

LE RÔLE DES COMPÉTENCES DE BASE DANS LE PILOTAGE DES GRANDS PROJETS DE HAUTE TECHNOLOGIE

Christophe Belleval¹

RÉSUMÉ

Cet article a pour objet de proposer un modèle d'organisation maîtrise d'ouvrage / maîtrise d'œuvre de grands projets de haute technologie (GPHT), s'appuyant sur un partage des compétences de base entre acteurs, dans le but d'améliorer le pilotage de la performance. Il trouve sa genèse dans un processus abductif partant de l'étude de cas d'un programme de satellites scientifiques du CNES, selon une méthodologie de recherche clinique.

INTRODUCTION

Cette contribution tente d'apporter des éléments de réponse à une question récurrente et non résolue propre aux grands projets de haute technologie (GPHT) : l'établissement de critères de décision concernant l'organisation de la maîtrise d'ouvrage et des différents niveaux de maîtrise d'œuvre. Dans le domaine spatial que nous étudions plus particulièrement ici, il est notoirement connu que l'organisation des programmes sur fonds publics relève d'une logique plus politique que d'une démarche d'optimisation des ressources. L'introduction de la notion de compétences dans le modèle que nous proposons révèle une dimension de GRH dans une question qui est à la base d'ordre stratégique et organisationnel. Nous exposons ici un modèle d'organisation maîtrise d'ouvrage / maîtrises d'œuvre de GPHT, s'appuyant sur un partage des compétences de base entre acteurs, dans le but d'améliorer le pilotage de la performance.

De nombreuses recherches concernant le pilotage de projet ont vu le jour, en particulier dans les années 1990 (Giard, Midler, 1993 ; Lorino, 2001). De plus, la conception de systèmes de taille significative et d'initiative privée

¹ Chercheur, Université Louis-Pasteur, BETA, CNRS UMR, Strasbourg, France. Courriel : cbal@worldonline.fr

(particulièrement logiciels et infrastructures de télécommunications), ainsi que la nécessité pour l'État, dans un contexte de restriction budgétaire, de mieux piloter la réalisation d'infrastructures et de biens de service public, relancent l'intérêt pour le management des grands projets de haute technologie (GPHT) ; leur finalité consiste en la conception d'un produit ou système doté de caractéristiques distinctives: la complexité, les propriétés émergentes, et le caractère unique. Les travaux pionniers en la matière de Sapolski (1972), qui se focalisa sur la gestion du programme de missile balistique américain Polaris, furent suivis, notamment dans les années 1980 et 1990, par ceux de Morris et Hough (1987), étudiant succès et échecs de projets tels que centrales nucléaires, Apollo et Concorde.

L'interrogation à la base de nos recherches part du non-respect chronique du cahier des charges des GPHT (Nightingale, 2000), qui appelle une révision en profondeur de leur management. En effet, le taux d'échec augmente avec la taille et la complexité des produits (Morris, 1990), les outils analytiques tels que le PERT se révélant inadaptés à la maîtrise du cycle de conception (Sapolski, 1972). Considérant le projet avant tout comme un processus² non répétitif borné dans le temps, nous nous sommes intéressés aux questions liées à leur performance et à leur pilotage. Ainsi, pour Lorino (2001), la performance consiste à optimiser le rapport entre valeur produite (valeur) et valeur détruite (coûts). La performance est donc « tout ce qui, et seulement ce qui, contribue à améliorer la création nette de valeur (a contrario, n'est pas forcément performance ce qui contribue à diminuer le coût ou à augmenter la valeur, isolément, si cela n'améliore pas le solde valeur - coût ou le ratio valeur / coût). » La performance est liée à la définition d'objectifs stratégiques, et piloter un processus revient à organiser un apprentissage collectif destiné à en améliorer la performance. Cet ensemble de postulats nous a amené à nous pencher sur les problèmes de choix, d'acquisition et de capitalisation de savoir susceptibles d'améliorer la performance du pilotage des GPHT ; donc à la notion de compétence, qui véhicule une dimension de finalité (capacité à obtenir un résultat), et plus spécifiquement à celle de compétence de base (Prahallad, Hamel, 1990), issue de la théorie de la ressource (Rumelt, 1994). Une des questions essentielles qui conditionne la performance du pilotage est la recherche de critères permettant de structurer l'organisation entre le

² Le processus obéit à un logique de résultats et de produits (le projet est une forme particulière de processus): il est « un ensemble d'activités : reliées entre elles par des flux d'information ou de matière significatifs (la matière étant elle même porteuse d'information), et qui se combinent pour fournir un produit matériel ou immatériel important et bien défini » (Lorino, 2001).

² Bureau d'Economie Théorique et Appliquée, CNRS UMR 7522, Strasbourg, France.

maître d'ouvrage et les différents niveaux de maîtrise d'œuvre projet (système et sous-systèmes).

