsqu'il coûte extrêmement cher.

Par exemple, je n'ai pas compris qu'on lance la fabrication de Spot 5 alors même que chacun savait qu'un programme ultérieur était sur le point de produire des satellites beaucoup plus performants et moins chers. On m'a répondu que si l'on ne construisait pas Spot 5, les partenaires industriels allaient perdre beaucoup d'argent.

J'ai alors proposé que l'on construise ce satellite mais qu'au lieu de le lancer, on en fasse don à la Cité des Sciences et de l'Industrie pour que tout le monde puisse admirer la technologie spatiale française. On m'a objecté que les lanceurs y perdraient trop d'argent, et que l'État devrait compenser leurs pertes pour les maintenir en vie.

Int. : *Il est clair que le maintien de l'écosystème industriel tient une grande place dans les paramètres de décision, à côté des paramètres techniques.*

Int. : *L'écosystème dont Michel Avignon a parlé n'est pas l'écosystème de production mais l'écosystème d'exploitation ou de valorisation des résultats, qui n'existe pas au départ et fabrique de la valeur à partir de données qui n'en ont pas initialement. Il faut le distinguer de l'écosystème industriel qui, lui, existe dès le départ, et s'inscrit dans une logique de continuité.*

Int. : *Une fois que le budget est là, les deux écosystèmes n'en forment plus qu'un seul...*

M. A. : C'est vrai que le programme Spot 5 ressemblait, dans une certaine mesure, à ce qui s'était déjà fait avant. Mais il a permis de mettre au point la plateforme utilisée ensuite pour le programme militaire Hélios, qu'il aurait fallu, de toute façon, financer. Par ailleurs, le bilan économique de Spot 5 est loin d'être négligeable : il a permis de vendre beaucoup d'images.

Cela dit, la question reste entière de savoir quels sont les systèmes d'observation qu'il est le plus rentable de fabriquer : drones, satellites à haute ou très haute résolution... Honnêtement, je n'ai pas la réponse.

La concurrence privée

Int. : *Quel rôle peut jouer la concurrence privée dans l'innovation spatiale ?*

Int. : *La société privée SpaceX, qui se propose de lancer des satellites, est en train de faire l'effet d'un brochet dans un étang : elle inquiète beaucoup les acteurs publics du lancement car elle exerce une pression à la baisse sur les tarifs et semble en passe de relever les défis technologiques qu'elle s'est fixés.*

M. A. : En ce qui concerne les satellites, il faut distinguer entre le domaine des satellites de télécommunication, pour lesquels la ressource est privée et qui constitue un vrai marché, et celui des satellites d'observation, qui répond fondamentalement à une demande publique. Même dans ce deuxième domaine, on commence à voir des acteurs privés chercher à générer de l'offre avec des justifications qu'ils construisent eux-mêmes, ce qui est un peu gênant. À partir du moment où un marché repose sur la réponse aux besoins des citoyens, il faut se méfier de la création de faux besoins. Même des sociétés comme SpaceX ont besoin de l'argent public, car les investissements sont extrêmement longs. Il faut donc rester vigilant sur les risques de dérapage.

Le mythe du pilotage par l'aval

Int. : *Il y a deux façons de concevoir la notion d'utilisateur. Les agriculteurs ou encore les associations humanitaires qui luttent contre l'assèchement des lacs africains sont susceptibles d'acheter des images satellites, mais ils ne sont pas en mesure de comprendre le lien qui peut exister entre une donnée relativement pauvre et ce que l'on va pouvoir en tirer dix ans après. En ce sens-là, le pilotage par l'aval reste un fantasme.*

Les utilisateurs dont vous avez parlé sont tout autres : il s'agit de scientifiques qui comprennent parfaitement la valeur des données et contribuent à l'épaississement ou à l'expansion progressive des possibilités d'utilisation de ces dernières. Cette approche me paraît renouveler de façon très intéressante la notion de pilotage par l'aval.

M. A. : Le concept de pilotage par l'aval permet souvent de justifier des démarches très prosélytes de la part de grands conquérants du spatial qui prétendent apporter la bonne parole aux utilisateurs...

En la matière, je préfère me référer à l'expérience du CNEXO, qui a décidé lui-même de renoncer pour certaines mesures à ses bateaux d'observation lorsqu'il a compris ce que pouvaient apporter les nouveaux systèmes de mesure des océans par satellite. Le CNES n'a fait aucun prosélytisme.

Le même processus avait eu lieu auparavant pour la météo nationale. Au départ, les météorologues n'étaient pas intéressés par des images prises depuis des satellites : « *Nous n'avons pas besoin de voir des photos des nuages. Nos radiosondes nous apportent toutes les informations nécessaires.* » Finalement, les échanges entre météorologues, modélisateurs, spécialistes de la physique et spécialistes de la mesure ont conduit les météorologues à s'intéresser au projet et ils se sont rendu compte que l'analyse du mouvement des nuages permettait d'améliorer leurs modèles et conduisait à faire évoluer les instruments de sondage atmosphérique eux-mêmes.

D'une certaine façon, on ne peut même plus parler dans ce cas d'*utilisateurs* d'une technologie. Je préfère parler de différents systèmes d'usages qui s'agrègent peu à peu.

