

■ L E S A M I S D E ■
l'École de Paris

<http://www.ecole.org>

**Séminaire
Ressources Technologiques
et Innovation**

organisé grâce au support de :

Air Liquide
ANRT
CEA
IdVectoR
Socomine

et des parrains de l'École de Paris :

Accenture
AtoFina
Chambre de Commerce
et d'Industrie de Paris
Caisse Nationale des Caisses
d'Épargne et de Prévoyance
CNRS
Cogema
CRG de l'École polytechnique
Conseil Supérieur de l'Ordre
des Experts Comptables
Danone
Deloitte & Touche
DiGITIP
École des mines de Paris
EDF & GDF
Entreprise et Personnel
Fondation Charles Léopold Mayer
pour le Progrès de l'Homme
France Télécom
FVA Management
Hermès
IBM
IDRH
Lafarge
Lagardère
Mathématiques Appliquées
PSA Peugeot Citroën
Renault
Saint-Gobain
SNCF
THALES
TotalFina Elf
Usinor

(liste au 1^{er} janvier 2001)

**PROSPECTIVE TECHNOLOGIQUE
ET MANAGEMENT DE LA RECHERCHE**

par

Françoise CHARBIT

Responsable de la prospective technologique
Direction des Technologies Avancées, CEA

Séance du 19 mai 1999

Compte rendu rédigé par Gérard Dréan

Bref aperçu de la réunion

La cellule de prospective technologique de la Direction des Techniques Avancées du CEA a pour mission de donner une vision à long terme aux activités de recherche. On y met en relation les technologies avec les fonctions techniques qu'elles peuvent remplir, on recense les usages associés à chacune de ces fonctions, et l'évolution de ces usages. À chaque niveau, on identifie et on compare les alternatives possibles en termes de choix technologiques pour les acteurs, compte tenu de leurs stratégies, pour aboutir à des scénarios qui permettent aux chercheurs de situer leurs activités face aux finalités économiques et concurrentielles. Cela peut conduire à retarder certains investissements, à en accélérer d'autres, à créer des groupes projets ou des actions de veille.

La prospective technologique a d'autres retombées : montrer l'utilité de la recherche, faire naître des idées originales, mais aussi créer de l'inquiétude pour éviter de rater les opportunités quand elles se présentent.

*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 Françoise CHARBIT

Rappels sur le CEA

Le CEA compte seize mille personnes, réparties en six directions de recherche : la Direction des Applications Militaires, deux directions pour le nucléaire civil, deux directions de recherche fondamentale et une direction chargée des recherches appliquées technologiques, la Direction des Technologies Avancées (DTA) où je travaille, qui compte environ mille cinq cents personnes.

En 1994, le directeur de cette direction a créé une fonction de prospective technologique. Un travail important avait déjà été réalisé pour amener les chercheurs près de leur marché. En effet, la mission de la DTA est de développer des technologies pour les transférer chez des industriels. Il existait un bureau d'études marketing pour identifier des marchés d'application aux technologies développées, où travaillent aujourd'hui vingt personnes. Mais la direction ressentait le besoin de comprendre aussi les besoins des industriels à plus long terme.

À l'époque, j'étais passée chez Thomson où j'avais réalisé une thèse sur le management des technologies émergentes puis des études de prospective et stratégie technologiques, puis chez Bossard Consultants dans le département analyse stratégique. Étant ingénieur en sciences des matériaux, j'avais en outre une bonne connaissance des matériaux et de l'électronique. J'ai donc été recrutée par le CEA pour créer une cellule prospective chargée de donner une vision à long terme aux orientations de recherche de la DTA. La cellule était implantée à Grenoble, à côté des chercheurs et du bureau d'études marketing.

La mission de la cellule prospective

Il existe deux grands pôles de compétences à la DTA : le LETI¹ pour l'électronique et l'instrumentation (neuf cents personnes), et un pôle "matériaux, robotique, rayonnements ionisants" (MR2I) d'environ six cents personnes. La palette de compétences et de projets est vaste et il faut faire des choix dans l'activité de prospective.