L'étude de cas porte sur le programme de microsattellites Myriade du CNES, Agence Française de l'Espace. Ce programme est constitué d'un portefeuille de projets portant chacun sur la réalisation d'un satellite, ainsi que d'un tronc commun appelé ligne de produits. La direction du CNES nous a proposé de 1998 à 2002 d'intégrer l'équipe Myriade afin d'effectuer une recherche clinique, « interaction instituée entre le chercheur et son terrain d'étude » (Girin, 1981). Rattaché au chef de division microsattellites (nous n'avons cependant pas été employé par le CNES, puisque chercheur au BETA), nous avons participé durant cette période à la mise en place du programme Myriade à la fois en tant qu'observateur et acteur. Le travail de terrain s'est effectué au travers d'entretiens individuels avec les membres de l'équipe du programme, des acteurs métiers, des fournisseurs, ainsi qu'avec la direction de l'agence spatiale, tant au Centre Spatial de Toulouse qu'au siège à Paris. Parmi les questions posées par la direction et par le chef de division, nous avons étudié celle liée à l'organisation entre la maîtrise d'ouvrage et les différents niveaux de maîtrises d'œuvre des projets constituant Myriade. Nous avons élaboré le modèle présenté dans cet article au travers d'une démarche abductive (Koenig, 1993) consistant en « allers-retours entre des observations et des connaissances théoriques tout au long de la recherche » (Charreire et Durieux, 1999). Les conclusions ont été validées d'une part sur les plans méthodologique et scientifique par les instances de contrôle du BETA (revues d'étape des travaux, présentations à des chercheurs spécialistes de ces questions appartenant ou non au laboratoire, validation finale), d'autre part par la direction du CNES et par le responsable du programme Myriade durant cette période, qui ont estimé que ces travaux avaient eu un réel impact pratique.

Nous avons pris le parti de présenter ici nos conclusions en dissociant la partie théorique de l'étude de cas, plutôt que la démarche abductive avec ses étapes intermédiaires, qui serait trop longue à exposer dans son intégralité. Cependant il nous paraît intéressant d'en situer les origines et les étapes essentielles. La direction du CNES considérait à la base que la performance des processus constituant Myriade était une question essentielle, dans un contexte d'accélération technologique et de maîtrise nécessaire des budgets (problématique auparavant restée secondaire).

L'organisation des programmes antérieurs résultait de choix ad hoc liés à la politique industrielle, aux rapports de force entre État et industrie, et aux relations personnelles entre décideurs. Il n'existait ainsi pas de doctrine établie en la matière. Pour répondre à cette sollicitation de la direction du CNES, nous nous

sommes intéressé en premier lieu à la question des coûts de transaction ; notre première proposition s'en inspirant n'a pas été validée par les entretiens. En effet, les critères énumérés par Williamson (1989) ne prennent pas en compte la question de l'apprentissage innovant, dans un secteur où celui-ci est essentiellement suscité et financé par les agences spatiales (Belleval, 2002). Par nos interlocuteurs au CNES et au sein de notre laboratoire de recherche, nous avons été progressivement amené à rechercher un substrat théorique qui prenne en compte la problématique des compétences.

La première partie de cet article développe les fondements théoriques de notre recherche. En premier lieu, nous abordons la question de la compétence dans son acception générale, et plus précisément celle des compétences de base, ressource stratégique considérée comme source de l'avantage compétitif. Ces compétences sont hébergées au sein des métiers de l'entreprise, et sont mobilisées par le projet dans une optique de résultat. Nous nous intéressons au projet de conception, et plus particulièrement au grand projet de haute technologie, dont l'objet est de produire un système complexe quasi unique ; il mobilise un ensemble d'expertises hétérogènes impliquant une relation directe avec le client au travers d'un processus abductif et incertain *ex ante* de passage du concept au produit. La deuxième partie de cette contribution s'appuie sur l'étude de cas portant sur le programme de microsattellites Myriade du CNES, constitué d'un ensemble de GPHT.

Après une présentation générale, nous exposons l'identification initiale des compétences de base mobilisées pour le programme ; le modèle d'articulation maîtrise d'ouvrage - maîtrise d'œuvre s'appuyant sur un partage de ces dernières est ensuite détaillé. Enfin, la discussion porte sur trois éléments : la pertinence des compétences de base décrites, le point de vue de la GRH tel que nous l'évoquons dans nos développements théoriques (évaluation, emploi et compétences, rémunération), et l'impact de tels choix sur le pilotage du programme.

1. LES BASES THÉORIQUES

1.1 Les compétences

1.1.1. Définitions de la compétence

La compétence peut être envisagée selon trois points de vue à la fois distincts et complémentaires: comme une combinatoire complexe de différents types de connaissances, comme la capacité de produire un résultat (en référence aux performances de l'individu et de la firme qui l'emploie), enfin comme une reconnaissance sociale (De Meyer *et al.*, 1999). La notion de compétence est abordée simultanément par trois disciplines: la sociologie que nous évoquons pour mémoire, l'économie et la gestion, cette dernière au travers de la notion de processus et de la problématique de la gestion des ressources humaines.

Nous nous intéressons aux apports de la théorie économique évolutionniste concernant l'appréhension de l'incertitude, notion que nous reprendrons ultérieurement dans le cadre de la problématique de conception de produits et systèmes complexes. Selon Loasby (1999), la compétitivité d'un individu ou d'une organisation est fonction d'une part de son savoir-faire (Penrose, 1959), d'autre part de ses choix issus de l'évaluation du risque (calculé selon des processus connus), et de la gestion de l'incertitude (qui dépend seulement de facteurs personnels, et renvoie donc à l'adaptabilité) (Knight, 1921). Les réponses apportées aux problèmes liés à l'incertitude et au risque sont de nature fondamentalement différente.

