HAL
open science

Le PEA : nouvel outil de politique technologique et de gestion de l'innovation de défense dans un environnement turbulent

Renelle Guichard, Dominique Foray

To cite this version:

Renelle Guichard, Dominique Foray. Le PEA : nouvel outil de politique technologique et de gestion de l'innovation de défense dans un environnement turbulent. 2001. hal-00292963

HAL Id: hal-00292963

https://hal.science/hal-00292963v1

Preprint submitted on 9 Oct 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Institut pour le Management de la Recherche et de l'Innovation

Working Paper IMRI
2001

IMRI, Université Paris Dauphine, 75775 PARIS CEDEX 16 / Tel : 33.(0)1.44.05.42.92 - Fax : 33(0)1.44.05.48.49
site internet : http://www.dauphine.fr/imri

CONTRAT N° 99.34.086

TITRE

Le PEA :
nouvel outil de politique technologique et de gestion de l'innovation de défense dans un environnement turbulent

OBJET

Analyse des différents processus décisionnels et de leur application dans les Etudes Amont du Domaine Composants

TITULAIRE

IMRI
Université Paris-Dauphine
75775 Paris cedex 16

RAPPORT DE SYNTHÈSE FINALE

par

Dominique FORAY
Renelle GUICHARD

Le présent document a été établi en exécution du contrat CTM n° 99.34.086 passé par la Direction des Systèmes de forces et de la Prospective (Délégation Générale pour l'Armement)

juillet 2000 – 1ère version
avril 2001 – 2ème version

Nous tenons tout particulièrement à remercier

les ingénieurs du Département Technique *Composants Electriques, Electroniques et Optroniques*
(Service de la Stratégie et des Techniques et Technologies Communes,
Direction des Systèmes de Force et de la Prospective) de la Délégation Générale pour l'Armement,
pour le temps qu'ils nous ont consacré,
avec une attention particulière à M. Malier, Responsable du Domaine;

Ainsi que Mr Debout, Chef de la Division Technique du STTC,
Et M. Quenzer, Chef de la Sous-Direction Scientifique du SREA,
Pour leurs conseils et remarques sur une première version du présent rapport ;

SOMMAIRE

INTRODUCTION **p. 5**
Objectif de l'étude et méthodologie p. 5
Hypothèse et résultats p. 7

PREMIERE PARTIE :
ANALYSE DU PEA SELON CINQ DIMENSIONS **p. 8**

Section 1:
le PEA: outil de sélection et de mise en cohérence des objectifs et des options techniques **p. 10**
1 – Le problème : multiplicité des objectifs et des options d'innovation p. 10
2 – L'analyse approfondie des domaines et sous-domaines p. 11
3 – L'analyse systématique doit faire ressortir " l'écologie " du (sous-) domaine p. 15
4 – Bilan : un effet positif de rationalisation des décisions p. 16

Section 2 :
Le PEA comme modalité d'intégration des utilisateurs **p. 17**
1 – Le problème : intégrer l'utilisateur p. 17
2 – Bilan : l'effet d'intégration des utilisateurs contre-balancé par l'effet de répression des innovations du côté de l'amont ? p. 17

Section 3 :
Le PEA comme outil de formalisation des objectifs et de suivi et d'évaluation des projets **p. 19**
1 – Première asymétrie : le contrôle interne p. 19
2 – Corollaire du contrôle interne : l'amélioration des compétences de la DGA en matière d'achat, acquisition et commande p. 20
3 – Seconde asymétrie : la maîtrise des relations avec les fournisseurs p. 21

Section 4 :
Le PEA comme outil de gestion de processus complexes d'apprentissage **p. 22**
1 – Le problème : la complexité des processus d'apprentissage p. 22
2 – Le PEA comme structuration de formes d'organisation complexes p. 24

Section 5 :
Le PEA comme dispositif de mémoire organisationnelle **p. 25**
1 – Le problème : la mémorisation et le partage des savoirs p. 25
2 – Le PEA, support de la mémoire organisationnelle ? p. 27

Section 6 :
Bilan, synthèse **p. 28**

DEUXIEME PARTIE :
RECOMMANDATIONS, MODELES ET SUGGESTIONS **p. 30**

1 - Comment préserver la capacité d'innovation de l'amont dans un système piloté par l'aval ? p. 30
2- Quelles incitations pour le management de la connaissance ? p. 32
3 – Comment changer " l'écologie " d'un sous-domaine ? p. 33
4 – PEA et dualité p. 35

CONCLUSION **p. 37**
Résultats p. 37
Axes d'amélioration p. 38
Axes de recherches futures p. 38

Références **p. 40**

INTRODUCTION

Objectif de l'étude et méthodologie

Cette étude porte sur l'évaluation économique d'une nouvelle procédure de politique technique mise en œuvre à la DGA depuis 1997 : le Programme d'Etude Amont (PEA). Il s'agit d'une nouvelle méthode d'initialisation et de suivi des études amont, réalisée à l'instigation de la DGA.

Une description des Programmes d'Etude Amont

Les Etudes Amont (EA) du ministère de la Défense sont des recherches et études exclusivement appliquées. Elles couvrent un domaine allant de la recherche scientifique ou technique jusqu'à la réalisation de maquettes ou la mise au point de démonstrateurs, expérimentations comprises.

Elles visent des objectifs déterminés du seul point de vue de la défense et restent toujours rattachées à la satisfaction d'un besoin militaire prévisible. Le besoin est déduit du Plan Prospectif à 30 ans (PP 30). Le PP 30 sert ainsi de référentiel pour tout le ministère et pour les industriels de l'armement ; il a vocation à être ultérieurement l'outil du dialogue avec les états européens partenaires.

L'orientation des Etudes Amont résulte ainsi d'une approche top-down[1] qui consiste à définir les besoins de recherche et d'études à partir des besoins de préparation des programmes d'armement futurs, à la différence de la démarche bottom-up qui était plus présente auparavant.

Les Programmes d'Etude Amont sont pour la plupart (2/3) rattachés à

- des Plans Structurants, qui regroupent, ordonnent et mettent en cohérence l'ensemble des actions technologiques à réaliser pour améliorer une capacité opérationnelle donnée ;
- des Projets Fédérateurs, qui regroupent l'ensemble des travaux à mener en vue de préparer un futur grand programme d'armement et débouchent sur un démonstrateur représentatif du système ou du concept envisagé ;

Le reste étant consacré à des actions transverses de technologies de base, à des études de base et des études ponctuelles aptes à enrichir et à ouvrir des voies à de nouveaux plans structurant ou projets fédérateurs.

La conduite des Etudes Amont a été rénovée et inspirée de la conduite des programmes d'armement : les PEA sont conduits suivant les mêmes méthodes que les programmes d'armement, avec un objectif clairement défini, un terme calendaire explicite, un coût total et un échéancier précisés ; l'évaluation des PEA est effectuée en continu, à tous les stades d'avancement du PEA, par des personnes indépendantes de la réalisation de l'étude, opérationnels, spécialistes et experts de la défense et extérieurs au monde de la défense (Groupe de Pilotage).

[1] L'orientation du processus PEA que nous envisageons dans la suite du document est celle qui ressort de nos entretiens au département Composants. Une orientation plus « bottom up » est peut être ressentie dans d'autres départements, mais elle ne sera pas développée dans cet article.

La mise en place récente de cette procédure rend relativement difficile toute évaluation d'impact sur la dynamique générale de la politique technique de la DGA, sur ses capacités d'innovation et sur la qualité des relations entre les Etats Majors, la DGA et les industriels. Il est apparu notamment que les ingénieurs en charge de la préparation et du suivi des PEA n'avaient pas encore suffisamment de recul pour en évaluer tous les effets. Cependant, les entretiens qui ont été effectués restent d'une grande utilité pour saisir la complexité des problèmes posés et la manière dont ce nouvel outil peut permettre d'y répondre. Ces entretiens ont été réalisés dans le cadre de quatre sous domaines techniques particuliers du domaine Composants : infrarouge, hyperfréquence, traitement du signal et génie électrique. Ces enquêtes ont été complétées par plusieurs entrevues avec le Responsable du Domaine.

Liste des entretiens

- Michel Amiet, responsable du sous-domaine *Génie Electrique*;
- Laurent Malier, Responsable et Directeur des PEA du Domaine Technique *Composants Electriques, Electroniques et Optronique*s;
- David Manjarrès, ancien responsable du sous-domaine *Traitement du Signal*;
- François Murgadella, responsable du sous-domaine *Hyperfréquences*;
- Joaquim Nassar, responsable du sous-domaine *Traitement du Signa*l;
- Jean-Christophe Peyrard, responsable du sous-domaine *Infra-Rouge*;

Hypothèse et résultats

Notre hypothèse générale est que le PEA est appelé à résoudre cinq types de problèmes, relativement classiques en économie de l'innovation :

- Premièrement, il affine la réflexion entamée lors de la définition de la politique technique et sectorielle du domaine. Celle-ci vise à établir une méthode systématique d'analyse du domaine et des sous-domaines, d'une part pour sélectionner les objectifs et les options techniques parmi une multiplicité de scénarios possibles, et d'autre part pour définir une certaine cohérence des choix de politique technique. A la suite de cette étape de pré-définition des axes d'étude, la démarche de sélection des PEA organise la concertation et permet une mise en cohérence des choix effectués.

- Deuxièmement, la procédure permet une implication forte des utilisateurs ; ce qui cependant peut conduire à une certaine réduction des initiatives de " technology push ".

- Troisièmement, il oblige à une formalisation des objectifs et des paramètres du domaine. Il renforce ainsi le contrôle des programmes au sein même de la DGA, ainsi que la maîtrise des relations avec les fournisseurs.

- Quatrièmement, il permet une meilleure gestion de l'organisation de la production des connaissances dans des domaines où la complexité de cette organisation peut être très élevée. Parcequ'il formalise à l'avance les différentes itérations et qu'il explicite le passage du projet d'un lieu à l'autre, il renforce en effet la visibilité des projets de recherche et facilite leur traçabilité.

- Cinquièmement, enfin, il peut constituer un dispositif d'amélioration et de partage de la mémoire organisationnelle de la DGA.

