

SEMINAIRE VIE DES AFFAIRES

Séance du 5 avril 1991 (2³° séance)

CRISE ET APPRENTISSAGE

par Françoise Charbit

(Le compte rendu a été rédigé par Michel Berry)

Etaient présents: M. Berry (CRG), F. Charbit (Thomson), F. Charue (CRG), P. Fridenson (EHESS), G. Y. Kervern (UAP), R. Laufer (HEC), P. Lefebvre (CGS), P. Lukacs (Thomson), M. Matheu (Annales des mines), J. P. Nioche (HEC), J. M. Oury (Générale des Eaux), F. Pallez (CGS), F. Tannery (PROMETHEE).

Bref aperçu de la réunion

Comment maîtriser les technologies compliquées destinées à des marchés fugaces? Réponse: en allant plus vite que les autres pour maîtriser les incertitudes techniques, commerciales et stratégiques. Comment ? En facilitant les apprentissages individuels et collectifs qui permettent de combler les lacunes des savoirs sur les tâches, les flux et l'allocation des ressources.

Les entreprises françaises sont-elles dans la course? Les tribulations d'une unité de haute technologie montrent que, si les situations de crise peuvent galvaniser les Gaulois, il reste à imaginer les manières d'entretenir leur mobilisation dans des situations plus normales.

Pour tout commentaire ou demande d'information contacter les animateurs du séminaire:

Michel BERRY
Directeur du Centre de Recherche
en Gestion de l'Ecole polytechnique

Jean-Marc OURY
Directeur de la Compagnie Générale des Eaux

1 rue Descartes 75 005 Paris Secrétariat tél: 46 34 34 38 52 rue d'Anjou 75 008 Paris



Françoise Charbit présente quelques aspects d'une thèse réalisée au CRG sous la direction de Christophe Midler. Le problème qu'il lui était proposé d'étudier était la gestion des "technologies émergentes", c'est à dire de technologies nouvelles et difficiles à maîtriser sur le plan technique, commercial et économique: lorsqu'elles sortent du laboratoire, on ne sait pas les industrialiser correctement, on ne connaît pas leur marché et on ne sait pas si elles vont devenir rentables ni si elles auront une importance stratégique. Dans un contexte fortement concurrentiel, ceux qui maîtrisent le plus vite ces variables font souvent des profits considérables, tandis que les moins rapides sont éliminés des marchés.

La capacité d'apprentissage des entreprises est alors un facteur décisif de compétitivité. On dit souvent que c'est une des grandes forces des entreprises japonaises, alors que les entreprises françaises maîtrisent mal le passage du laboratoire à l'industrie.

Pour instruire cette question, F. Charbit a pu profiter d'une bourse CIFRE avec Thomson. Jouant un rôle d'ingénieur qualité dans une unité de fabrication de puces électroniques, elle a partagé les affres du personnel confronté à un environnement technique et économique rebelle.

Pour l'exposé au séminaire, elle choisit de se restreindre à l'analyse d'une crise vitale pour l'organisation: pendant plusieurs semaines, on n'arrivait plus à fabriquer une seule puce, au moment même où des commandes de grands clients faisaient miroiter des marchés considérables. L'effervescence qui a suivi a montré comment les situations de crise peuvent contribuer à un apprentissage collectif. Par contraste, les périodes d'avant et d'après crise montrent combien il conviendrait de modifier les manières de faire traditionnelles des entreprises françaises pour que les tâtonnements quotidiens des acteurs soient vraiment mis à profit pour maîtriser les technologies émergentes.

QUEL AVENIR POUR LES PUCES D'OPTRONIC ?

L'unité étudiée par F. Charbit sera appelée Optronics. Elle ne comprend que 30 personnes mais engage de lourds investissements et fabrique des puces électroniques sophistiquées. Les quantités fabriquées sont faibles: 20 000 à 30 000 par an entre 1987 et 1989. Les puces ne sont pas vendues telles quelles car elles entrent dans la composition de boîtiers, dont les prix vont de 3 000 F à 15 000 F pour les composants télécoms courants, 60 000 F pour les plus sophistiqués, jusqu'à 100 000 F à 150 000 F pour les lasers de puissance. Les puces ne représentent que de l'ordre de 20 % de la valeur ajoutée mais elles ont une grande importance pour la qualité finale du composant.