Ma cellule (c'est-à-dire moi-même car j'y suis seule) était rattachée initialement à un groupe de diffusion technologique dépendant du directeur. Un remaniement en cours la met maintenant dans le pôle "matériaux, robotique, rayonnements ionisants", mais elle conserve le droit de définir des sujets communs aux deux pôles.

L'objectif général de la prospective technologique est d'anticiper les évolutions et les ruptures technologiques pour mieux préparer l'investissement en R&D, et de fournir ainsi un support à la définition des stratégies technologiques. Dans le contexte particulier de la DTA, qui fait de la recherche appliquée publique orientée vers les besoins industriels, il faut comprendre les attentes futures des industriels (qu'ils ne connaissent pas toujours eux-mêmes), et les traduire en programmes de recherche et en projets. La fonction est orientée vers l'aval, c'est-à-dire l'industrie, tandis que la prospective scientifique (recherche amont) est prise en charge par les chercheurs.

La cellule a deux activités principales :

- éclairer l'environnement sur un sujet technologique ; on peut soit partir d'une technologie maîtrisée et en explorer les applications et usages possibles, soit partir d'un secteur industriel, identifier les questions mal résolues et contribuer à définir des directions de recherche à partir de ce que la DTA sait faire ;

¹ Laboratoire d'électronique, de technologie et d'instrumentation.

- apporter une assistance méthodologique ponctuelle à des groupes de travail, en particulier lors de l'élaboration du plan stratégique, ou à des responsables de programmes.

Une limitation importante de la fonction est que les moyens de la DTA sont stables. Il est donc difficile d'avoir un plan volontariste : si on veut renforcer dans un axe, il faut diminuer l'effort sur un autre.

Comment se déroule une étude prospective

L'approche qui suit a été établie avec un professeur de l'École Supérieure de Commerce de Grenoble, Jérôme Barrand. Nous pensons que les méthodes usuelles de prospective ne sont pas satisfaisantes, car elles considèrent la technologie comme une variable et non comme l'objet même de l'étude, comme nous devons le faire dans le cadre d'un laboratoire de recherche.

Notre méthode consiste à replacer la technologie par rapport aux systèmes et objets où elle peut être incorporée. La notion clé de fonction technique fait le lien entre la technologie et l'usage. Pour l'industriel, ce qui compte, c'est la fonction fournie. Il peut y avoir plusieurs technologies possibles pour une même fonction, et il faut analyser les ajustements possibles entre ces technologies concurrentes. Nous faisons donc une prospective dans deux dimensions : la chaîne de valeur ajoutée de la technologie, les technologies concurrentes.

Un exemple

Le LETI maîtrise une technologie appelée "optique intégrée sur silicium", qui permet de faire des guides d'onde passifs déposés sur silice pour guider la lumière. Il existe des technologies concurrentes ayant les mêmes objectifs (voir figure).

Le LETI s'est posé la question de l'avenir de cette activité, qui occupe une dizaine de chercheurs. L'atout de cette technologie est de pouvoir produire des composants en grande quantité à bas prix. Un débouché possible est le concept de fibre optique à l'abonné. La fonction concernée, acheminer un signal à haut débit jusqu'à un abonné fixe, peut être assurée par une dizaine d'autres technologies indiquées sur la figure. Les secteurs concernés sont les télécommunications et l'audiovisuel.

Une étude prospective qui porterait seulement sur la concurrence entre technologies pour la connectique passive serait insuffisante, car les coûts de ces technologies sont très sensibles aux volumes. Il faut alors comprendre les stratégies des industriels et des opérateurs de télécommunications et d'audiovisuel qui pourraient les utiliser. Pour cela, la prospective doit porter sur les niveaux supérieurs. Il faut donc sensibiliser les chercheurs aux problématiques économiques des secteurs où leurs technologies sont susceptibles d'être utilisées, ce qui n'est pas toujours facile.

La prospective au niveau des technologies maîtrisées par le laboratoire est une impasse, car l'évolution est liée à l'ensemble des systèmes et des usages. Les moteurs et les freins sont à identifier dans les niveaux supérieurs. Il faut remonter dans l'arbre, puis redescendre afin que les chercheurs s'approprient les résultats de l'étude en termes techniques compréhensibles pour eux.