Après avoir envisagé ces cinq contributions à la politique technique et à la gestion de l'innovation de défense, nous présenterons dans une seconde partie des recommandations et des suggestions. Celles-ci pourront porter sur des questions d'organisation et d'incitation, d'optimisation d'apprentissage. Elles porteront enfin sur une interprétation plus générale des PEA à partir de la théorie financière des options réelles.

PREMIERE PARTIE :
ANALYSE DU PEA SELON CINQ DIMENSIONS

En effectuant une revue rapide des théories économiques consacrées à l'innovation et à la gestion du changement technique, on observe que cinq grands problèmes sont souvent rencontrés :

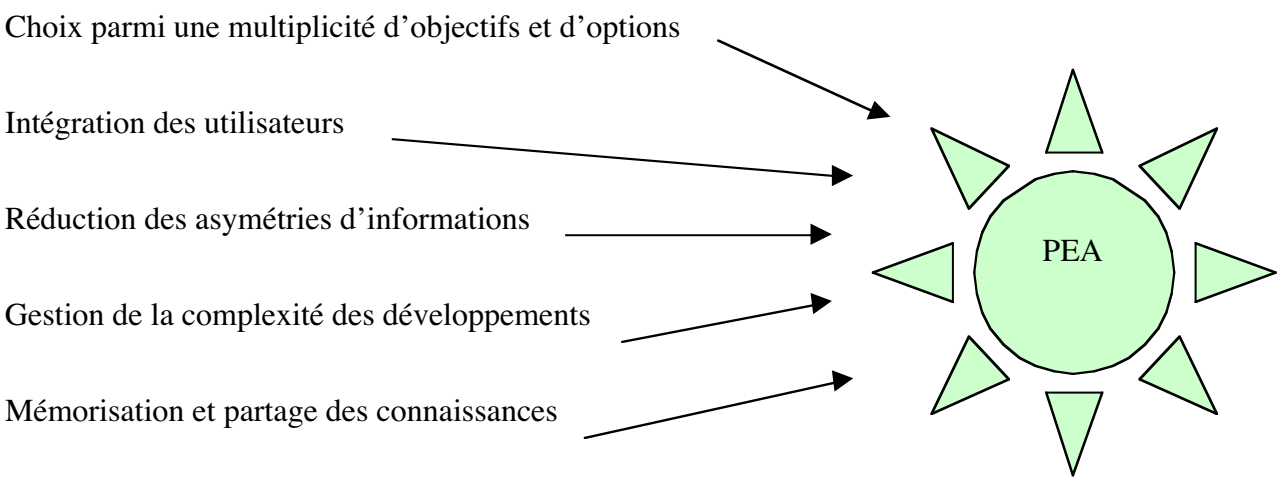


Schéma 1

Le premier problème est posé par la multiplicité des objectifs et des options ou variantes, ce qui introduit aux questions de choix, critères de décision et mise en cohérence de ces choix. Il importe en particulier de développer une base de critères pour comparer de manière systématique les alternatives et les variantes. La qualité et la précision des arbitrages seront d'autant plus satisfaisants que l'organisation sera intégrée dans les réseaux d'acteurs de la recherche (civile, européenne).

Le deuxième problème est posé par l'importance des utilisateurs, en tant que source d'innovation et de connaissance, ainsi que par la difficulté à réellement intégrer ces utilisateurs dans le processus d'innovation (très vrai pour un domaine technique « de base » et transverse comme les Composants).

Le troisième problème est posé par l'existence d'asymétrie d'information entre ce qu'il est convenu d'appeler un " principal " (celui qui commande une étude ou un développement) et un " agent " (celui qui l'exécute). Ces asymétries rendent difficiles le contrôle et le suivi des projets, tant en interne de l'organisation que dans la relation avec les contractants. Il importe donc de les réduire.

Le quatrième problème est posé par la complexité des cycles de développements. Cette complexité implique la recherche de formes de gestion appropriées pour minimiser les coûts de transactions (transferts de technologies, transferts de personnel), qui résultent de la séquentialité et du caractère itératif du processus d'apprentissage.

Le dernier problème est posé par la difficulté à partager et mémoriser les connaissances dans une organisation de grande taille, caractérisée par une mobilité assez grande des individus. La mise en place de procédures actives de mémorisation constitue un dispositif essentiel en vue de l'amélioration des performances de l'organisation, tant dans son fonctionnement interne que dans ses interactions avec ses partenaires potentiels (cf. acteurs réseau du point 1).

Or c'est bien dans ces cinq dimensions que le PEA, en tant que procédure nouvelle d'initialisation et de suivi des études amont, intervient.

Section 1 : le PEA: outil de sélection et de mise en cohérence des objectifs et des options techniques

Pour un domaine technique donné, la diversité des objectifs et des options ou variantes est très grande ; ce qui introduit aux questions de choix, critères de décision et mise en cohérence de ces choix. Dans cette optique, on peut envisager deux voies de résolution :

- Lorsque le besoin est quantitativement et calendairement déductible des besoins exprimés dans le document de Politique Technique et Sectorielle (PTS) –complémentaire du PP30, l'action du Directeur Technique consiste en un arbitrage des priorités, sous contrainte de ressources limitées. On est alors typiquement dans la logique top-down qui prévaut dans les études de défense ;

L'autre alternative correspond au cas d'une démarche ascendante. C'est là précisément la situation du département Composants, qui se situe en bout de chaîne des architectures de systèmes d'armes : à partir des tendances et des besoins génériques, il va s'agir, sur la base d'une importante activité de veille, de gérer et exploiter la dualité du domaine de la microélectronique et de définir des critères permettant de sélectionner entre une multitude d'options.

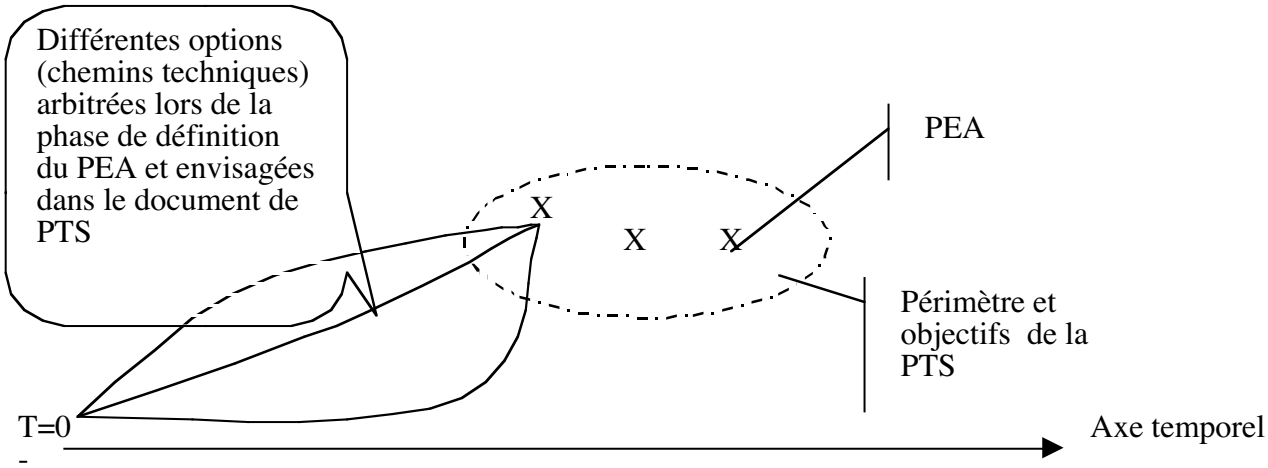


Schéma 2
Le PEA : outil de sélection et mise en cohérence des objectifs et options techniques

1 – Le problème : multiplicité des objectifs et des options d'innovation

La difficulté de la gestion de la technologie dans le cadre du DT/CO résulte d'un triple impératif:

- accélération du recours aux technologies civiles (X) ;
- évaluation des technologies civiles émergentes (Y) ;
- démonstration de l'intérêt et de l'applicabilité de technologies qui échappent au domaine civil (Z).

Ces trois impératifs déterminent trois types de projets, appelés ci-dessous X, Y et Z, et conditionnent trois familles d'action correspondant Xi, Yi, Zi. Pour le domaine en général, ainsi que pour les sous-

domaines, il s'agit donc de déterminer une sorte de combinaison optimale entre les X, Y et Z et de faire de même respectivement pour les Xi, Yi et Zi. En outre, il convient de prendre en compte la nécessité de " *préparer l'avenir* ", c'est-à-dire d'aller au-delà de la stricte couverture des besoins identifiés et de mener des activités exploratoires afin de fonder les réflexions portant sur la préparation des futurs PEA.

Par exemple, DORIANE, qui est un PEA impliquant à la fois les sous-domaines du traitement du signal et de l'hyperfréquence, articule :

- un projet consistant à valider la capacité à utiliser des composants électroniques civils (X) ;
- un projet de nouvelles méthodes de modélisation (Z) ;
- un projet de démonstration de radar aéroporté (Z).

TIGRE, qui touche également les deux sous-domaines, comprend :

- un projet d'évaluation, pour des applications de guerre électronique, des technologies de composants utilisés dans les télécommunication et en particulier dans les portables (X/Y) ;
- un projet de développement d'une technologie nouvelle (nitrure) (Y/Z).

Dans le cadre du sous-domaine de l'infrarouge, un PEA porte plus particulièrement sur une activité de type exploratoire (WELL) tandis que DIAM et DIM sont des projets de développement endogène (Z).

Le choix des objectifs (à partir de besoins génériques exprimés au sein des instances de pilotage) et la sélection des " cheminements techniques " pour parvenir à ces objectifs sont des opérations très difficiles, tant la variété des options est grande. Notre hypothèse est que **la procédure PEA (et également l'exercice de rédaction du document de PTS) oblige à expliciter et donc à analyser de façon approfondie le domaine et les sous-domaines. Il y a donc un effet de la procédure qui oblige, en quelque sorte, à une formalisation systématique des enjeux et des variantes.**

2 – L'analyse approfondie des domaines et sous-domaines

Cette analyse approfondie est notamment nécessaire pour préparer les décisions de " choix radicaux " (exemple : AsGa versus GaN) et d'impasses. C'est donc la question de savoir sur quel projet Z doit-on allouer des ressources et quel projet va-t-on laisser de côté. La difficulté de la question est grande car elle se pose dans une double dimension : celle de l'espace des technologies et celle du temps (les arbitrages d'aujourd'hui sont forcément différents de ceux de demain).