Au moment où F. Charbit débute sa thèse, cette activité peut avoir une grande valeur stratégique si le groupe prend une position commerciale suffisante dans les marchés (immenses) des communications par fibres optiques ou des lasers de puissance. La concurrence est vive, en particulier de la part des Japonais. Et la fabrication est vraiment difficile à maîtriser: comment donc passer de la cuisine du laboratoire à la régularité et la prévisibilité des processus industriels qui permettent d'annoncer des volumes, des prix et des délais et de s'y tenir ?

Une technologie récente.

Le principe de la fabrication est pourtant simple. Sur une tranche d'un matériau très pur, le substrat, on élabore des puces qui sont ensuite découpées et testées. La fabrication des puces laser suit trois étapes, l'épitaxie, le process, la caractérisation.

L'épitaxie est un type particulier de croissance cristalline, consistant à faire croître un matériau sur un substrat en respectant la structure cristalline des matériaux. La technique la plus utilisée à Optronics est une épitaxie en phase gazeuse: des gaz arrivent dans une chambre de réaction à basse pression; dans certaines conditions de débit, de température et de pression, les molécules s'accrochent au substrat. Une structure laser est formée de l'empilement de couches de différents matériaux que l'on fait croître par épitaxie. L'épaisseur des couches, les taux d'impuretés qu'on y introduit influencent directement les caractéristiques du laser. Optronics fabrique deux types de lasers: à partir d'arséniure de gallium pour les lasers de longueur d'onde de 0,8 μm , à partir de phosphure d'indium pour des lasers 1,3-1,5 μm .

Le process comprend l'ensemble des opérations de traitement jusqu'à la puce. Grâce à la photolithographie on dessine les motifs des puces sur la plaque. Des métallisations de platine ou d'or sont ensuite effectuées par dépôt sous vide. Les plaques subissent un polissage et l'implantation d'ions qui permet d'activer ou d'inhiber certaines caractéristiques des matériaux. Enfin la plaque est découpée comme une plaque de chocolat, en creusant des lignes séparatrices et en exerçant une pression sur les parties à séparer. On obtient ainsi des puces minuscules de 0,3*0,35 mm et d'une épaisseur de 0,1 mm.

La caractérisation est le contrôle final. L'effet laser est observé en faisant passer un courant dans la puce. En fonction de la température et de la puissance de fonctionnement on mesure les paramètres électriques et optiques de l'émission. Les composants sont aussi testés en fiabilité (fonctionnement en continu pendant plusieurs milliers d'heures et mesure des dérives des principaux paramètres).

Une technologie mal maîtrisée .

Ce processus mobilise des techniques très récentes, les recherches ont démarré dans les années 1960, et l'empirisme prédomine:

- les lois physiques des phénomènes sont mal connues; on ne sait pas par exemple expliquer le mécanisme physique de la croissance cristalline dans l'épitaxie et l'influence des différents paramètres (au nombre de 25 au moins) reste mal connue;
- on ne sait pas effectuer de contrôle en cours de procédé et il faut attendre la fin du processus pour savoir si une plaque est bonne ou non;
- la durée de fabrication d'une plaque est de l'ordre de quatre mois, le verdict sur la qualité est donc très tardif; pourtant le délai de fabrication théorique est de 12 jours mais la fabrication est loin de répondre au principe du flux tendu: elle est cloisonnée entre différents métiers, les pannes des appareils sont très fréquentes et les stocks tampons abondants;
- il est fréquent que les plaques se brisent en de nombreux morceaux: elles sont très fragiles et la circulation des plaques entre les différentes opérations se fait à travers des circuits très compliqués et de nombreuses manutentions; ceci multiplie les risques de fausses manœuvres; quand une plaque est cassée, chaque morceau est traité comme une plaque, ce qui multiplie les problèmes d'organisation de la production;
- au total la production est très erratique par rapport aux procédés industriels habituels: le rendement oscille entre 0 et 5%, mais de façon aléatoire.

Une organisation cloisonnée.