Le déroulement d'une étude se passe de la façon suivante :

Il est important de bien définir la question posée, qui dans ce cas était de poursuivre ou d'abandonner la technologie. Après avoir cadré les usages envisagés, il faut décrire pour chacun des systèmes techniques l'état de l'art, les acteurs et leurs stratégies. On a ainsi une photo instantanée de la situation. Ensuite, on étudie la dynamique de chaque système afin d'évaluer :

- son horizon de disponibilité (date au plus tôt) ;

- ses performances prévisibles.

Ceci est difficile, subjectif et nécessite de confronter plusieurs opinions d'experts, pas toujours cohérentes.

On peut alors passer à l'analyse prospective proprement dite, qui se traduit le plus souvent par des scénarios : apparition de tel système sur le marché, stagnation ou croissance des demandes pour tel usage... Ces scénarios permettent de donner des visions contrastées du futur.

Sur la base des scénarios identifiés, on peut aussi définir un programme de veille technologique, qui n'est utile que si on sait sur quels points spécifiques on veille, ces points étant donnés par les variables des scénarios.

La figure qui suit montre un exemple de scénario. Pour le construire, on commence par identifier les technologies crédibles à court terme, ce qui suppose de poser des hypothèses sur les usages. On met alors en évidence les stratégies et les évolutions possibles à long terme, compte tenu des stratégies des acteurs industriels concernés. Comme les acteurs dominants dans chaque zone géographique ne sont pas toujours les mêmes, les scénarios peuvent y être différents.

La dimension temporelle est primordiale. On conclut en particulier que si l'utilisation de la fibre est inéluctable, c'est à long terme seulement, et à condition que les usages en haut débit se développent très significativement. Le marché de la fibre à l'abonné ne se développe guère avant 2007-2008. En revanche, on découvrira la place importante des technologies radio dans les années 2001-2004.

Ce dernier point a contribué à l'essor des technologies hyperfréquences au LETI. L'analyse met donc en évidence une vision plutôt négative de l'avenir d'une technologie (l'optique intégrée sur silicium) face à ces applications, mais aussi des opportunités nouvelles.

Quelques trajectoires impactées en 1999

Après cette étude sur les télécoms large bande, un groupe de réflexion a été créé sur les télécoms mobiles, avec la participation du CNRS, où les chercheurs ont reproduit cette démarche d'analyse fonctionnelle. Un nouveau responsable de programme "télécoms" a été nommé au LETI, qui a maintenant une action volontariste dans le Réseau National de Recherche en Télécoms et vers les industriels de ce secteur. En revanche, l'étude a eu peu d'impact sur l'activité Optique Intégrée sur Silicium, qui s'est simplement orientée vers d'autres applications que la fibre à l'abonné.

Une autre étude a été réalisée en 1995 sur les technologies de réalité virtuelle ; on a créé longtemps après (en 1998...) un projet interdépartements à la DTA sur ce sujet.

À la suite d'une étude sur l'électronique moléculaire, le LETI a jugé que c'était un sujet trop proche de la recherche fondamentale pour s'y lancer vraiment, mais a formé un groupe de "veille stratégique" piloté par le LETI, avec le CNRS et d'autres chercheurs du CEA.

Conclusion

Malgré des tentatives de formalisation, ces analyses prospectives restent intuitives, et la façon de faire passer les messages est souvent plus importante que le message lui-même. Il faut être très objectif, ne pas accorder de confiance exagérée aux experts, être à la fois "dehors" pour comprendre ce qui se passe dans le monde, et à la fois "dedans" pour avoir une empathie avec les chercheurs et leur délivrer les bons messages.

DÉBAT

Insertion dans la DTA et le CEA

Un intervenant : *Où s'arrête la mission de la DTA ? Quels sont ses canaux de mise sur le marché ?*

Françoise Charbit : La mission de la DTA est de développer des technologies et de les transférer. 50 % du financement doit être trouvé sur la base de programmes, dont environ 15 % provient d'industriels. On ne fait une recherche que si on a identifié une voie d'application, mais la DTA ne fait pas de produits. Elle transfère ses technologies à des industriels.