Les choix qui sont faits doivent prendre en compte de façon systématique les critères suivants :

- les prévisions d'évolution (courbe d'apprentissage) respectives des différentes technologies. Il s'agit de comparer l'impact relatif d'un même montant de financement sur deux technologies qui sont à des stades différents de développement (schéma n°3) ;

- les perspectives de développement dans le domaine civil, ainsi que l'existence d'autres sources d'approvisionnement (en Europe, aux Etats Unis) ;

- ces deux premiers critères définissent un ensemble de questions, relatives au bon timing de lancement d'un projet. En effet, trois temporalités doivent être articulées : le cycle de développement de la technologie (temps d'arrivée à maturité), le temps de latence du domaine civil et enfin le délai d'intégration du composant au système (schéma n°4) ;

- le caractère plus ou moins critique de l'objectif technique par rapport à l'évolution de tel ou tel équipement (la corrélation entre la disponibilité du composant et la performance du système permet de savoir s'il s'agit d'un composant critique) ;

- le maintien de compétences très spécifiques, qui peut se poser lorsqu'on sait de façon relativement précise que telle technologie, non utilisée en t, devra être réactivée en t + dt. Sans stratégie explicite de maintien de compétences, le coût de la réactivation peut devenir très important. Le redémarrage *ex nihilo* d'activités abandonnées peut être très coûteux car les équipes ont été dispersées, les savoir-faire perdus (exemple des technologies durcies aux radiations ionisantes ou des écrans plats). En outre, le maintien de plusieurs centres de compétence permet d'échapper à des relations de trop forte dépendance.

La considération de cet ensemble de critères permet de créer une base d'analyse relativement solide pour les décisions relatives aux choix de projets et d'impasses. Plutôt que d'un choix binaire, il serait plus pertinent de parler d'une triple alternative : payer pour développer, payer pour voir, ne pas payer. Enfin, il faut considérer que le développement d'une technologie peut être limité à une partie de son domaine d'application (telle ou telle fréquence), ce qui accroît encore la complexité du choix.

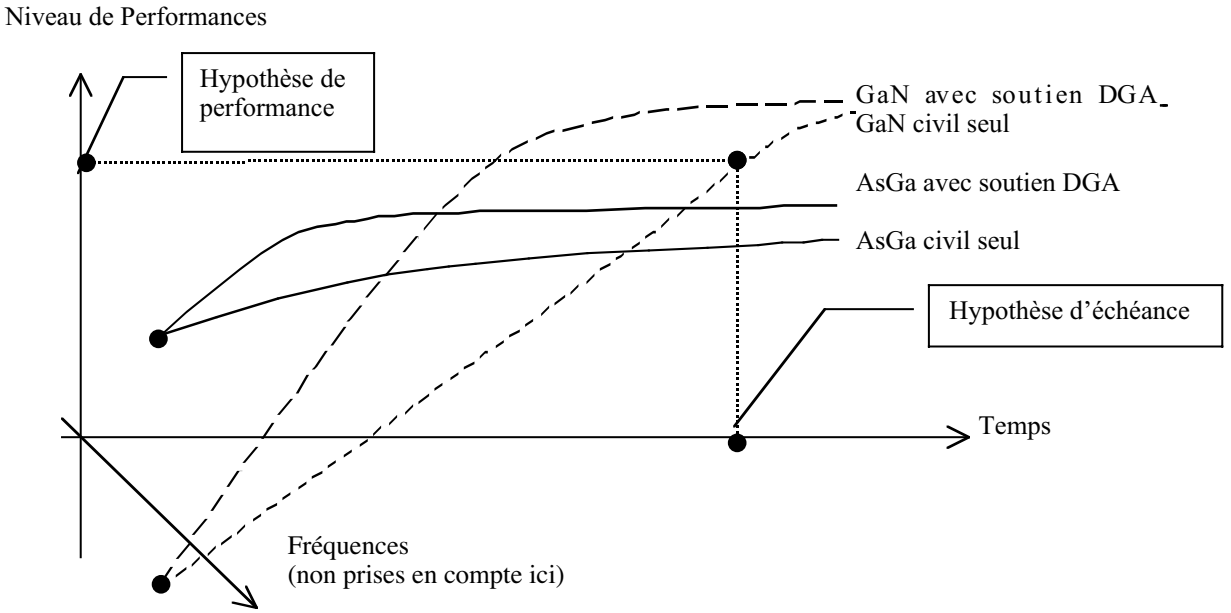
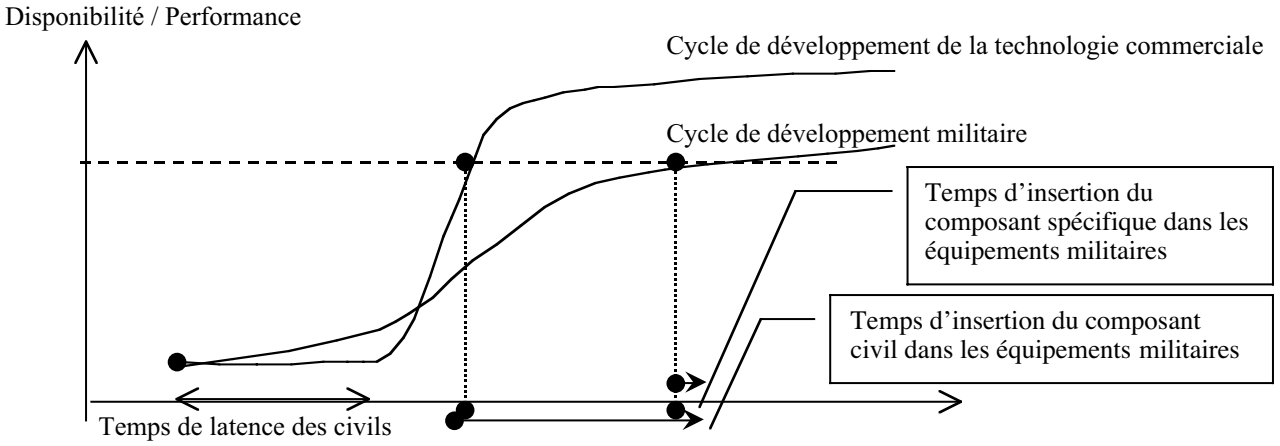


Schéma 3 : Comparaison de l'impact relatif d'un même montant de financement sur deux technologies qui sont à deux stades différents de développement.



On raisonne donc en tableau :

Temps caractéristiques	
1.1 Temps d'arrivée à la « maturité requise » sur fonds DGA	3.1. Délai d'intégration du composant spécifique au système
1.2 Temps d'arrivée à la « maturité requise » sur fonds civils	3.2. Délai d'intégration du composant commercial au système
2. Temps de latence du domaine civil	

On compare le « délai civil » [T2 + T1.2 + T3.2] au délai « défense » [T1.1 + T1.3]. Une difficulté supplémentaire réside dans l'introduction d'effets de spillovers : un premier cycle d'investissements défense [T1.1] peut réduire le temps de latence [T2].

Schéma 4 : Les 3 temporalités à articuler (arbitrage entre recours aux technologies civiles et démonstrateurs technologiques endogènes).

Selon la position des différents critères retenus, tel ou tel choix sera fixé, en sachant que toute impasse, d'une part est temporaire (même s'il existe toujours un coût de " reprise ") et d'autre part peut n'être que relative si d'autres sources d'approvisionnement existent potentiellement. Dans le cas où l'impasse est fondée sur la disponibilité potentielle d'une source civile, on peut parler d'une sorte de transfert de Z vers X ou Y. Ce cas de figure peut notamment être illustré par les technologies millimétriques ou encore les packaging céramique; Dans ces deux cas le soutien de la Défense a été arrêté en conséquence de perspectives optimistes de démarrage commercial (qui s'est vérifié dans les deux cas).

Le savoir " faire des impasses " est sans aucun doute une compétence-clé. En effet, le taux de couverture des études-amont est très faible face à l'éventail des technologies. L'impasse doit être considérée positivement, en tant qu'élément de la politique technique. Ceci signifie que l'impasse a une double dimension : d'une part c'est une décision d'économie de ressource selon laquelle le coût d'opportunité du projet abandonné est supérieur au coût d'opportunité du projet adopté. Mais d'autre part, c'est aussi une information qui possède une certaine valeur. **Autrement dit, loin d'être considérée comme une défaillance qui devrait être cachée, l'impasse doit être révélée et clairement affichée afin de favoriser les prises de conscience nécessaires. Mettre en lumière l'importance des impasses, c'est souligner la nécessité pour la DGA d'être intégrée dans des réseaux au sein desquels elle pourra prendre une connaissance « intime » des axes de R&D et des positions de ses partenaires.**

L'analyse systématique du domaine est aussi nécessaire pour élucider l'ensemble des questions que soulève le recours aux technologies civiles. Ces questions qui sont relatives aux projets X et Y portent à la fois sur la création d'opportunités d'usage des technologies civiles et sur l'exploitation des opportunités existantes.

La création d'opportunités repose sur l'identification et l'évaluation de technologies émergentes (par exemple, les technologies basées sur la supra-conductivité, utilisées dans les stations de base en communications mobiles) qui sont explorées en tant que base possible des futurs systèmes. Cette identification/évaluation peut aller dans les deux sens. Soit on repère un " driver " civil et on analyse son potentiel et son applicabilité. Soit on repère des marchés civils émergents pour un " driver " militaire (exemple de DIAM dans le domaine de l'infrarouge).

L'exploitation des opportunités revient à développer des méthodologies d'emploi de composants " sur étagère ", en vue de limiter les risques qu'engendre un approvisionnement à une source " non dédiée ". **L'importance des projets X et Y est très grande. Ces projets permettent de faire les bonnes impasses et facilitent " l'accrochage " aux technologies civiles disponibles. L'étude des marchés commerciaux permet également, à revers, d'entrevoir des potentialités de marché pour des technologies initialement spécifiques (ex : AsGa, SOI). En prenant en compte ces opportunités dans le montage des PEA, il est alors envisageable de « créer des étagères » !**

3 – L'analyse systématique doit faire ressortir " l'écologie " du (sous-) domaine

Il est possible de définir trois types de situation (certains auteurs parleraient d'écologie ; cf. Arthur, 1996).