L'organisation d'Optronix fait penser à un laboratoire plus qu'à une unité industrielle: des experts, maîtres chacun d'une ou deux tâches, travaillent pratiquement indépendamment les uns des autres. On observe en effet une séparation nette entre trois secteurs (épitaxie, process et caractérisation): séparation physique - les agents ne sont pas dans les mêmes locaux-, organisationnelles - chaque secteur a un responsable différent -, intellectuelle - les savoirs mobilisés sont très différents -. La communication entre les différentes parties de l'entreprise ne se fait que de manière informelle et incomplète.

On observe donc une juxtaposition de logiques locales et la production d'apprentissages locaux. L'apprentissage collectif de la maîtrise d'ensemble du processus se fait mal.

F. Charbit a multiplié les initiatives pour favoriser une meilleure articulation de la production et capitaliser les savoirs accumulés localement:

-création de fiches suivant chaque plaque, sur lesquelles devait être notées les informations relatives à chaque opération; bien qu'utiles pour faire l'analyse de l'effet des actions menées et mieux cerner le process de fabrication, ces fiches n'ont guère été remplies correctement;

- mise au point de tableaux de bord pour suivre les performances des produits;
- réunions des responsables des différents ateliers pour suivre l'avancement des opérations, traiter les problèmes de fabrication, examiner les indications des tableaux de bord; mais la fréquence de ces réunions était aléatoire et l'implication des participants incertaine.

La routine quotidienne de l'unité ne poussait donc pas à un apprentissage collectif et les initiatives prises pour aller dans ce sens se heurtaient à la résistance passive des acteurs. Leur identité avait plus à voir avec une identité de chercheur ou d'expert qu'avec celle d'industriel: cultiver son art, veiller à son indépendance plutôt que vivre dans les affrontements et les compromis quotidiens d'une organisation soucieuse d'optimiser ses flux. On produisait artisanalement des produits de haute technologie et c'était bien ainsi.

Pourtant les concurrents Japonais s'agitaient à l'extérieur et ceux-ci étaient en train d'enlever les marchés. Cette menace restait toutefois vague et lointaine aux yeux du personnel d'Optronic. Jusqu'au jour où ...

L'APPRENTISSAGE DANS LA CRISE.

On réalise un jour de mars 1988 qu'on ne sait plus fabriquer de bonnes plaques: toutes sont à jeter. Il s'agit de plaques récemment mis au point par le centre de recherche du groupe et permettant de fabriquer les lasers 1,3 μm , des produits d'avenir. Deux commandes importantes viennent d'être passées par deux grandes entreprises; si elles sont honorées dans les délais avec des produits de bonne qualité, ce sera l'entrée sur le gigantesque marché des télécommunications aux USA, sinon ce sera la mort d'Optronic. C'est en tout cas ce qu'affirment les responsables, mais il n'est pas sûr que les personnels soient tout à fait convaincus de la mort d'Optronic: l'argument leur a déjà été servi d'autres fois. Quoiqu'il en soit, le fait de ne plus arriver à produire est une atteinte à l'honneur et c'est suffisant pour provoquer un branle-bas de combat général.

Où l'on voit les idées de l'ingénieur qualité s'appliquer

Les ingénieurs s'agitent: il s'agit de trouver la cause du problème, sans doute une dérive d'un des paramètres, mais lequel ? On met même en doute les lois auxquelles on croyait et on décide de tester une trentaine d'hypothèses d'action. Il faut donc faire un grand nombre de tests en peu de temps. On décide de lancer des plaques toutes différentes, de les fabriquer au plus vite et de se tenir informé au jour le jour du déroulement des événements.

Miracle: voilà que les dispositifs de travail que F. Charbit avait en vain essayé de mettre en place en période de fonctionnement normal sont utilisés. Les plannings sont tenus au jour le jour; on se réunit toutes les semaines pour coordonner les actions; les fiches suiveuses sont remplies et analysées. Et même, le temps de fabrication des plaques atteint 12 jours, c'est à dire le temps théorique calculé par F. Charbit.

Simultanément la coopération engendre des conflits: des incohérences apparaissent et des procès d'intention fusent. Certains estiment qu'ils travaillent plus que les autres, ce à quoi les autres répondent que les premiers sont exagérément serviles. Ces conflits montrent a contrario les comforts du système précédent où chacun travaillait dans une raisonnable ignorance du travail des autres et expliquent les réticences des agents à aller dans le sens souhaité par F. Charbit.

Les événements se précipitent.