Int. : *Existe-t-il des organismes analogues dans les autres directions du CEA ? Sinon, comment font-elles pour choisir leurs directions de recherche ? Si oui, interagissez-vous avec elles ?*

F. C. : Il n'y en a pas de strictement équivalente. Les directions nucléaires n'en ont pas besoin car elles ont un tout petit nombre de clients, et les divisions de recherche fondamentale fonctionnent comme le CNRS. À la direction générale du CEA, il y a une direction de la stratégie et de l'évaluation, qui établit les orientations de programmes du CEA en fonction des objectifs établis par les ministères de tutelle, sans développer réellement une réflexion de prospective technologique.

Int. : *Quels capteurs le CEA peut-il mettre à votre disposition ? Un réseau de relations avec des PME ? Des dispositifs de sensibilisation des chercheurs ?*

F. C. : Il y a beaucoup de tels capteurs, par exemple les postes scientifiques des ambassades à l'étranger qui donnent des renseignements partiels mais bons. Je suis maintenant chargée aussi de la veille technologique préalable à la réflexion prospective. Il reste difficile de rassembler des informations très précises, par exemple d'orienter l'attention des chercheurs qui vont à un congrès et de les motiver à fournir un retour.

Int. : *Utilisez-vous le réseau de conseillers technologiques mis en place par le CEA dans les régions, et qui visite en permanence des PME ?*

F. C. : J'y ai pensé mais ils ne donnent pas spontanément de retour. Leur mission est par ailleurs très différente de la mienne.

Méthodes de travail

Int. : *Avec qui travaillez-vous et sous quelle forme ? Il faut que les gens se rencontrent et réfléchissent en groupe. Mettez-vous des gens dans un "bocal" ?*

F. C. : Je fais principalement des enquêtes et des interviews, autant que possible avec un responsable de programme, la plupart du temps sous forme bilatérale. Je cherche des interlocuteurs avec une vue très globale et critique afin d'avoir une discussion pertinente. Il y a une difficulté avec nos clients industriels, qui ne comprennent pas toujours bien pourquoi on semble remettre en cause les coopérations établies.

Int. : *La participation d'un directeur de laboratoire est-elle suffisante dans vos études ? Votre rôle n'est-il pas de rapprocher un plus grand nombre de gens ?*

F. C. : Une personne suffit dans la phase d'étude. Les rapprochements ont lieu dans la phase ultérieure de suivi et d'animation méthodologique, qui consiste en grande partie à animer du travail en groupe.

Int. : *Dans quelle mesure travaillez-vous en réseau ? Comment peut-il y avoir des communications particulières en France pour certains sujets ?*

F. C. : Si je pense qu'un réseau existant peut m'aider, je le mobilise mais je n'ai pas les moyens d'en créer de nouveaux. J'attends des autres organismes qu'ils le fassent, car il se pose alors le problème du maintien des réseaux et de leurs compétences.

Int. : *Votre prospective est plutôt liée au marché. Ne faut-il pas la compléter par une prospective partant des ruptures technologiques ?*

F. C. : Oui, la plupart du temps, nous partons des technologies en portefeuille pour en rechercher les applications. Il nous arrive aussi de partir d'un marché pour identifier les technologies pertinentes, comme dans notre étude sur l'automobile. Mais la contrainte de ressources empêche de lancer des recherches nouvelles sans arrêter des travaux existants, ce qui rend la DTA peu réceptive à des propositions de prospective de ce deuxième type, alors que c'est elle qu'il faudrait effectivement privilégier.

Int. : *Un rappel sur le contexte : à sa création, le CEA était destiné à disparaître après avoir mis la France à niveau dans le domaine nucléaire. Il a survécu en étant présent hors du nucléaire, mais doit faire attention à ne pas trop sortir de son domaine et est donc contraint dans ses projets.*

Int. : *La vision du marché est fondamentale, mais tout ne vient pas des besoins des clients, il faut suivre les évolutions technologiques et innover. La vision technologique permet d'orienter la recherche et la veille. Chez Air Liquide, nous cherchons à mettre 20 % des ressources sur des idées issues de vision technologique, et nous laissons des marges de liberté aux chercheurs pour alimenter la pompe à idées.*

F. C. : Oui, mais les chercheurs peuvent s'égarer s'ils n'ont pas une certaine vision des finalités. Même les chercheurs fondamentaux demandent des orientations de la recherche vers des fonctions clés, car c'est une condition de survie.