L'incertitude requiert une capacité d'évolution dans le temps tenant compte d'un futur par nature imprévisible : l'apprentissage innovant, générateur d'une base de connaissances et de compétences à partir d'un processus par essais et erreurs en est le fondement. Dans un environnement incertain, piloter l'apprentissage et créer des compétences permettent d'acheter une marge dans le futur : le décideur doit alors définir le niveau de ressources qu'il est prêt à engager pour s'accorder un choix différé. Lundvall (2000) définit l'acquisition des compétences au travers de l'apprentissage comme un processus dont l'objet est de permettre à un individu ou une organisation de mieux atteindre ses objectifs.

Du point de vue de la gestion, la notion de compétence s'appuie essentiellement sur la théorie de la ressource. Lorino (2001), utilisant la définition de Le Boterf (1994), considère la compétence comme un processus d'action mobilisant des ressources : « Une compétence est l'aptitude à mobiliser, combiner et coordonner des ressources dans le cadre d'un processus d'action déterminé, pour atteindre

un résultat suffisamment prédéfini pour être reconnu et évaluable. Cette aptitude peut être individuelle ou organisationnelle. » Ainsi, « la compétence est origine et aboutissement de l'action », liée à un processus (Lorino, Tarondeau, 1998) : « La compétence est un potentiel, le processus est la réalisation de ce potentiel [...] Mais réciproquement, le processus produit la compétence.[...] Les processus sont la base de l'apprentissage individuel et collectif [...et offrent] au développement des compétences [...] une base de validation [...] d'expérience [...] d'expérimentation [...] et de] validation » (Lorino, 2001).

La gestion des ressources humaines aborde la compétence selon une triple problématique (Tremblay et Sire, 1999) :

- l'évaluation des compétences des personnes ;
- l'articulation des logiques d'emploi et de compétence ;
- la rémunération des compétences.

En ce domaine, les approches proposées sont nombreuses et hétérogènes³. Saint-Onge (1999) a effectué une comparaison des définitions de la compétence par les écoles anglo-saxonnes et françaises de ressources humaines. L'école française distingue trois niveaux de compétence : le savoir (qui regroupe les connaissances livresques et théoriques), le savoir-faire (compétences acquises par la pratique), le savoir-être (capacités relationnelles). L'approche anglo-saxonne adopte la classification suivante : les compétences essentielles (*hard competence*) sont l'ensemble de savoir-faire et connaissances nécessaires à l'accomplissement des missions associées à un poste déterminé de l'entreprise ; les compétences différentielles (*soft competencies*) donnent un avantage en matière de performance à celui qui les détient (Tremblay et Sire, 1999). Cette dernière approche constitue le fil directeur de nos travaux.

Certaines compétences procurent un avantage concurrentiel de par leur caractère unique, non substituable et non transférable. Le développement d'un savoir-faire support de la compétitivité de l'entreprise constitue le noyau de ses compétences de base, dont nous allons analyser le caractère distinctif ainsi que le processus de sélection.

³ Les questions liées à la gestion des compétences du point de vue des ressources humaines sont complexes et multiformes : le lecteur intéressé pourra se référer notamment au compte-rendu de la journée d'études sur la gestion des compétences dans le numéro 39 de la Revue de Gestion des Ressources Humaines (2001), ainsi que (Garel, Giard, Midler, 2003).

1.1.2. Ressources stratégiques et compétences de base

L'apparition du concept de compétences de base s'effectue dans le contexte de l'émergence d'une nouvelle école de pensée managériale : la théorie de la ressource. Cette dernière, en réaction aux théories de positionnement concurrentiel, développe l'idée que la création de l'avantage compétitif de la firme se construit à partir de stratégies et de pratiques organisationnelles qui traitent de la problématique du savoir, de la coordination (entre individus et entités de la firme) et de la coopération (arbitrage entre l'intérêt personnel des individus et leur participation aux objectifs communs poursuivis par la firme). Ainsi, Rumelt (1994) explique que la compétitivité est liée à la possession d'actifs uniques (non imitables et difficilement substituables – Barney, 1986) que sont le savoir-faire, le savoir, les ressources et les compétences. La distinction de compétences de base (Prahalad et Hamel, 1990) implique une « construction proactive de la compétence » à l'origine d'une nouvelle forme de concurrence sur les marchés (Rumelt, 1994). Un processus (donc un projet) devient stratégique lorsqu'il procure un avantage compétitif décisif et qu'il utilise des ressources stratégiques (Lorino, 2001). De par l'étendue et la diversité des compétences mobilisées, un GPHT a toutes les chances de revêtir un caractère stratégique.