Malgré tout ce déploiement d'activité, on ne trouve pas la solution. En juin, le responsable de l'unité adresse un ultimatum: si 500 pièces bonnes ne sont pas fabriquées pour septembre, l'unité sera fermée. Scepticisme du personnel: plusieurs agents gardent confiance, non dans la capacité à résoudre le problème car on ne sait plus quoi penser, mais dans l'aptitude d'Optronic à survivre.

La tension monte malgré tout: les rôles de chacun sont remis en cause, de même que les compétences des experts. F. Charbit avait proposé quelques semaines auparavant des réunions quotidiennes au lieu de réunions hebdomadaires; la proposition est maintenant adoptée. Il avait été aussi suggéré de faire appel au centre de recherche du groupe et d'y faire des épitaxies pour voir s'il n'y avait pas de problème à ce niveau. Cette proposition, longtemps rejetée, est acceptée.

C'est alors qu'après 3 mois et demi de crise la solution est trouvée. L'explication tenait dans un facteur considéré comme sans importance: la durée de dépôt d'une des couches épitaxiées au centre de recherche était un peu plus longue que celle effectuée à Optronic.

L'épaisseur du dépôt était alors plus faible chez Optronix et ce paramètre avait dérivé sans qu'on s'en rende compte: on considérait d'ailleurs qu'il n'y avait aucun moyen de la mesurer. F. Charbit estimait pourtant qu'il devait bien exister un moyen mais l'épitaxieur affirmait que non.

Soulagement et retour à la vie normale

Une fois le problème repéré, on modifie le fonctionnement du réacteur d'épitaxie et les lasers commencent à sortir. La mobilisation reste grande car il faut fabriquer la quantité demandée; on sous-traite une partie du travail au centre de recherche pour rattraper le retard. Mais le stress retombe, les conflits interpersonnels s'estompent. La production devient efficace. On fête l'événement par un pot au personnel et une prime. Chacun peut partir en vacances satisfait.

Pourtant ces résultats sont trop tardifs et les deux marchés importants sont perdus, bien qu'aux yeux du personnel, la crise soit dénouée. Ultérieurement le département d'Optronix trouvera une nouvelle vie dans une activité d'études.

F. Charbit s'installe à temps plein au CRG pendant un an pour rédiger sa thèse. Ses contacts avec Optronix sont épisodiques mais il semble que la fièvre de l'apprentissage retombe et que les relevés, les plannings et les dispositifs de coordination tombent dans un relatif oubli.

ORGANISATION ET APPRENTISSAGE

F. Charbit a utilisé fréquemment le terme d'apprentissage dans son exposé. Elle précise que l'objet de sa thèse est de donner un sens précis à ce terme souvent utilisé dans des sens différents dans la conversation courante. Elle évoque les grandes lignes de son analyse, renvoyant à sa thèse plus de détails¹.

Dans les technologies émergentes, les acteurs mobilisent plusieurs types de savoirs:

- les savoirs sur les tâches: comment accomplir les tâches du processus d'exploitation (fabrication et vente)?
- les savoirs sur les flux: comment gérer un flux de production aléatoire, comment articuler et intégrer les différents savoirs sur les tâches?
- les savoirs sur les ressources: comment allouer les ressources humaines et financières à une activité? Comment gérer les personnes hautement qualifiées?

Ces savoirs sont incomplets et l'apprentissage est le processus d'essais et d'erreurs par lequel les acteurs complètent ces savoirs et les mémorisent. Les théories implicites ou explicites sur lesquelles se fondent les acteurs se confortent ou s'infirment au fur et à mesure qu'on découvre les résultats d'exploitation: quand un résultat imprévu survient, on peut être amené à remettre en cause les présupposés selon lesquels on agissait et à rechercher une théorie alternative. Lorsqu'une nouvelle théorie est trouvée, on la mémorise. Cette mémorisation est d'abord informelle: elle se trouve dans la tête de celui qui a fait l'effort d'analyse et de reconstruction, l'"agent d'apprentissage". Cette mémorisation peut être ensuite formelle: elle est alors inscrite dans l'organisation, sous forme de procédure, de consigne, voire intégrée dans l'appareillage technique.