- Le sous-domaine est quasi-strictement militaire (exemple : infrarouge refroidi) ;
- Le sous-domaine est mixte (une part majoritaire des besoins peut être couverte par les technologies civiles) mais faiblement coopératif (il y a peu de concertation entre les domaines civil et militaire pour l'élaboration des choix : les militaires sont les « suiveurs ») –exemple du Traitement du Signal ;
- Le sous-domaine est mixte et fortement coopératif (exemple : le génie électrique ou les hyperfréquences).

En fonction de cette catégorisation, les problèmes de mise en cohérence changent de nature.

Ainsi, dans le cas d'un sous-domaine quasi-strictement militaire (infrarouge refroidi), la problématique se réduit aux bons choix de Z et les impasses sont faites, compte tenu de leur caractère quasi-absolu (même si d'autres sources militaires peuvent exister –dimension européenne en coopération).

Dans le cas d'un sous-domaine mixte, non coopératif, les PEA doivent être l'occasion de développer des politiques volontaristes de recours à des technologies civiles, qui sont développées de manière totalement exogène (aspect X/Y).

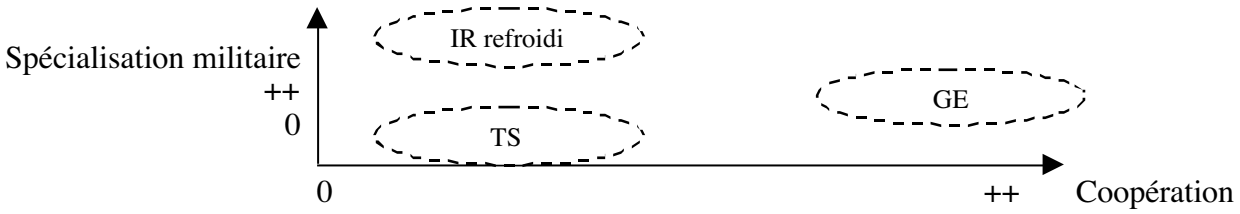


Schéma 5 : L'écologie des sous-domaines

Dans le cas d'un sous-domaine mixte et fortement coopératif, les PEA militaires apparaissent comme un élément intégré à un ensemble de dispositifs d'incitation et de coordination. Ainsi, s'élaborent des collectifs et des domaines communs, qui créent les conditions favorables à la cohérence des choix entre le civil et le militaire. Tout un ensemble de dispositifs organisationnels peut être mis en place pour favoriser la concertation et l'action collective entre les deux domaines. Nous proposerons dans nos recommandations finales des pistes permettant de faire évoluer l'écologie des sous-domaines (pour une gestion pro-active de la dualité).

4 – Bilan : un effet positif de rationalisation des décisions

La procédure PEA – qui oblige à présenter et à expliciter de manière détaillée des objectifs et cheminements techniques – incite à l'analyse systématique et globale du domaine, à la réflexion sur les temporalités, sur les prévisions d'évolution des différentes techniques ainsi que sur les potentialités de la R&D civile. *La préparation des PEA est donc en elle-même un processus qui produit de la connaissance sur le domaine et ses perspectives d'évolution*. Elle s'étend donc de la veille à la prospective technologique. Il y a donc une forme de rationalisation des choix, qui est à mettre au crédit de la procédure.

Section 2 : Le PEA comme modalité d'intégration des utilisateurs

Un résultat important des théories récentes sur l'innovation renvoie au rôle essentiel des utilisateurs sophistiqués (les " lead users "), en tant que source d'informations et de connaissances. La mise en évidence de nombreuses situations de " découverte dans un contexte d'application " fonde ce constat du rôle irréductible de l'utilisateur (celui qui applique la technologie) dans les processus d'innovation. De récentes études montrent que ce rôle est notamment clé dans le domaine de la production de systèmes complexes, tels que les systèmes d'armes (von Hippel, 1988, Hobday, 1998).

1 – Le problème : intégrer l'utilisateur

Un problème essentiel de l'organisation de l'innovation est donc l'intégration de ces acteurs dans le processus général d'innovation. Il s'agit bien d'un problème car cette implication ne va pas de soi du fait de l'incapacité des fournisseurs à reconnaître le rôle des utilisateurs dans les processus de production de la connaissance. En conséquence, de nombreuses organisations ne créent pas les conditions propices à cette intégration. Nous entendons par-là qu'elles n'incitent en rien les représentants des fournisseurs qui sont au contact des utilisateurs à faire " remonter " l'information et la connaissance vers les fournisseurs. Ceci est d'autant plus dommageable dans les secteurs où les utilisateurs sont en fait des " lead users ". Par " lead-users ", nous évoquons les utilisateurs dont la base de connaissance est suffisamment sophistiquée pour développer et formaliser une connaissance spécifique, liée aux conditions d'exploitation " locales " de la technologie. Ce sont aussi les utilisateurs qui ont des besoins relativement en avance sur les besoins moyens du marché et qui sont prêts à contribuer à la recherche des solutions correspondantes à ces besoins. Or, les programmes d'innovation de défense correspondent assez bien à une situation où les " lead users " sont susceptibles de jouer un rôle important.

2 – Bilan : l'effet d'intégration des utilisateurs contre-balancé par l'effet de répression des innovations du côté de l'amont ?

La procédure du PEA, qui implique les Architectes des Systèmes de Force et les Etats Majors au niveau du comité de pilotage, favorise l'intégration des utilisateurs au sein du processus général d'innovation. Il est permis d'attendre de ce bouclage un certain nombre d'effets positifs en termes de circulation de la connaissance et production d'innovations. Ces effets positifs sont évidemment

conditionnés par la capacité des utilisateurs présents dans les comités à nourrir effectivement le processus d'innovation.

Un effet malencontreux doit cependant être évoqué. Toute forme organisationnelle qui tend à impliquer fortement les utilisateurs dans les processus de décision revient à avantager le pilotage par l'aval (ou par la demande) au détriment des initiatives venant de l'amont. On peut ainsi considérer que certaines sources d'innovation sont pénalisées. En particulier le foisonnement d'idées exploratoires, qui caractérise les phases amont de développement des technologies, risque d'être réduit par un pilotage trop strictement dépendant des vœux des utilisateurs. Dès lors, c'est toute une capacité d'innovation qui serait atrophiée. On peut cependant penser que le problème n'a pas la même acuité, selon que le domaine considéré est plus ou moins éloigné du produit final. Ainsi, le DT/CO est très éloigné, séparé des architectures finales par toute une série de médiations complexes, qui rendent presque impossible la tâche de déduire des objectifs-aval (produit final) les spécifications les plus pointues en matière de composant. Du fait de cette situation de circuit très long, la marge d'initiatives innovantes relevant du DT/CO est beaucoup plus grande que dans le cas de domaines où les objectifs peuvent être déduits très directement des souhaits formulés en terme de produit final (radars par exemple).

Il reste qu'une tension réelle est à l'œuvre, pour ne pas dire une contradiction entre la logique de pilotage par l'aval (" top down "), qui possède des vertus évidentes et la logique d'initiatives technologiques de l'amont (" bottom up ") (voir nos recommandations).

Section 3 : Le PEA comme outil de formalisation des objectifs et de suivi d'exploitation des projets

Toute relation contractuelle dans le domaine de la recherche et de l'innovation est caractérisée par une asymétrie d'information, typique d'une relation " principal-agent ". Cette relation caractérise les liens qui s'instaurent entre un agent économique disposant de l'initiative, de ressources et d'informations et cherchant à atteindre un objectif (le principal, ici la DGA) et un autre agent avec lequel le premier conclut un accord pour la réalisation de cet objectif.

Ces problèmes d'asymétrie d'information viennent de ce que le principal risque de ne pas pouvoir observer correctement l'ensemble des comportements de l'agent (problème dit de " risque moral "). Ensuite, il risque de ne pas pouvoir observer correctement l'ensemble des caractéristiques de l'agent et de son environnement (problème dit de " sélection adverse ").

Une double relation principal-agent est en jeu dans la procédure d'élaboration et de suivi des PEA :

1. CONTROLE INTERNE DGA *Rendre compte, informer*	
Principal ↔	Agent
Groupe de pilotage du PEA	DPEA

2. MAITRISE DES RELATIONS AVEC LES FOURNISSEURS *Piloter*	
Principal ↔	Agent
DPEA Ingénieur chargé d'affaire	Industriel

1 – Première asymétrie : le contrôle interne

Ce premier déséquilibre est relatif aux asymétries d'information qui peuvent exister entre les gestionnaires de projet (ingénieurs du département composants et DPEA) et le comité de pilotage (qui oriente et évalue les travaux). Le mode de contractualisation antérieur requérait certes des objectifs formalisés avec des échéances, mais il ne permettait pas le contrôle interne que permet le

PEA. L'établissement d'un Programme d'Etude Amont suppose en effet la formalisation d'un certain nombre de questions :

- le besoin générique (la cible technologique) ;
- l'objectif visé par le PEA ;
- les montants de dépense envisagés par phase ;
- les modes d'utilisation du résultat (insertion dans un équipement, input pour des développements ultérieurs) ;
- les possibilités de coopération internationale ;
- l'état de l'art civil et militaire (notamment aux Etats Unis) ;

Lors de la présentation des projets au comité annuel de sélection (composé du Directeur des PEA du domaine, de membres du service de recherches –SREA, d'Architectes des Systèmes de Force et de représentants des Etats-Majors) l'argumentaire détaillé du PEA permet d'affirmer les positions arbitrées par le directeur des PEA.

En outre, le PEA apparaît comme un bon outil de suivi du projet, en définissant clairement les objectifs et les coûts et en établissant un système de tranches conditionnelles, mises en œuvre en fonction de l'accomplissement d'objectifs intermédiaires que l'on peut facilement évaluer. D'ailleurs son suivi et son évaluation sont formalisée par une grille, ce qui aurait été inenvisageable avec la procédure précédente. La formalisation du PEA permet une continuité dans l'assurance de son adéquation aux besoins.