Int. : *Intégrez-vous dans votre raisonnement la dimension propriété industrielle et à quel niveau ? comme source de technologies ? comme facteurs de blocage ? dans les orientations générales, les scénarios, les plans d'action ?*

F. C. : La stratégie de propriété industrielle ne m'appartient pas, mais on en tient compte après l'étude pour évaluer si un marché est accessible ou non, par exemple quand une voie est bloquée par des brevets existants. À l'inverse, on peut tenter de verrouiller un marché par des brevets du CEA.

Int. : *Comment envisagez-vous l'utilisation de méthodes du type Delphi, relativement mal vues en France ? On veut voir les grandes ruptures mais on écarte l'analyse fine des périodes probables d'émergence des innovations. Il existe une comparaison détaillée (réalisée par des hollandais) de huit exercices de prospective. La règle dans certains pays est de mettre 3 % des dépenses de R&D en prospective et 3 % en évaluation. Il semble qu'on ne le fait pas en France. Connaissez-vous de tels exercices ?*

F. C. : Delphi est un très bon outil à condition de poser les bonnes questions. C'est là que le bât blesse car pour poser les bonnes questions, il faut avoir une vision prospective. Par ailleurs, c'est un outil de consensus et non de "dissensus", ce qui me gêne en matière de prospective.

Int. : Carnot disait qu'il n'est pas utile d'analyser finement les évolutions des systèmes, car quelques variables macroscopiques suffisent à les décrire. N'est-ce pas un défaut de la pensée française qui nous empêche d'exploiter les exercices étrangers ?

F. C. : Le contenu technologique publié de ces études de type "foresight" est assez faible et peu exploitable pour les études que je fais.

Int. : Vous avez mis l'accent sur votre savoir-faire méthodologique et juste fait allusion au faire savoir ? Si vous présentez un scénario optimiste, les chercheurs à qui la conclusion est favorable diront : « cette prévisionniste est vraiment bien » ; si vos conclusions sont négatives, ils diront : « cette prévisionniste est vraiment nulle ». Une fois les scénarios élaborés, comment les met-on en scène pour faire accepter le message ?

F. C. : Dans l'élaboration des scénarios, je travaille toujours avec au moins une autre personne d'un laboratoire, par exemple les responsables de programme de la DTA. Je n'essaie pas de satisfaire tout le monde, mais tout en étant objective, j'essaie de proposer des actions positives, par exemple réorienter plutôt que laisser tomber.

Il y a des conversations de coulisse, des présentations formelles, un rapport officiel, des retours sur le rapport, et enfin des conclusions élaborées avec les chercheurs. Les scénarios forment la première itération, et la stratégie est élaborée dans une deuxième itération.

Utilité et validité de la prospective

Int. : Votre présentation me fait penser à Schopenhauer qui, dans *Le monde comme volonté et comme représentation*, disait que l'avenir est conditionné à la fois par les contraintes incontournables et par ce qu'on a envie qu'il soit. Je proposerais volontiers des études de prospective rétrospective où l'on se demanderait si les projections qu'on aurait pu faire en 1890, 1930, etc., se sont réalisées et sinon, pourquoi. Il serait étonnant que notre époque soit tellement originale qu'elle n'ait eu aucun précédent.

F. C. : Je ne cherche pas tellement à prévoir l'avenir, mais à caractériser des possibilités. Je vois ma fonction comme une aide au management, où ce qui est important, ce n'est pas la prévision en elle-même, mais de faire prendre conscience que l'avenir n'est pas prédéterminé, et d'orienter l'action en conséquence.

Int. : Il semble y avoir deux exercices parallèles de création d'options : en amont, choisir les options technologiques et les domaines de recherche ; d'autre part ancrer la survie de l'organisme dans des réseaux qui garantissent une rétroaction.