Int. : *Rhône-Poulenc a expérimenté le pilotage de la recherche par les chimistes, qui s'est avéré un peu trop "science push". Le Groupe a ensuite opté pour le pilotage par l'aval et a confié les budgets aux laboratoires d'application, ce qui a provoqué des catastrophes. Il a alors créé des "laboratoires d'applicabilité" et les a chargés de travailler sur des fonctionnalités transverses ou valeurs d'usage agrégées, comme la brillance ou la rigidification, susceptibles de s'appliquer aussi bien aux peintures qu'à d'autres domaines. Cette approche, qui consiste à mettre en relation une propriété fonctionnelle avec une identité physique ou chimique, demande un très haut niveau scientifique. Ce sont ces laboratoires d'applicabilité qui ont mis au point, par exemple, les anti-UV transparents de L'Oréal, en démontrant qu'une molécule de TiO₂ est blanche à un certain diamètre et transparente à un diamètre très peu différent, tout en étant capable de filtrer les UV dans les deux cas. Cela n'a rien à voir avec la démarche d'un laboratoire d'application qui porte la voix du client réclamant « de la peinture qui ne coule pas ».*

M. A. : Au CNES, nous avons également connu un engouement pour les “applications aval”, qui étaient censées être pilotées par des agriculteurs du Tarn...

Je retiens la notion de fonctionnalité transverse que vous évoquez. Elle pourrait également s’appliquer dans nos domaines. Je pense en particulier aux grandes familles de mesures fondamentales, comme l’état physico-chimique de l’atmosphère, des océans ou des sols, qui constituent des besoins permanents, et des étapes intermédiaires en amont de l’application stricto sensu. Ces besoins restent stables (hors leur précision qui doit s’améliorer), indépendamment des innovations techniques en amont, et des usages en aval.

La vie de la communauté

Int. : *Vous avez réuni des compétences venant de secteurs très différents. Comment faites-vous vivre cette communauté sur le plan humain ? Avez-vous des rituels, des réunions ou des voyages qui ponctuent la vie de cette communauté ?*

M. A. : Les séminaires de prospective scientifique qui se tiennent tous les quatre ans s’apparentent à une sorte de rituel. Il en va de même de la grand-messe organisée par la communauté altimétrique franco-américaine tous les deux ans pour permettre aux chercheurs de confronter leurs résultats. Nous avons aussi quelques occasions de nous réunir ponctuellement autour d’événements comme le lancement d’un satellite ou, récemment, la séance inaugurale d’Annie Cazenave au Collège de France. Dans ce genre de moments, nous avons le sentiment de former une sorte de communauté.

Du temps de l’Union soviétique, des rencontres franco-soviétiques étaient organisées tous les deux ans et offraient l’occasion de créer des liens et des solidarités entre chercheurs. L’accord signé entre de Gaulle et Brejnev en 1966 avait instauré tout un rituel qui s’est maintenu jusqu’en 1989, date de la chute du mur de Berlin. Il a alors été décidé de transférer ces rencontres au niveau de l’Agence spatiale européenne et tout s’est arrêté. La culture française nous permettait de travailler avec l’Union soviétique. La culture d’une institution européenne se prêtait beaucoup moins à des coopérations avec la Russie soviétique ou postsoviétique.

Comment capitaliser les connaissances ?

Int. : *À rebours du concept de just in time, votre deuxième récit met en évidence le processus très long d’accumulation de connaissances qui précède et rend possible l’innovation et sa valorisation. Comment le CNES s’organise-t-il, en période d’austérité budgétaire, pour conserver la mémoire et préserver cette capitalisation des connaissances ?*

M. A. : La première difficulté, c’est de faire comprendre à quel point le maintien de ce vivier de connaissances est indispensable. Dans les années 1960, l’optique, l’astronomie, la mécanique rationnelle n’étaient tout simplement plus enseignées. On entendait fréquemment dire « *L’orbitographie, c’est fini* ». Dans les années 1990, quand je proposais des sujets sur les filtres optiques, on me disait : « *Tu nous casses les pieds. Propose plutôt des thèmes concernant la fibre optique.* » Pourtant, ce sont des questions de traitement optique très basiques qui ont provoqué l’échec de certains programmes. Mais il est très difficile de faire comprendre aux donneurs d’ordres l’importance d’assurer une continuité dans les savoirs fondamentaux. Une fois qu’ils en sont convaincus, ils se rendent compte que le coût de cette capitalisation, qui suppose de maintenir des postes de chercheurs sur des sciences fondamentales, n’est pas si important : au CNES, ce ne sont pas les chercheurs qui coûtent le plus cher...

Dans les années 1980, nous étions capables de positionner un satellite à trente mètres près : il n’avait pas paru utile de rechercher une plus grande précision compte tenu des usages qui en étaient faits. Le projet d’altimétrie océanographique nécessitant de positionner le satellite au centimètre près, nous avons eu la chance de pouvoir faire appel à des spécialistes du positionnement qui, étant encore présents au CNES, ont pu reprendre leurs recherches et les faire aboutir. Si ce besoin s’était fait sentir dix ou vingt ans plus tard, il est probable que tout aurait été à recommencer.

Int. : *Les lanceurs ne sont remplacés que tous les vingt ans et nous sommes alors confrontés à la difficulté de conserver la mémoire d'applications de briques technologiques qui peuvent avoir déjà dix ou quinze ans d'ancienneté. Comment les indexer et constituer des banques de données qui permettent réellement de les retrouver ? Il nous arrive d'appeler à l'aide des chercheurs retraités, en villégiature dans leurs maisons de campagne...*

Int. : *Dans les sociétés privées, la mobilité est fortement encouragée, ce qui s'avère souvent contradictoire avec la capitalisation des connaissances. Que ce soit pour les activités intellectuelles ou pour les activités manuelles, il y a des "tours de main" qui ne s'assimilent que sur la longue durée, grâce à l'expérience.*

Présentation de l'orateur :

Michel Avignon : expert senior innovation et politique technique, Centre national d'études spatiales (CNES).

Diffusion janvier 2014