2 – Corollaire du contrôle interne : l'amélioration des compétences de la DGA en matière d'achat, acquisition et commande

En conséquence, *cette formalisation des objectifs et des critères de choix, dans le cadre de la préparation d'un PEA, est un élément important qui change la nature de la relation contractuelle avec l'extérieur*. L'élaboration ordonnée des projets en interne du ministère réduit fortement le risque d'arrivée de projets " tout ficelés " par les industriels. La préparation du PEA devient un espace où le projet se construit à l'instigation des ingénieurs de la DGA et où les positions des ingénieurs sont arbitrées sur la base d'une réflexion approfondie et argumentée. Le cahier des charges devient un support important de la négociation, qui rétablit un certain équilibre entre l'acheteur et le fournisseur.

2 – Seconde asymétrie : la maîtrise des relations avec les fournisseurs

Dans un second temps, et en relation avec le constat précédent, on voit très bien que les relations DGA-industriels sont également susceptibles de ces types d'asymétries. Le problème de risque moral est par exemple celui d'une difficulté à contrôler effectivement le déroulement d'un projet ; le problème de sélection adverse est par exemple celui de la difficulté à savoir si l'objectif de maintien des compétences affiché par l'industriel suffit à justifier le choix d'un projet.

Au regard de ces questions, le PEA permet de réduire les asymétries d'information et notamment le double problème de risque moral et sélection adverse, en obligeant à une formalisation des objectifs et du déroulement du projet et en facilitant le contrôle de son déroulement (cahier des charges).

Pour résumer, **le PEA devrait avoir un impact positif sur le " savoir acheter " de la DGA**. Mais pour que cela se réalise, l'élaboration du cahier des charges doit respecter un niveau de précision technique des travaux relativement élevé (une description de projet se réduisant à quelques phrases ne jouerait plus ce rôle de réduction d'asymétrie d'information). Alors, les procédures de suivi butent fondamentalement sur cette contradiction bien connue entre la volonté d'explicitation et de formalisation des objectifs intermédiaires et finaux et, d'autre part, la nécessité de maintenir une certaine souplesse et flexibilité pour tenir compte des évolutions non prévisibles du projet.

_Section 4 : Le PEA comme outil de gestion de processus complexes d'apprentissage

La complexité de l'organisation des apprentissages et des développements est en général très grande (von Hippel, 1994). Cette complexité implique la recherche de formes de gestion appropriées pour minimiser les coûts de transactions complexes, qui portent sur la connaissance technologique.

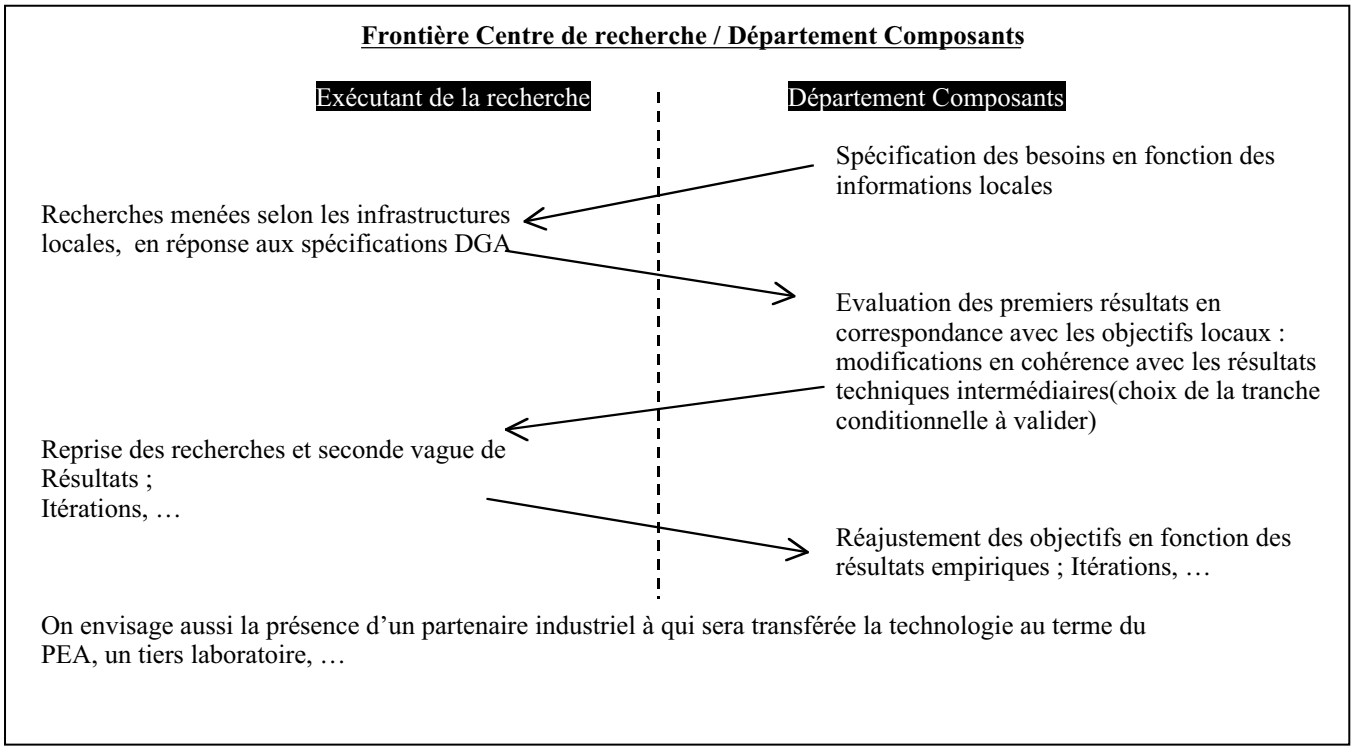
1 – Le problème : la complexité des processus d'apprentissage

Les projets de type X, Y ou Z peuvent être caractérisés par des niveaux de complexité technologique élevés. En outre, pour la plupart, ils requièrent la mobilisation de " capacités de résolution de problèmes " qui sont situées dans des lieux différents. Par exemple, de nombreux projets mobilisent une institution de recherche et un industriel.

Dans la mesure où les connaissances technologiques restent le plus souvent " adhésives " (traduction de " sticky "); autrement dit, elles ne sont pas facilement transférables d'un lieu à un autre, il est impossible de rassembler l'ensemble de ces connaissances technologiques en un seul lieu afin de résoudre l'ensemble des problèmes qui se posent. Il est donc fréquent de recourir à des procédures d'itération successives entre les différents sites. Autrement-dit, lorsque la solution d'un problème requiert l'accès à des connaissances " adhésives ", situées sur deux (ou plus) sites, l'activité de résolution de problèmes se déplacera de façon itérative d'un lieu à un autre (schéma 6).

Ces itérations s'observent d'autant plus que le besoin est « mal défini » en amont, ou qu'il est réorienté en cours de route ; ce qui est manifestement le cas lorsque l'on mène des projets de recherche dans des domaines très évolutifs (dynamiques) comme celui des composants microélectroniques, pour lequel les analyses (d'impact, de besoin, de spécificité) sont susceptibles de varier en cours de déroulement de PEA.

schéma n°6



Ce modèle d'itération sera d'autant moins coûteux que le transfert de l'ensemble des connaissances adhésives se fera sur un seul lieu de résolution de problèmes. Les méthodes de prototypage rapide sont d'ailleurs conçues explicitement pour faciliter les interactions répétées entre acheteur et fournisseur. Dans une méthode de prototypage rapide pour le développement de logiciel, le fournisseur répond aux besoins initiaux formulés par l'acheteur en développant rapidement un prototype peu coûteux et aisément modifiable, qui simule les fonctionnalités du logiciel. L'acheteur apprend alors à utiliser le prototype dans le contexte de son environnement spécifique et détermine de nouvelles spécifications auxquelles le fournisseur tentera de répondre, et ainsi de suite.

Une autre source de complexité organisationnelle est liée au caractère séquentiel du processus de développement. Telle brique technologique est développée en t dans un laboratoire de recherche. Puis, en t+3, elle sera intégrée dans équipement, chez un industriel. On retrouve ici un niveau élevé de complexité organisationnelle, lié à la mobilisation de lieux multiples et à la nature adhésive des connaissances. Mais la solution au problème réside moins dans l'optimisation des processus d'itération que dans la partition du problème général en sous-tâches – chacune pouvant être exécutée sur un lieu unique ; la question étant d'assurer la " sortie " de la brique de l'institut de recherche puis son traitement chez l'industriel. Or un tel processus se heurte souvent à l'obstacle bien connu sous

l'expression " Non Invented Here ", qui reflète simplement la difficulté à assembler des compétences et des connaissances, engendrées et mises en œuvre dans des sites différents.

2 – Le PEA comme structuration de formes d'organisation complexes

Ainsi, dans tous les cas évoqués – lieux multiples de résolution des problèmes et connaissances " adhésives " - les processus d'organisation sont éminemment complexes. Notre hypothèse est que **la procédure de PEA permet de mieux maîtriser la complexité organisationnelle des cycles de développement technologique**, que nous venons d'évoquer

Le PEA permet de prévoir, sur cinq ans par exemple, le déroulement du processus de développement, en formalisant les différentes itérations et en explicitant le passage du projet d'un lieu à un autre. Par son contenu synthétique, il renforce la visibilité des projets de recherche et facilite leur traçabilité. La mobilité des équipes ou des individus, qui est une réponse à la nature adhésive de la connaissance, peut être également formalisée voire optimisée. Il permet de prévoir et d'organiser la circulation des équipes et la mobilité des personnes, moyen essentiel de surmonter l'obstacle du " NIH ". On peut ainsi formaliser la nécessité pour l'industriel d'être présent en amont, et pour les équipes de recherche d'accompagner leur " brique " jusqu'à son entrée en développement industriel.