F. C. : C'est en effet un objectif majeur pour des organismes comme la DTA, mais les contraintes propres au CEA limitent les possibilités d'exploration de nouveaux domaines.

Int. : Il est très difficile de justifier la valeur ajoutée des études prospectives car leurs effets sont lointains et ambigus : ils se conjuguent toujours avec d'autres causes d'inflexion des axes de recherches. Mais même si leurs effets n'infléchissent que marginalement la stratégie des organisations de recherche, c'est déjà énorme. De très grandes institutions de recherche sont dépourvues de dispositif de prospective sérieux.

Int. : Dans "le hasard et la nécessité", Monod explique que le corps secrète en permanence des protéines nouvelles et apprend à éliminer celles qui sont dangereuses et à utiliser celles qui ouvrent des portes. Votre travail n'est-il pas un peu le même : fabriquer des clefs en attendant que se présentent les portes qu'elles ouvrent ?

F. C. : C'est vrai qu'on me dit parfois que ce que je fais ne sert à rien, mais il est aussi arrivé que des clefs servent après coup alors qu'on ne l'avait pas prévu. C'est frappant dans le cas de l'étude sur les télécoms.

Int. : *Un de vos apports est de montrer ce qui est possible, et de permettre aux chercheurs de partir gagnants. D'une façon plus générale, la science n'est pas perçue comme une priorité par le corps social en France. Le médiateur qui dit « ça peut servir à quelque chose » a un rôle fondamental à jouer.*

F.C. : La notion d'usage est nouvelle pour les chercheurs : ils raisonnent comme s'ils étaient les seuls utilisateurs, et leur faire prendre conscience de la dynamique d'évolution de ces usages est important.

Int. : *Souvent, les prospectivistes finissent par parler à la cantonade parce que personne ne les écoute dans leur entreprise, donc ils vont s'éclater à l'extérieur. Vous avez fait preuve de persévérance, et le hasard a fait que le travail que vous avez réalisé est utile. Y a-t-il beaucoup de gens dans d'autres organismes qui travaillent de la même façon ?*

F. C. : Oui, j'en connais quelques-uns. Beaucoup achètent des études et ne font que coordonner. Or il est fondamental de faire soi-même les études pour acquérir la crédibilité, et il faut être soutenu fortement par la direction pour persévérer.

Int. : *Votre rôle est un peu analogue à celui du fou du roi dans les cours anciennes, un personnage très protégé qui exprimait des choses que la prudence interdit de dire. N'est-ce pas votre fonction, et celle de l'École de Paris, que celle de générateur d'idées folles ?*

La vision et l'action

Int. : *Beaucoup de gens sont très tranquilles dans leur quotidien, et il est difficile de les sensibiliser aux menaces externes. Une des fonctions de la prospective n'est-elle pas de créer du souci ? Même dans un plan à long terme, certaines fenêtres de tir sont à très court terme. Certaines opportunités doivent être saisies, ou certaines menaces contrées immédiatement. Il faut le savoir avant pour ne pas les rater.*

F. C. : Je suis tout à fait d'accord, et c'est pour cette raison que la dimension temporelle est si importante en prospective.

Int. : *Un problème omniprésent est celui des rapports entre la vision et l'action, et de la perception de la précarité et de l'urgence à l'intérieur d'une vision à long terme. Les entreprises qui nourrissent la France sont des entreprises peu visibles, mais où les patrons ont un rapport étroit avec le marché et leur entreprise. À l'opposé, une étude de l'Institut des Entreprises montre que sur les cinq cents premières entreprises françaises, 85 % sont sur des marchés en régression. La France est riche d'épargne et d'investisseurs potentiels qui cherchent des idées et n'en trouvent pas assez. Il manque la capacité de monter des projets crédibles et de les présenter, et votre savoir-faire de médiateur devrait être utile à ces gens-là.*

Présentation de l'orateur :

Françoise Charbit : ingénieur en sciences des matériaux, docteur en gestion. Après une première expérience professionnelle dans l'industrie optoélectronique, a été consultante en stratégie technologique chez Thomson puis chez Bossard Consultants, avant

d'occuper le poste de prospective technologique à la Direction des Technologies Avancées du CEA.

Diffusion septembre 1999