Les compétences de base d'une firme représentent l'ensemble des savoir-faire offrant un avantage compétitif et une capacité d'évoluer sur les marchés où la firme développe son activité. L'utilisation de ce concept en tant que référentiel de management remonte au début des années 1990, à la faveur d'un article de Prahalad et Hamel (1990). Ceux-ci exposent leur vision de l'entreprise organisée autour de compétences de base (*core competence*), par opposition au traditionnel découpage par centre de profit qui prévaut encore dans nombre de sociétés. Ils montrent que ce type d'organisation permet de profiter pleinement des savoir-faire technologiques en évitant la duplication des efforts et la compartimentation entre entités non synergiques. On retrouve dans la littérature des considérations similaires sous les vocables d' « aptitudes distinctives » (*distinctive capabilities* – Barney, 1991), « aptitudes dynamiques » (*dynamic capabilities* – Teece et al., 1997), « aptitudes combinatoires » (*combinative capabilities* – Kogut, Zander, 1992), et « actifs immatériels » (*invisible assets* – Itami, Rohel, 1987).

Selon ces auteurs, les compétences de base sont le résultat de l'apprentissage collectif, en particulier sur le plan de la production et de l'intégration de technologies complexes et de nature différente. Elles permettent de développer des produits de base (*core products*) qui seront repris et déclinés par les centres de profit en gammes de produits destinés au marché. De ce fait, on peut considérer

que les compétences de base résultent d'un triple mécanisme de sélection externe (par le marché), historique (par l'auto-sélection interne des meilleures routines), et managérial (choix stratégique).

Au sein de l'entreprise, la mise en œuvre des compétences de base va s'effectuer autour de métiers (Midler, 1993).

1.2. Les métiers, réservoirs de compétences

Les métiers de l'entreprise furent dans un premier temps définis comme un ensemble « de savoirs professionnels à l'intérieur d'un découpage fonctionnel » reflétant une organisation purement sociale, résultat d'une « construction de pouvoir » (Zarifian, 1993). L'apparition de structures projet a depuis fait voler en éclat les relations établies de pouvoir, au profit d'une redéfinition par rapport aux fonctionnalités de l'offre. Selon Zarifian (1993), les métiers sont des réservoirs de technicité, la mémoire du savoir-faire de l'entreprise, et le vecteur privilégié de la transmission de l'expérience du projet vers les projets ; ils ont en outre pour mission d'assurer l'innovation, de capitaliser et de pérenniser le savoir-faire, et de maintenir les relations avec les milieux extérieurs à l'entreprise. Les métiers sont donc dépositaires des compétences de base, savoir-faire compétitif au service de la firme, que le projet va mobiliser pour sa finalité.

1.3. Le projet

Lorino (2001) caractérise le projet comme un genre particulier de processus qui produit un résultat « fortement personnalisé, ayant un impact significatif sur l'entreprise, et une durée de réalisation importante par rapport aux cycles de gestion. » Pour Midler (1993), le projet se définit par opposition à la logique d'opérations : l'activité est non répétitive, les décisions sont irréversibles, les processus se définissent par expérience, l'incertitude initiale est forte et se réduit en parallèle avec la capacité d'action durant le cycle de vie nécessairement borné du projet. Ainsi, « l'organisation projet naît avec l'affirmation d'un désir de réalisation, évolue en même temps que l'ouvrage se concrétise, disparaît avec son achèvement » Le projet se trouve précisément à l'intersection des activités (« organisation rationnelle de personnes, matières, énergie, équipements et procédés en activité pour produire un résultat final spécifié ») et des processus (« trait d'union entre les objectifs de l'entreprise et le déroulement concret des activités ») (Lorino, 1996). Selon Lorino (2001), « projets et métiers reflètent deux logiques de pilotage distinctes et complémentaires :

- le projet doit assurer l'atteinte d'un résultat particulier à un instant donné ;

- le métier a en charge le pilotage sur une longue durée d'un champ d'action (mécanique des moteurs, plasturgie, fonderie, finance, marketing, vente), de compétences et de ressources correspondantes (effectif de personnel compétent, systèmes d'information et moyens techniques spécialisés, technologies et machines, cycles de formation) ».

Dans le cadre de cet article, nous nous intéressons aux projets d'innovation, et plus particulièrement, à ceux portant sur la conception de produits et systèmes complexes : les grands projets de haute technologie.

1.3.1. Projet d'innovation et processus de conception

March (1991) caractérise l'innovation par une démarche d'exploration. En effet, celle-ci consiste à créer de nouvelles règles en se différenciant du modèle d'intégration organisationnelle, selon un processus non prévisible (Alter, 1995). La recherche et le développement font partie de la chaîne d'innovation au même titre que la conception de produits nouveaux (Kline et Rosenberg, 1986). Ainsi, l'un des faits marquants des années 1990 est la structuration de la R&D en projet d'innovation (Martin et Paraponaris, 2003). De même, le processus de conception de produits et systèmes trouve un support privilégié dans l'organisation projet.

Plusieurs chercheurs ont proposé une modélisation d'un tel processus de nature abductive (Koenig, 1993). La théorie C,K (Hatchuel et Weil, 1999) part de l'existence de deux univers interagissant l'un avec l'autre : celui des concepts (C) et celui du savoir (K). Lorsqu'une question ne peut être résolue dans l'état de connaissances, les individus se lancent dans l'élaboration itérative de concepts et de sous-concepts. Ainsi, « le processus de conception est [...] une interaction continue entre l'univers des concepts qui peu à peu se précise, et celui des savoirs qui lui se développe. On passe ainsi d'un concept (le bateau qui vole) à un objet (l'hydroptère) » (Lenfle, 2001). L'apprentissage s'effectue ainsi par l'action, dont le but est de sélectionner les pratiques les plus aptes à résoudre le problème posé. Puisque la trajectoire de conception est incertaine *a priori*, la question essentielle devient celle de la détention et de la production de connaissances nécessaires à la réalisation du concept envisagé.