Section 5 : Le PEA comme dispositif de mémoire organisationnelle

1 – Le problème : la mémorisation et le partage des savoirs

Les questions associées à la mémoire organisationnelle et au partage des savoirs sont particulièrement importantes pour les performances d'une organisation. Le fait de ne pas engager de stratégies délibérées de la gestion de connaissances peut entraîner des pertes importantes, liées notamment à la redondance des actions, répétition des erreurs et faible cumulativité des connaissances. Si les procédures de résolution de problème sont effectuées exclusivement au niveau local, elles vont certes bénéficier du contact direct au problème qu'il convient de résoudre. Mais d'un autre côté, la résolution de problème au niveau local accroît le risque d'élaboration de solutions spécifiques, qui ignorent les expériences passées ; lesquelles seraient potentiellement de valeur face au problème considéré. Les petites organisations, caractérisées par une certaine stabilité de l'emploi, peuvent surmonter ce problème en développant des réseaux personnels performants.

Les grandes organisations sont confrontées à des difficultés plus grandes dans le domaine de la réutilisation de connaissances déjà existantes pour résoudre des problèmes déjà rencontrés. Il y a au moins trois obstacles (Steinmueller, 2000) :

- premièrement, il convient d'identifier les faits saillants (" salient feature ") d'un problème particulier, qui le rendent " similaire " à des problèmes que l'organisation a rencontrés dans le passé ;
- deuxièmement, il convient de localiser la source d'information pertinente (c'est à dire, les acteurs qui avaient su résoudre ce même type de problème) ;
- troisièmement, dans le cas où il est impossible de retrouver l'individu ayant les connaissances, il convient de retrouver l'information par d'autres biais.

Ces trois difficultés – être capable d'identifier dans un problème " nouveau " ce qui le rapproche de problèmes déjà rencontrés ; être capable de retrouver les individus ayant résolu des problèmes de même nature ; être capable de retrouver l'information sans le recours aux individus – constituent les problèmes de " mémoire organisationnelle " les plus courants que les grandes organisations doivent affronter.

Les organisations ont le choix entre deux grandes stratégies (Hansen et al., 1999). Soit, *la connaissance est codifiée de façon systématique*, de sorte qu'il soit possible de la stocker dans des

bases de données. Celles-ci sont accessibles et exploitables facilement par tous les employés. Soit, *la connaissance reste tacite*, elle est fortement liée à la personne qui l'a développée et est partagée grâce aux contacts directs entre les employés.

Selon le premier modèle dit de *" codification ",* les organisations développent des méthodes de codification, stockage et ré-utilisation de la connaissance, à travers une approche de type " personne-vers-document ". La connaissance est extraite de la personne qui l'a développée, elle est rendue indépendante de cette personne, classée et ré-utilisée. Cette approche permet à de nombreux employés de rechercher et retrouver la connaissance emmagasinée, sans avoir à contacter la personne qui l'a initialement développée. Ce modèle est particulièrement intéressant pour les organisations qui sont confrontées en permanence au même type de problème et d'attente de la part de leur clientèle et dont l'objectif est de fournir un service rapide et bon marché. La ré-utilisation efficace de la connaissance codifiée est un dispositif essentiel au service de la stratégie générale de l'entreprise.

Selon le second modèle dit de *" personnalisation "*, les organisations privilégient le dialogue entre les individus plutôt que le stockage des connaissances dans les bases de données. Pour que ce modèle fonctionne, il convient d'investir fortement dans les réseaux interpersonnels et de développer une culture de la mobilité et de la relation directe entre les personnes. Ce modèle sera plutôt choisi par les organisations qui sont le plus souvent confrontées à des problèmes et des attentes uniques, pour lesquels la connaissance mobilisée est par définition nouvelle. Les services fournis sont coûteux et demandent un certain délai. On est dans une logique d'expertise plutôt que de ré-utilisation de connaissances standardisées.

Bien évidemment chaque organisation s'efforce de combiner les deux stratégies mais les meilleures organisations semblent plutôt privilégier l'une d'entre elles, utilisant l'autre de façon marginale. Il est clair que les différents aspects de la gestion de la connaissance auront certaines particularités selon que l'organisation se situe dans le modèle de la codification ou dans celui de la personnalisation.

Observons quelques différences entre les deux modèles :

- *Le rôle des nouvelles TIC* : elles sont partout essentielles mais, alors que dans le modèle de la codification, l'ordinateur est au centre de la stratégie, il est surtout utilisé dans l'autre modèle pour favoriser la communication entre les gens et non pas pour stocker la connaissance.

- *Les incitations* : dans le modèle de la codification, il importe d'encourager les personnes à expliciter et écrire leurs savoirs puis à ranger ses documents dans les systèmes d'information. Dans le modèle de la personnalisation, il faut récompenser les personnes qui prennent le temps de partager leur connaissance dans le cadre de relations interpersonnelles directes.

- *Le stockage et la capitalisation* : alors que le stockage à court terme de la connaissance est réalisé rapidement et facilement dans le modèle de la codification, l'archivage (stockage de long terme) de la connaissance codifiée peut poser de graves difficultés. Dans le cadre du modèle de la personnalisation, la capitalisation de la connaissance dépend crucialement des capacités de mémorisation et de transfert des personnes elles-mêmes.

2 – Le PEA, support de la mémoire organisationnelle ?

La création d'une mémoire organisationnelle peut être considérée comme un élément essentiel pour la stratégie de la DGA, dans la mesure où l'environnement est turbulent et la mobilité des personnes non négligeable. Sans préjuger des stratégies qui seront mises en place, on peut cependant émettre l'hypothèse que la procédure de PEA est clairement une procédure de codification des connaissances et, de ce point de vue, *elle contribue à la préparation de l'organisation à une gestion active de son patrimoine de connaissance*. Cependant, l'effort de documentation ne peut se limiter à la rédaction correcte d'un cahier des charges, ni même aux rapports d'études, intermédiaires et finaux. La capitalisation de connaissances sur les méthodologies utilisées pour résoudre tel problème, voir même sur les procédures de discussion et de négociation avec les fournisseurs est également cruciale. Un apport important de la procédure PEA à ce sujet réside dans la « réunion de clôture » des programmes. Au cours de cette réunion, le membres du groupe de pilotage examinent les résultats du PEA, prennent du recul sur les méthodes utilisées et la qualité des résultats (exercice d'évaluation). Le compte rendu de telles réunions pourrait servir d'exemple de « brique de base » de la bibliothèque de connaissances de la DGA.

Section 6 : Bilan, synthèse

Nous avons montré l'intérêt de la procédure par rapport à un certain nombre de problèmes, assez classiquement rencontrés en économie et gestion de l'innovation :

- **ordonnancement, hiérarchisation et cohérence des choix dans des domaines où la diversité des objectifs et des cheminements techniques est très grande ;**
- **intégration des utilisateurs dans les processus d'innovation ;**
- **contrôle interne et maîtrise des relations avec les fournisseurs (industriels, laboratoires de recherche) ;**
- **gestion de la complexité des développements technologiques ;**
- **consolidation de la mémoire organisationnelle.**

Bien évidemment, ces contributions ne sont que potentielles. Elles ne deviennent effectives que si l'esprit de la procédure est respecté. Celui-ci implique la spécification et la description détaillées des objectifs, des phases et des processus de développement ; la mobilisation des personnes adéquates dans les groupes de pilotage ; la codification approfondie non seulement des résultats mais aussi des méthodes de résolution des problèmes ainsi que des formes de pilotage des relations avec les fournisseurs.

Dans la mesure où l'esprit de la procédure est respecté, on peut s'attendre à une évolution de l'organisation, qui acquiert progressivement de nouvelles qualités : amélioration des compétences en matière d'achat, acquisition, commande et contrôle interne ; accroissement des capacités de vision et de prospective dans les domaines techniques ; extension de la base de connaissances grâce à des processus performants de ré-utilisation des savoirs. On peut donc penser que, en créant cette nouvelle procédure, la DGA s'est dotée d'un outil lui permettant de se transformer, pour définir des modes de gestion de l'innovation, qui soient en meilleure adéquation avec son environnement. Bien évidemment, cet argumentaire n'est construit que sur la base d'un seul cas, qui est celui du DT/CO.

Cependant, la mise en place de la procédure et son développement introduisent de nouvelles tensions organisationnelles, que nous avons soulignées :

- d'une part, la tension entre le pilotage par l'aval et la création d'opportunités au stade de l'amont. Cette tension se décline à plusieurs niveaux ; celui de l'organisation interne (tension entre les spécifications déduites depuis l'aval et la capacité d'innovation au stade amont) ; celui des inter-relations avec les organisations civiles (tension entre une logique militaire " top down " et un foisonnement d'innovations civiles " bottom up ").

- d'autre part, la tension entre l'explicitation et la formalisation des procédures et la flexibilité permettant l'évolution des projets. Là encore, cette tension apparaît à plusieurs niveaux : celui de la gestion d'un projet (comment conserver une certaine souplesse tout en améliorant la capacité de contrôle ?) et celui de la base de connaissances codifiées (comment percevoir et identifier des opportunités technologiques radicalement nouvelles dans un système fortement codifié ?).

C'est notamment autour de ces tensions que nous élaborons à présent quelques recommandations.

DEUXIEME PARTIE :

RECOMMANDATIONS, MODELES ET SUGGESTIONS

Ces recommandations émergent de l'analyse en cinq dimensions des PEA que nous avons faite. En effet des thèmes similaires sont évoqués dans ces cinq dimensions. Ils forment donc la trame de nos recommandations.

1 - Comment préserver la capacité d'innovation de l'amont dans un système piloté par l'aval ?

- La stratégie générale d'un domaine comme construction d'un portefeuille d'options

Le premier problème posé par l'approche " top down " renvoie à la difficulté de concilier la logique de satisfaction d'un besoin militaire prévisible et la logique d'exploitation d'opportunités non prévues dans les stades amont. Concilier ces deux logiques suppose la mise en place d'un système de management technologique qui puisse capturer " le meilleur " de chacune des logiques. Dans la plupart des modèles d'organisation, conçus pour maintenir cette dualité et assurer une combinaison optimale entre le " top down " et le " bottom up ", on cherche à préserver des marges d'initiatives, indépendantes des besoins exprimés. Dans cette perspective, on peut penser à un système de PEA « exploratoire » (étendre le mécanisme des Recherches Exploratoires aux Domaines Techniques), qui serait l'instrument de soutien d'initiatives innovantes, prises au stade amont, indépendamment du pilotage aval.