L'exemple de la crise en fournit une illustration. On découvre qu'on ne sait plus produire: le savoir était incomplet puisqu'on ne trouve aucune réponse dans les connaissances disponibles. Commence un processus de tâtonnement, mais aussi de lutte contre les normes et les préjugés: les théories en usage sont ancrées dans des croyances et des rapports sociaux. Ici, l'épitaxieur pensait que l'épaisseur du dépôt n'intervenait pas et que d'ailleurs on ne pouvait pas la mesurer; de plus, faire appel au centre de recherche était un désaveu de sa propre expertise. Le processus d'apprentissage est donc douloureux car il prend son origine dans des remises en causes. Ceci explique sans doute que les crises créent des circonstances favorables en facilitant des remises en causes. Une fois la réponse trouvée, ici

¹ "La gestion des technologies émergentes: organisation et apprentissage", Françoise Charbit, Thèse de l'Ecole polytechnique, Paris, 1^o février 1991.

une dérive du réacteur d'épitaxie, on met à jour une nouvelle loi physique, la "loi des épaisseurs". Cette loi est d'abord mémorisée par les agents: tout le monde, et en particulier l'épitaxieur, se rappellera pendant longtemps que l'épaisseur joue un grand rôle. Elle est ensuite mémorisée dans l'organisation: après avoir fait quelques "manips" personnelles, F. Charbit vend à l'épitaxieur une méthode non destructive de mesure des épaisseurs. Cette méthode est ensuite intégrée au process. L'organisation a alors appris et mémorisé une nouvelle loi; elle a complété ses savoirs sur les tâches.

F. Charbit a alors formulé un schéma récursif du fonctionnement des organisations.

Toute organisation a deux fonctions, exploiter et apprendre. Les résultats de l'exploitation (production et vente) donnent des informations sur la pertinence des savoirs à l'œuvre. Ceci est en retour à l'origine d'un apprentissage sur la façon d'exploiter et d'une transformation des manières de faire. Les résultats obtenus donnent à nouveau des informations sur la pertinence des savoirs mobilisés et ainsi de suite. L'exploitation est donc source d'apprentissage et l'apprentissage modifie l'exploitation.

Au lieu de voir seulement l'entreprise comme un moyen de production, il convient donc de la voir comme un moyen d'exploitation et d'apprentissage et de s'interroger sur la façon dont elle réalise ces deux activités. La question est tout à fait cruciale pour les entreprises qui ont affaire à des techniques et des marchés rapidement évolutifs; elle conduit en particulier à étudier simultanément le système technique, le système social et les instruments formels et informels permettant de réaliser et de mémoriser les apprentissages:

- comment les acteurs sont-ils informés des effets de leur action, quelle est la rapidité des boucles d'apprentissage? une unité coupée du marché, des fonctions cloisonnées donnent des boucles longues et nuisent à la rapidité de l'apprentissage;

- comment les acteurs peuvent-ils remettre en cause les théories en usage? une organisation centralisée ou une organisation où la remise en cause des normes établies est difficile et le dialogue à sens unique (du haut de la hiérarchie vers le bas) aura du mal à assumer les décalages entre les théories en usage et les faits;

- comment les nouveaux savoirs peuvent-ils être mémorisés? certains savoirs sont mémorisés informellement et restent donc dans la tête des acteurs; une grande mobilité des personnes a alors pour effet de dilapider ces apprentissages; lorsque les savoirs sont mémorisés dans des procédures, des documents ou sont inscrits dans les dispositifs techniques, ils survivent aux personnes; les organisations où l'on valorise l'oral, l'informel, le bricolage ou l'exploit unique sont rebelles à cette mémorisation formelle.

Nanti de ce modèle, on peut s'interroger sur la capacité des entreprises à maîtriser les technologies émergentes. Et l'on voit que les principes usuellement à l'œuvre dans les entreprises françaises ne mettent pas ces dernières en position particulièrement favorable. Et que, sous réserve d'un inventaire plus précis des pratiques effectives dans les entreprises Japonaises, celles-ci paraissent beaucoup mieux armées pour maîtriser vite le grand nombre d'incertitudes inhérentes au lancement de produits compliqués sur des marchés fugaces.

ELEMENTS DU DEBAT

L'utilité de la notion d'apprentissage, les raisons des comportements des acteurs, la portée de l'exemple proposé par F. Charbit ont été les principaux points de débat.