Le projet est donc au centre d'un processus cognitif où celui-ci accède par les métiers aux connaissances externes, les absorbe et les intègre grâce aux compétences de base de la firme ; il crée de la connaissance nouvelle qui alimente en retour les compétences de base au travers des métiers, et influence la réalisation des projets subséquents. Les projets de développement de produits peuvent être considérés comme une forme d'innovation programmée utilisant un

savoir-faire existant, et en produisant un nouveau portant sur les composants constituant le produit ainsi que leurs interactions (Sanchez et Mahoney, 1996).

1.3.2. Le grand projet de haute technologie

Le grand projet de haute technologie (GPHT) se distingue par les montants investis, les délais de réalisation, et le nombre d'acteurs mobilisés (Bobroff *et al.*, 1993). Il a pour objet la réalisation d'un produit ou système complexe (PSC). Selon Hobday *et al.* (2000), le PSC⁴ est un bien immobilisé quasi prototype, dont le coût de revient est élevé, faisant appel de manière intensive à de la technologie. On trouve notamment dans cette classification des équipements, des systèmes, des réseaux, des unités de contrôle, des logiciels, des progiciels ou des services. Sous-ensemble des immobilisations de haute technologie, les PSC constituent la colonne vertébrale technologique de l'économie moderne. Sont également apparentées à la catégorie des PSC les infrastructures à vocation scientifique (du type CERN ou ITER), ainsi que les systèmes spatiaux ou militaires. Les propriétés des PSC les distinguent fondamentalement des biens de consommation courante selon trois axes (Hobday *et al.*, 2000) :

- le nombre d'éléments ad hoc interconnectés de manière hiérarchique, configurés pour un client ou un marché spécifique ;
- les propriétés émergentes de l'objet lors de sa conception et de sa réalisation, en raison du nombre élevé d'événements imprévisibles générés par l'ingénierie et l'intégration, qui débordent d'une génération de système à l'autre ;
- l'implication directe du client dans le processus émergent, puisque le fournisseur ne vend pas un produit, mais l'idée qu'il est capable de répondre aux attentes du client ; la formulation des objectifs du projet de conception constitue dans un tel contexte un enjeu capital, puisque le client est partie prenante du processus de conception ; le PSC est ainsi dit téléologique, puisque porteur de sa finalité (Le Moigne, 1999).

Le processus de conception du PSC est à la fois complexe (notion qui se situe dans la lignée des travaux de Simon, 1962, et Le Moigne, 1999), et incertain. Ainsi que nous l'avons expliqué plus haut, le concept envisagé lors de l'élaboration du cahier des charges est appelé à se matérialiser en un produit, dont la nomenclature finale est non prévisible par essence, puisque la trajectoire technologique est issue d'arbitrages *ex ante* de l'équipe projet. Cette incertitude est maximale en début de processus, alors que la connaissance du système est

⁴ Littéralement Complex Product System - CoPS.

minimale ; corrélativement, la capacité d'action de l'équipe projet est inversement proportionnelle à cette dernière (Midler, 1993). De plus, certains facteurs propres aux PSC accentuent l'incertitude (Nightingale, 2000) : notamment les traditions technologiques, l'environnement technologique souvent hétérogène, et dont les horizons temporels diffèrent (Brusoni et Prencipe, 2001), ainsi que les rigidités organisationnelles. En revanche, comme le souligne Lorino (2001), « 80% des coûts du cycle de vie d'un produit sont préengagés (prédéterminés par les décisions déjà prises) lorsque la première unité du produit est lancée en production, alors que 80% de ces coûts ne seront effectivement dépensés qu'après cette date. » Le processus de décision au sein du GPHT se doit d'intégrer une réelle capacité d'anticipation et de reconfiguration (Gautier et Giard, 2000). C'est donc la capacité à mobiliser les compétences adéquates à la question posée qui va déterminer la performance du processus de conception au sein de l'organisation projet.

2. L'ÉTUDE DE CAS : LE PROGRAMME SPATIAL MYRIADE DU CNES

2.1. Présentation

Myriade est un programme de microsattellites à vocation essentiellement (mais pas exclusivement) scientifique lancé par le Centre national d'études spatiales (CNES) en 1998. Il trouve en premier lieu son origine dans une impulsion de la politique menée par l'agence spatiale américaine NASA visant à remettre en cause certains « mégaprojets » mobilisant des sommes considérables (plusieurs centaines de millions d'euros), au cycle de vie dont l'unité est la décennie, et aux résultats aléatoires. Dans cet esprit, un certain nombre de projets scientifiques furent conçus dans les années 1990 sous le vocable *Faster, Better, Cheaper*, dont le CNES s'inspira. Deuxièmement, l'organisation de Myriade prend en compte le phénomène d'accélération de l'innovation (particulièrement dans les domaines de l'informatique et des télécommunications) ; il est en effet de plus en plus problématique de maintenir un réservoir de compétences sur des technologies vieilles de dix à trente ans, comme c'est le cas pour les projets spatiaux lourds. La communauté scientifique souhaite de plus une capacité rapide d'expérimentation. Les satellites conçus dans le cadre du programme Myriade sont légers (100 à 150 kg), et leur cycle de vie (entre début de conception et exploitation) inférieur à cinq ans (CNES, 1998 ; Bouzat, 2002). Néanmoins, ce programme de l'Agence française de l'espace possède toutes les caractéristiques d'un portefeuille de grands projets de haute technologie si ce n'est le budget investi relativement faible, et les temps de conception considérablement réduits. La ligne de produits (ensemble des éléments communs à tout le programme) est complexe, possède des caractéristiques émergentes qui génèrent un haut niveau d'incertitude. La relation