Un tel mécanisme se justifie pleinement si l'on applique la théorie des options réelles aux stratégies de R&D (Jacquet, 1999). Chaque PEA correspond en fait à la construction d'une option ; laquelle sera exercée ou non, suivant le résultat. Autrement-dit, pour une somme relativement minime (prix de l'option équivalent au budget du PEA), on achète la possibilité d'apprendre et de s'informer avant d'investir plus lourdement. On peut alors considérer la stratégie générale d'un domaine technique comme un processus de construction d'un portefeuille d'options.
Or la théorie des options réelles enseigne que la valeur de l'option croît avec l'incertitude sur le résultat (car l'incertitude peut impliquer des écarts importants soit en négatif soit en positif mais le

principe même de l'option limite les pertes puisque, en cas d'échec, on ne perd que le coût de l'achat de l'option). Il y a donc toujours intérêt à avoir dans son portefeuille un petit nombre d'options hautement incertaines, correspondant à des PEA de type exploratoire et indépendant du pilotage aval.

- L'exploitation des opportunités offertes par les réseaux de recherche technologique

Le second problème est relatif à la difficulté de la recherche défense – organisée de façon " top down " à profiter du foisonnement d'innovations de la recherche civile. On peut penser que dans certains domaines techniques, par exemple les lasers, un nombre non négligeable de PME développent des recherches et mettent au point des innovations technologiques potentiellement exploitables pour l'évolution des systèmes d'armes. Or **le risque est grand que la défense passe à côté d'innovations qui n'entrent pas dans le plan général de réponse aux besoins fixés en référence au Plan Prospectif**. Il s'agit là d'un problème très actuel, qu'illustre la difficulté de la DGA à s'insérer dans les réseaux de recherche technologique, dont le principe de base est de faire largement appel à des propositions de projet par les firmes. On peut penser que la seule manière de bénéficier de cette potentialité d'innovations offerte par ces réseaux de recherche est que la **représentation des intérêts de la DGA**, dans les comités d'évaluation des projets, soit assurée effectivement par les chargés d'affaire qui ont la responsabilité des PEA dans un sous-domaine technique. Ce sont eux qui sont les personnalités les plus qualifiées pour identifier les projets " bottom up " les plus intéressants, en vue de les greffer sur les programmes d'Etude Amont.

Par ailleurs, rappelons que dans le cadre de l'analyse approfondie du domaine et des sous domaines, il est nécessaire que les ingénieurs chargés d'affaire soient en étroite relation avec les réseaux d'acteurs de la recherche civile (nationale et européenne). Cette insertion leur permettra de **prendre une connaissance « intime » des axes de R&D et des positions de leurs partenaires et ainsi d'affiner leurs arbitrages**.

Dans une dernière perspective, la représentation de la défense dans les réseaux de recherche (par exemple RNRT pour le domaine composants, mais aussi MEDEA, PIDEA, …) nous suggère la mise en place d'un outil nouveau : les « **appels à idées** ». Ces instruments de contractualisation de la recherche sont développées aux Etats-Unis, notamment sous la forme des MURI (Multidisciplinary University Research Initiatives), déclinés ensuite aux besoins des armées (citons par exemple le DURINT : Defense University Research Initiative on NanoTechnology, lancé par la US Navy).

Le principe de ces « appels à idée » est celui d'une proposition ouverte de sujet de recherche. Le besoin est précisé sans aucune spécification. Pour illustrer ce principe, un exemple de formulation relevé dans les appels à idée américains est : « *la compréhension des propriétés de catalyse des nanostructures et le développement de méthodes d'exploitation* ».

Dans le cadre actuel de la passation des marchés de défense, ce type de proposition se heurte à de nombreux écueils (pas assez formalisé pour passer en achat, principe de mise en concurrence non conforme au code des marchés publics, …). Il faudrait alors envisager un autre mode de financement. Cet outil est cependant à nos yeux une piste très intéressante pour lancer des recherches innovantes et permettre à la DGA de profiter d'innovations dans une logique ascendante, tout en cadrant avec un besoin défense.

2- Quelles incitations pour le management de la connaissance ?

- Capacité de veille active (incitations)

Un premier point renvoie aux faibles incitations actuellement fournies pour encourager les chargés d'affaire à effectuer de la veille technologique active (participation à des conférences, clubs, réseaux). Il est sans doute crucial d'adopter une méthode permettant de **valoriser les performances en matière de veille active du secteur et de définir les mécanismes de support dans cette perspective**.

- Consolidation de la mémoire organisationnelle

Nous avons vu précédemment les difficultés liées à la constitution d'une mémoire organisationnelle. Si le PEA, en tant que logique de formalisation d'un certain nombre de procédures est un élément essentiel, il reste insuffisant si les incitations correctes ne sont pas proposées aux individus. Il y a à cet égard une triple exigence :

- Premièrement, le système doit récompenser la diffusion d'informations clé, pouvant être utilisées dans plusieurs projets. Il s'agit là d'un principe souvent mis en œuvre dans les organisations (sous la forme par exemple d'une prime à la suggestion). Une extension modeste de ce système pourrait consister à demander à l'auteur de l'information d'identifier les applications et les utilisateurs potentiels et de leur fournir une brève description de l'information (pourquoi pas, par exemple, lors

des rencontres STTC). Ceci offre une solution partielle à la difficulté du repérage des situations où l'information pourrait être ré-utilisée ainsi qu'à la question d'une quantification appropriée de l'usage de cette information.

- Deuxièmement, un mécanisme peut être établi pour valoriser l'effort des auteurs d'informations utilisées par d'autres, sans que cela soit nécessairement l'utilisateur de l'information qui supporte le coût de la valorisation. Ceci permet de différencier ce système de la pratique courante visant à créer un marché interne de conseil et de service au sein d'une organisation, dans lequel l'utilisateur supporte le coût de l'information. De tels systèmes sont souvent sous-utilisés à cause des difficultés qu'il y a à connaître à l'avance la valeur de l'information. En évitant de faire assumer le « prix » qui valorise le fournisseur d'information par l'utilisateur, l'organisation encourage la diffusion.

- Troisièmement, le système de primes doit tenir compte de la proportion avec laquelle une information est utilisée, estimée par l'intermédiaire d'une mesure simple d'usage.

Ceci n'est évidemment qu'un exemple de système d'incitations, pouvant encourager les individus à participer à la création et au développement d'une mémoire organisationnelle. Mais le type de réflexions à mener doit aller dans cette direction.

Dans le contexte ambiant de « digitalisation » de la DGA, on peut proposer une capitalisation des connaissances sur la base de l'outil Intranet existant. Chaque Domaine Techniques dispose en effet d'un site sur lequel il a libre initiative. Il serait donc envisageable (et même en cours de finalisation au sein du DT/CO) de mettre en ligne la base de données des PEA du domaine, leurs résultats majeurs, les partenaires impliqués, les ingénieurs en charge du PEA, et quelques autres informations éclairantes qui resteront en interne DGA (par exemple le compte rendu de la réunion de clôture du PEA).

3 – Comment changer " l'écologie " d'un sous-domaine ?

En général, les technologies de défense n'existent pas de façon isolée mais elles opèrent au sein d'un réseau d'interrelation ou écologie (Arthur, 1996). Il est important de comprendre à quelle écologie la technologie considérée appartient. Est-ce une écologie quasi-strictement militaire ? Est-ce une

écologie mixte et coopérative ? D'une façon générale, il est sans doute intéressant d'accroître le caractère coopératif d'un sous-domaine mixte.

Dans le cas du DT/CO, nombreuses sont les thématiques qui peuvent rassembler les besoins et attentes de marchés civils émergents, de niches de marché civil et de créneaux militaires. Apparaît ainsi un domaine commun, notamment au niveau des activités de recherche de base inspirée par les applications. Il y a donc matière à créer des organisations collectives, des plates formes technologiques, dont l'objectif est d'explorer un domaine de développement et dont le PEA est un axe parmi d'autres. Dans un cadre coopératif, les impasses ne doivent plus être considérées comme une « défaillance » d'un système de recherche mais comme une information de valeur, qui permet d'améliorer la coordination entre tous les partenaires.

On sait que ce type de dispositif peut être freiné par les difficultés à démarrer une action collective (si on a un marché en émergence, une niche civile et un besoin militaire, chacun attend que l'autre démarre en espérant ne payer que le coût marginal ou additionnel lié aux spécifications). Or la création de réseaux formalisés peut permettre de surmonter ces difficultés. Les exemples du GIRCEP, ou celui du réseau hyperfréquence associant l'ESA, le CNES et la DGA sont intéressants.

L'analyse économique propose des « designs organisationnels » permettant de faire fonctionner des coopérations multilatérales orientées vers la R&D, qui mériteraient d'être testés (voir P.Romer, 1993). Le modèle de Romer propose en particulier un mécanisme de sélection des projets par un ensemble de partenaires qui n'ont pas forcément les mêmes besoins; ce qui est très intéressant ! La coopération peut porter soit sur des projets de recherche de base inspirés par une application, soit sur des projets de développements des infra-technologies (techniques de mesure, de modélisation, infrastructures, formation).

Là encore, la création de ces plate-formes de R&D, regroupant de nombreux partenaires dont la DGA, exige de la dualité. Plus les projets sont duaux, plus il est facile de définir des domaines communs.

Ainsi, dans les cas où il s'agit de renforcer (ou créer) une offre technologique liée à différents types de marché (civil et militaire), le PEA devient un dispositif incitatif parmi d'autres. C'est exactement le schéma de politique publique en vogue actuellement dans les pays anglo-saxons:

i) dégager une technologie critique grâce à un exercice de concertation très approfondi et mobilisateur ;

ii) mettre en œuvre de façon intégrée des dispositifs incitatifs provenant de diverses agences publiques.