Le terme d'apprentissage est à la mode: des économistes, des sociologues, des gestionnaires accommodent chacun cette expression à leur sauce. Comme à chaque fois qu'une nouvelle formulation est proposée, des chercheurs en contestent l'utilité pendant que d'autres expliquent que la notion est incontournable. Le séminaire n'a pas failli à la règle.

Un participant indique ainsi qu'il ne voit pas ce que la notion d'apprentissage apporte de nouveau par rapport aux travaux déjà anciens d'Herbert Simon, quand il a introduit la notion de "routines". Le message de Simon est simple: quand une routine (c'est à dire une manière de faire) marche, on continue, quand elle ne marche pas, on change; c'est, au fond le message de l'exposé, au demeurant fort intéressant. Pourquoi donc aller chercher des

notions aussi compliquées à manier que l'apprentissage. Par ailleurs, on pourrait croire avec cette formulation qu'une seule expérience suffit pour remettre en cause un savoir. La notion de routine évoque, elle, l'idée de répétitivité des actions et évite des erreurs de ce genre.

C. Midler répond que l'intérêt de la notion d'apprentissage, en tout cas selon la façon dont l'a mobilisée F. Charbit, est de mettre l'accent sur la façon dont se distribuent et se modifient les savoirs et non pas simplement sur la façon dont les routines structurent les actions des individus. En outre dire que, quand ça ne fonctionne plus on change de routines, est court pour comprendre le changement.

D'autres participants s'étonnent du temps qu'il a fallu pour qu'Optronik fasse intervenir le centre de recherche: était-ce lié à un cloisonnement interne, à une concurrence entre Optronik et le centre de recherche, à un désintérêt du centre de recherche pour des questions d'application? En réponse, il est d'abord précisé, qu'après coup, il est toujours facile de savoir ce qu'il aurait fallu faire; on pensait d'ailleurs au départ que l'épitaxie n'était pas du tout en cause; enfin aller chercher le centre de recherche était un désaveu de l'expertise interne. Un participant rappelle la façon en apparence curieuse dont la crise a été dénouée: on a su fabriquer les pièces et cela a suffi à résoudre la crise bien que le marché ait été perdu. On peut donc penser qu'il s'agissait d'une crise d'identité, mais d'une identité d'expert: on disait d'ailleurs que l'honneur était en jeu, ce ne poussait pas à chercher de l'aide à l'extérieur, au contraire. En revanche, si les agents avaient une identité d'industriels, ils auraient sans doute appelé à l'aide sans rechigner.

Il est alors demandé si la "loi des épaisseurs" a donné lieu à publication, c'est à dire s'il y avait de la gloire à gagner en résolvant le problème, gloire qui valait bien une collaboration avec le centre de recherche. Il est répondu qu'il ne faut pas surestimer l'importance des publications et de la valorisation externe des exploits des agents d'Optronik. Plutôt que de comparer Optronik à un centre de recherche, C. Midler trouve plus pertinent de le comparer à un lycée: dans un lycée, chaque professeur fait une opération sur un produit appelé élève. C'est un expert dans son domaine, mais d'un genre particulier: les savoirs qu'il enseigne l'intéressent mais rarement pour faire des publications; le savoir faire pédagogique le préoccupe et il apprend progressivement son art mais il ne ressent généralement pas le besoin de le diffuser largement. Les procédures de coordination entre les professeurs sont rares: ils ont peu de temps et à quoi bon chercher des conflits avec les collègues? Il faut des circonstances très exceptionnelles pour que les professeurs se coordonnent de près et discutent de leurs façons respectives de contribuer à la formation d'un élève. Il en est un peu de même ici, ce qui explique qu'il faut une crise grave pour provoquer des processus d'apprentissage exigeants.

Des participants évoquent des cas où ils ont vu des crises semblables et trouvent à cet égard stimulant l'apport de F. Charbit. Un autre estime que nombreuses sont les entreprises confrontées à de fortes incertitudes techniques, commerciales ou stratégiques. Il a souvent constaté que les acteurs étaient désarmés face aux nombre d'incertitudes à lever en peu de temps. Pour lui le message de la thèse est: *"ne raisonnez pas seulement en termes de production mais aussi d'apprentissage"*. Message tout simple mais très important, voire révolutionnaire, si l'on mesure les révisions qu'il implique dans les manières de faire des entreprises françaises.