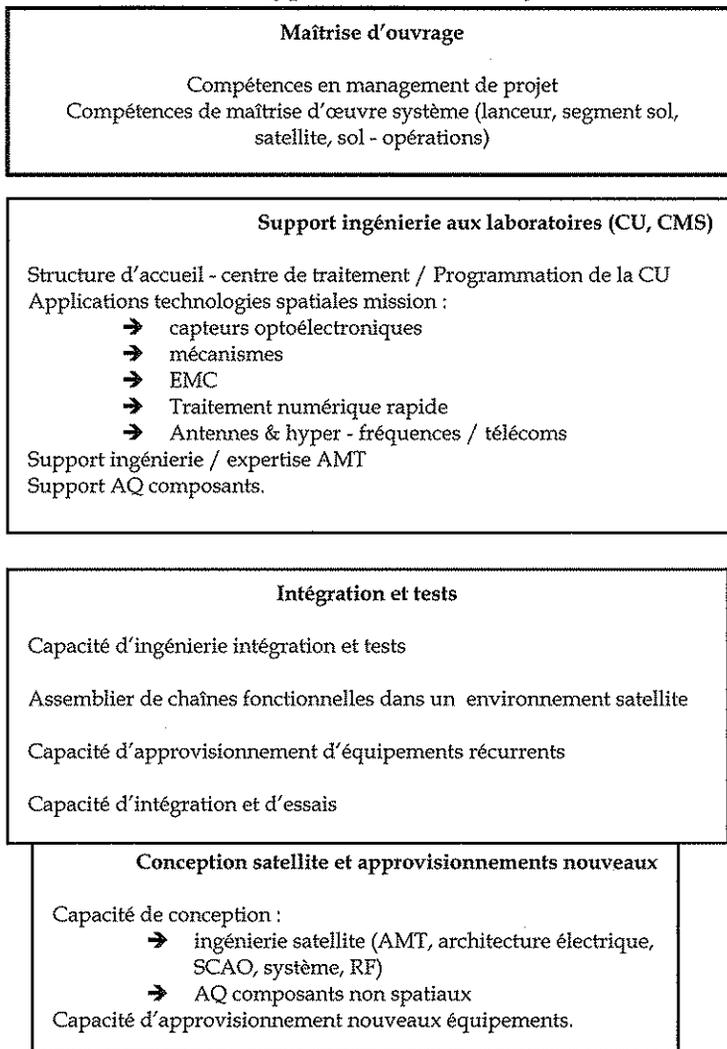
avec le « client » est directe. Chaque satellite, bien qu'utilisant certains éléments communs propres à la ligne de produits, est un système unique destiné à un client (issu essentiellement de la communauté scientifique) qui participe avec le maître d'ouvrage (le CNES) et le maître d'œuvre (le CNES ou une entreprise du secteur) à sa conception (Belleval, 2002). Agissant sur l'ensemble des processus en amont et en aval du CNES, Myriade correspond par ailleurs à la définition du processus stratégique (Barney, 1991).

Les systèmes spatiaux que nous étudions ici sont composés d'une part d'un segment placé en orbite (la plupart du temps consommable), d'autre part du segment sol (station relais, contrôle à distance, traitement des données émises et reçues). Les deux segments sont composés d'un volet matériel et de logiciels. On distingue pour un satellite les éléments liés à la charge utile (que sont les instruments réalisant les expérimentations, dans le cadre d'une mission scientifique), et les sous-systèmes du vaisseau spatial (principalement la plateforme, le système de contrôle d'attitude et d'orbite, la mécanique et le câblage, l'alimentation et le stockage d'énergie, la propulsion). Seuls les éléments liés aux logiciels embarqués ainsi que ceux du segment sol peuvent généralement faire l'objet d'une maintenance.

2.2. L'identification des compétences de base mobilisées

Les satellites Myriade, hormis leur taille réduite, sont dotés d'une architecture classique directement issue de la tradition technologique du CNES. L'inventaire, effectué à notre initiative a constitué le point de départ de la construction de notre modèle ; récapitulé en figure 1, il décrit l'ensemble des compétences de base mobilisées pour le programme. Il n'existait pas avant notre intervention de document effectuant un tel recensement, mais les entretiens que nous avons conduits montraient que les interlocuteurs au sein du programme et des métiers considéraient comme une évidence de maîtriser de telles compétences. Un consensus a émergé tant au niveau de la direction du programme que de la direction stratégique pour les considérer comme des ressources stratégiques, et donc compétences de base. De fait, cet inventaire est devenu une référence pour le programme.