Le champ technologique est donc repéré à l'aide des procédures maintenant connues du type « foresight »; le fondement organisationnel est le réseau; lequel articule différents mécanismes incitatifs (PEA, incitations du ministère de l'industrie, FRT, programmes des EPST, etc..). Ainsi s'élaborent des collectifs et des domaines communs; l'idée essentielle étant celle de la cohérence des mécanismes incitatifs et donc de la concertation des agences publiques. L'identification collective du thème représente aussi une phase essentielle (« foresight »).

Dans le cadre des programmes qui découlent du Technology Foresight, les britanniques donnent de très bons exemples de ce genre de pratique. Raisonnablement, les dispositifs de réseau mis en place (par exemple sur la "micronics" ou bientôt sur les transports terrestres) devraient aller dans ce sens (voir, cependant, notre première recommandation sur les mécanismes permettant de « profiter » de ces réseaux)

4 – PEA et dualité

Tout ce qui vient d'être dit renvoie en somme à l'insertion des politiques de R&D de défense dans les politiques technologiques globales. Ce qui est en question est la capacité d'un PEA à s'insérer, en tant que dispositif parmi d'autres, dans un ensemble concerté d'actions collectives. C'est la condition primordiale pour que les PEA ne soient pas considérés comme un simple instrument « à colmater les brèches » mais deviennent un outil de gestion dynamique de la base de connaissance.

Maintenant, il est clair que cette vertu sera d'autant plus affirmée que les propriétés de dualité sont correctement exploitées. En effet, le point essentiel est bien d'identifier des domaines communs de R&D, susceptibles « d'accrocher » des marchés civils aussi bien que militaires. La dualité est donc un point clé. C'est l'instrument d'élargissement des réseaux d'acteurs.

Il reste que la révolution culturelle sur ce point n'a pas encore été totalement accomplie. Tout le problème de la dualité tient dans la question suivante : faut-il s'interroger sur la compatibilité entre deux connaissances ou exigences technologiques déjà constituées et donc par définition conflictuelles ou faut-il produire des savoirs (exigences) nouveaux et intégrés ?

Le scepticisme à propos de la dualité vient de ce que l'on reste le plus souvent bloqué sur la première branche de l'alternative. Or tous les écrits et les réflexions des spécialistes de la gestion des compétences et du décloisonnement des métiers dans l'entreprise (la dualité c'est décloisonner des métiers, ni plus ni moins) montrent que c'est la seconde branche de l'alternative qui doit être développée. Promouvoir une politique de dualité impose la création de savoirs nouveaux.

La première alternative bute sur le fait que les savoirs et projets civils et militaires sont reconduits de façon routinière jusqu'à parvenir à des situations d'incompatibilité. Le rapprochement des points de vue est alors difficile, lorsqu'il est effectué ex post !

Produire des savoirs nouveaux, c'est d'abord briser la reconduction des savoirs anciens, de certaines normes ou spécifications, dont on ne connaît plus l'origine ni la justification et qui font obstacle à la dualité. C'est ensuite définir un périmètre technique sur lequel un groupe, comprenant l'ensemble des représentants des différents intérêts en jeu, travaillera à produire des compromis. Chemin faisant, le groupe découvrira alors des voies de progrès possibles, qui restent invisibles aux partisans de la gestion ex post de la dualité.

Ces compromis, qui composent les connaissances et savoirs nouveaux, sont absolument nécessaires, notamment dans les phases de spécifications de produits et technologies, ainsi que dans les phases d'intégration de sous-systèmes et composants civils dans les systèmes de défense; ce sont les phases décisives qui permettent d'attribuer aux biens technologiques leurs propriétés de dualité.

CONCLUSION

Résultats

En réponse aux hypothèses que nous avions formulées en début d'étude, il semble résulter que :

- La procédure PEA, dans le travail préparatoire qu'elle impose, incite à une analyse systématique et globale du domaine, à la réflexion sur les temporalités, sur les prévisions d'évolution ainsi que sur les potentialités de la R&D civile. Elle renforce et précise ainsi le travail préparé par la Politique Technique et Sectorielle, en renforçant les activités de veille et prospective technologiques. **La préparation des PEA est donc en elle-même un processus qui produit de la connaissance sur le domaine et les perspectives d'évolution** ; il y a donc une forme de rationalisation des choix à mettre au crédit de la procédure ;

- **La procédure PEA, par son mode de sélection et de pilotage, implique les utilisateurs et favorise leur intégration dans le processus général d'innovation**. Toutefois, une tension est à l'œuvre entre la logique de pilotage par les utilisateurs et la logique d'initiatives de l'amont, qui est un des axes à améliorer (voir infra) ;

- **Le PEA a un impact positif sur le « savoir acheter » de la DGA, et ce à deux niveaux : savoir négocier et garder le contrôle du projet (relations avec les prestataires) ; justifier de l'achat et en contrôler le suivi (en interne de la DGA)**. Une seconde tension apparaît toutefois, conséquence de la formalisation des objectifs, qui se doit d'être la plus précise possible pour permettre au PEA d'assurer les deux qualités que nous venons d'évoquer. En effet, il s'avère parfois nécessaire de maintenir une certaine souplesse pour tenir compte des évolutions non prévisibles du projet ;

- Par sa formalisation des différentes étapes du processus, en formalisant les différentes itérations et en explicitant le passage d'un lieu à l'autre (du centre de recherche aux infrastructures de production), **le PEA permet de mieux maîtriser la complexité organisationnelle des cycles de développement technologiques** ;

- Il est clair que **la procédure de PEA est une procédure de codification des connaissances et qu'elle contribue ainsi à la préparation de l'organisation à une gestion active de son patrimoine de connaissance** ;

Ces contributions reposent sur un respect effectif de l'esprit de la procédure et n'ont été établies que sur la seule base du département CO.

Axes d'amélioration

Des pistes sont toutefois à privilégier pour améliorer les impacts positifs de la procédure. Il s'agit notamment de **réduire la tension entre les deux modes de génération de l'innovation : bottom-up et top-down.** Nous suggérons pour cela de mettre en place des « PEA exploratoires » à l'initiative des ingénieurs des départements techniques. Le retour à la recherche de base en vue de résoudre un problème identifié est parfois nécessaire, surtout sur des technologies émergentes (cas des nitrures, pour lesquelles les besoins en infra-technologies sont réels). Il est également essentiel, dans cette optique, d'**intégrer les ingénieurs militaires aux réseaux scientifiques nationaux et européens**, et de reconnaître et promouvoir au sein de la DGA l'importance et la nécessité de ces activités (présence aux forums et conférences, organisation de colloque ou journées de concertation, missions chez les partenaires étrangers).

En dernier lieu, il convient d'aller plus en avant dans la gestion du patrimoine de connaissance de la DGA. La préparation à son exploitation correspond à la mise en place de la procédure PEA, mais **il reste encore à instaurer des mécanismes incitatifs à la diffusion des connaissances**.

Axes de recherches futures

Nos axes de recherche futurs sont en étroite relation avec les dernières recommandations de la partie II de l'étude. Ils concernent les institutions permettant de réaliser des recherches de base inspirées par un contexte d'application. C'est dans ce domaine que le besoin d'un nouveau cadre institutionnel est le plus urgent, pour pallier notamment les défaillances des laboratoires et des grandes firmes privées en matière de recherche de long terme. Il importe de proposer rapidement les solutions institutionnelles adéquates.

La première remarque qu'il convient de faire est que remplir ce vide institutionnel n'est pas une question de très grand nombre. Un petit nombre de grands instituts pourraient tout à fait répondre aux besoins de tous. Nous avons déjà développé un mode de production collective de biens publics en nous appuyant sur le modèle de Romer (1994). Mais il nous semble que quel que soit le modèle adopté, la défense n'en bénéficiera que si elle est elle-même partie prenante de ces institutions.

En effet, dans une économie de la connaissance telle que nous la concevons, tout stratégie visant à compter sur la science des autres, en affectant ses propres ressources à d'autres activités plus rentables et en pariant sur la grande fluidité de la science, risque fort de conduire à d'importantes déconvenues : cette stratégie donne une bien mauvaise réputation (de profiteur), sans jamais permettre aux acteurs qui l'auraient adoptée de « rester dans la course ». Et si l'on prend les résultats d'études récentes au sérieux, d'autres enseignements devraient impérativement en être retirés, notamment quant à la localisation régionale (et pas seulement nationale) des capacités de recherche.

Pour profiter d'une recherche de base, il faut en faire soi-même un minimum. Faire de la recherche de base revient à acheter un ticket d'entrée dans les réseaux de circulation des connaissances[2].

C'est dans ce contexte que nous nous proposons d'adapter la théorie des options réelles à celle du portefeuille de R&D, en référence à l'article de Dominique Jacquet (1999) : *La R&D : un portefeuille d'options financières ?*, que nous avons évoqué précédemment.

[2] Rosenberg, 1990, *Why do firms make basic research (with their own money)* ?, Research Policy, vol. 19

Références

B.Arthur, " Increasing returns and the new world of business ", *Harvard Business Review*, March-April, 1996

S.Graves, " The time-cost tradeoff in research and development : a review ", *Engineering Costs and Production Economics*, 16, 1989

M.Hansen, N. Nohria, and T.Tierney, "What's your strategy for managing knowledge?", *Harvard Business Review*, March-April, 1999

E. von Hippel, *The sources of innovation*, Oxford University Press, 1988

E. von Hippel, " Sticky information and the locus of problem solving : implications for innovation ", *Management Science*, vol.40, 4, 1994

M. Hobday, *Product complexity, innovation and industrial organisation*, CoPS working paper, ESRC, June 1998

D. Jacquet, 1999, La R&D : un portefeuille d'options financières ?, séminaire ressources technologiques, Annales de l'école de Paris, Vol V ;

D. Jacquet, 2000*, Managerial Implications of Implemeting Real Options Thinking in Resource Allocation*, WP University of Ottawa 00-25 ;

C.Ménard, *L'économie des organisations*, Repères, La découverte, 1992

P.Romer , « Implementing a national technology strategy with self-organizing investment boards », *Brookings Papers on Economic Activity*, n°2, 1993

W.E.Steinmueller, *Learning in the knowledge-based economy : the future as viewed from the past*, draft, 2000

S.Thomke, E. von Hippel & R.Franke, " Modes of experimentation : an innovation process –and competitive-variable ", R*esearch Policy*, 27, 1998