Figure 1 : Inventaire des compétences de base nécessaires à la mise en œuvre de missions de type microsatellite Myriade.



Abréviations :

CU : charge utile, CMS : centre de mission scientifique, EMC : compatibilité électromagnétique
AMT : architecture mécanique et thermique, SCAO : système de contrôle d'attitude et d'orbite
RF : radiofréquences, AQ : assurance qualité,

2.3. L'organisation du portefeuille de projets

Outre le satellite pilote (Demeter), un certain nombre de missions scientifiques furent initialement programmées, ainsi qu'un ensemble de démonstrateurs technologiques à destination de la Délégation générale à l'armement (Essaim). Il fallait décider d'une architecture projet tenant compte des relations entre maître d'ouvrage et maître d'œuvre d'une part, et de la nature du projet d'autre part. Le CNES avait décidé initialement que la maîtrise d'ouvrage du programme serait intégrée à son organisation, ainsi que la maîtrise d'œuvre de la ligne de produits. Ce choix était justifié par la volonté de l'agence spatiale de créer une architecture système innovante et d'en contrôler le devenir. L'étude que nous avons menée s'est portée sur la maîtrise d'œuvre de chaque satellite du programme (un satellite = un projet).

Le premier problème à résoudre concernait l'articulation entre chaque projet et les métiers du CNES. Notre préconisation s'est appuyée sur les travaux de Hobday (2000) ayant travaillé sur les organisations basées projet (*Project Based Organization* - PBO). Ses travaux montrent que le PBO pur est plus efficace pour allouer de manière itérative des ressources, gérer le savoir, optimiser le processus de conception, maîtriser la qualité et le risque. Mais un tel agencement, s'appuyant uniquement sur les projets est faible là où l'organisation matricielle est forte : en particulier dans la coordination de multiples projets, les développements techniques de long terme, et surtout dans la promotion de l'apprentissage organisationnel de la firme. Or, l'un des aspects cruciaux de la conception - réalisation de PSC est l'apprentissage innovant, réponse à l'incertitude générée par les propriétés émergentes des PSC. Le meilleur choix semble alors être celui du projet sorti¹, où le chef de projet, autorité incontestée (*super - heavy - weight project manager*), dirige des experts métiers qui lui sont détachés ; ces experts doivent alors revenir régulièrement dans leur structure métier, afin d'assurer un retour d'expérience projet, une « mutualisation » de l'expertise, et de permettre une formation des individus. En effet, un expert métier constamment affecté à des projets risque de perdre son savoir-faire, faute de régénération ; il acquiert *in fine* une compétence de généraliste projet, ses connaissances initiales se périmant. L'organisation ne requiert que peu de généralistes chefs de projet, alors que les compétences ciblées sont portées par des spécialistes. En dépit de l'importance de cette question, nous avons axé nos recommandations sur l'articulation projet - métiers, sans aborder dans les détails la question des carrières des acteurs. En effet, la question de l'adaptation des

¹ Pour une typologie détaillée des organisations projet, le lecteur pourra notamment se référer à (Giard, Midler, 1993) et à (Morris, Hough, 1987).

politiques de GRH dans le cadre de Myriade n'était pas incluse dans notre mandat de recherche ; son importance s'est révélée *ex post*. Nous verrons ultérieurement que certaines de ses déficiences sont à la source de difficultés à respecter le cahier des charges.

Pour les raisons évoquées plus haut, nous avons retenu comme principe directeur une organisation en projet sorti à deux niveaux : le premier consiste en la mise en commun de moyens propres à Myriade au niveau de la ligne de produits, le second fait appel aux ressources métiers du CNES. Nous verrons plus loin comment ces propositions ont été ou non appliquées, et quelles en ont été les conséquences sur le programme.

La deuxième question concerne l'articulation de la maîtrise d'ouvrage et des différents niveaux de maîtrise d'œuvre des projets. Nous nous sommes appuyé sur les travaux d'Amesse et Cohendet (2001) qui proposent trois niveaux d'interactions avec les partenaires de la firme en fonction du degré de proximité des connaissances à mobiliser par rapport aux compétences de base: le « noyau » où les interactions sont de type partenariat ou quasi intégrées dans un cadre contractuel à long terme de type alliance stratégique ; le « réseau » où la firme est encore proche de ses compétences de base, mais doit faire appel à du savoir d'autres entreprises pour mettre en valeur le sien : les agents se spécialisent ou coopèrent dans une optique de partage de risque, enfin la « périphérie », où la firme ne détient pas de savoir spécifique, et où les risques d'asymétrie d'information au sens de Williamson (1989) sont très élevés.

Plus spécifiquement, dans le cadre de Myriade, nous avons développé un modèle à partir de deux éléments : le premier principe, de nature générale, est la constatation du rôle central que jouent les agences spatiales dans l'innovation de ce secteur (Belleva, 2002). Toutes les activités sont largement subventionnées, particulièrement la R&D ; la commercialisation de systèmes, quand elle est possible, ne couvre que les coûts d'exploitation, ainsi qu'une partie des infrastructures. De ce fait, il ne peut y avoir d'innovation sans financement public par les agences spatiales ou les budgets militaires. Par ailleurs, les entreprises du secteur montrent un certain conservatisme technologique et méthodologique ; dans le cadre de Myriade, celles qui ont accepté de participer à des initiatives de type ingénierie simultanée ou codéveloppement ont été financées le CNES. De ce fait, nous avons retenu le principe directeur suivant : plus un projet est innovant, plus le CNES s'implique dans la maîtrise d'œuvre (la maîtrise d'ouvrage revenant dans tous les cas à l'agence, sauf pour des programmes militaires de la DGA utilisant seulement le modèle de plate-forme développé) : les innovations majeures sont gérées dans le noyau (intégration à l'agence spatiale ou partenariat

avec l'industrie). Certains composants faiblement innovants peuvent être achetés « sur étagère », et adaptés aux contraintes spatiales à partir des caractéristiques techniques documentées par le fournisseur. Plus généralement :

- un projet dont l'innovation porte sur les méthodes ou l'architecture système est intégré dans le « noyau » des compétences de base du CNES ; il est piloté en interne à l'agence, ou en partenariat avec des entreprises ;
- un projet dont l'innovation consiste en la mise en œuvre de sous-systèmes spécifiquement innovants correspond au « réseau » de l'agence, et fait l'objet d'une spécialisation des développements par les partenaires ;
- un projet dont l'innovation se réduit à quelques composants ou seulement à une charge utile peu complexe appartient à la « périphérie » de l'agence et peut donc être sous-traité.

3. DISCUSSION

Nous abordons trois questions : celle de la pertinence des compétences de base identifiées pour la mise en œuvre de Myriade, le point de vue de la GRH tel que nous l'avons évoqué dans nos développements théoriques (évaluation, emploi et compétences, rémunération), et l'impact de tels choix sur le pilotage du programme.

A posteriori, on note l'absence de deux critères dans l'inventaire effectué des compétences de base : d'une part ceux liés à la miniaturisation, qui implique une capacité à effectuer des transferts de technologies non spatiales; d'autre part des compétences organisationnelles qui tiennent compte des impératifs de délais de réalisation, ceux-ci étant deux à quatre fois plus courts que pour des projets spatiaux classiques. La liste des compétences identifiées *ex-ante* est en fait identique à celle nécessaire à la conception de systèmes classiques. Les concepteurs du programme ainsi que les responsables métiers n'ont pas vu de différence notable, et l'on note déjà l'impact négatif sur le respect du cahier des charges initial (CNES, 1998).

Le mandat qui nous a été confié n'incluait pas la problématique de l'évaluation des personnes. Les ingénieurs du CNES ont une capacité reconnue à concevoir et mettre en œuvre des systèmes spatiaux classiques. Aucun système spécifique d'évaluation des compétences des acteurs projet et métier n'a été proposé afin de tenir compte des spécificités de Myriade (eu égard notamment aux capacités d'intégration de technologies innovantes, et d'adaptation à un environnement plus réactif). Plus généralement, l'introduction d'un haut degré d'innovation dans une organisation où les ingénieurs sont peu en contact avec des environnements

divers pose des questions d'adéquation des profils (un ingénieur du CNES passe le plus souvent l'intégralité de sa carrière au sein de l'agence ; ceux qui se risquent temporairement à l'extérieur se retrouvent chez des fournisseurs de cette même agence). De plus, les retours d'expérience sur projets classiques sont très lents, du fait des cycles de conception et de réalisation.

La logique d'emploi et d'utilisation du réservoir de compétences de l'agence n'était pas en adéquation avec les objectifs du programme ; ceux-ci impliquent une capacité de mise à disposition rapide d'experts, puisque l'horizon temporel est fortement réduit : de trois à cinq ans contre dix à trente pour des systèmes classiques. L'ensemble des modes de fonctionnement du CNES sont encore adaptés à des besoins de réactivité faibles, et la mobilité interne inadéquate. Ainsi, trois ans après le lancement du programme, on constatait que des postes cruciaux d'ingénieurs n'étaient pas pourvus, faute de ressource interne disponible, et en raison de processus de mutation très longs. Il a fallu ainsi faire appel à des sous-traitants au prix fort. Enfin, la rémunération des compétences est problématique, dans le cadre d'un statut d'établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), où les rigidités des grilles salariales de fonctionnaires sont considérables. Pour contourner l'ensemble des problèmes potentiels liés notamment au manque d'adéquation de l'organisation et de la GRH du CNES aux objectifs du programme, il avait été envisagé de créer une filiale avec les partenaires industriels. Cette solution, que nous avons soutenue, n'a finalement pas été retenue. La Direction du CNES souhaitait en effet donner un caractère pilote à Myriade, et amener l'ensemble de l'organisation à évoluer. C'était probablement trop en demandant à un programme dont les objectifs technologiques et scientifiques étaient déjà ambitieux.

Assez logiquement, Myriade connaît un certain nombre de difficultés de mise en œuvre qui se traduisent par des retards et des dépassements de budgets par rapport au cahier des charges initial (CNES, 1998). Parmi les raisons invoquées, on note une surprogrammation due à la sous-estimation de la complexité des systèmes, un certain flou dans les objectifs initiaux, et l'absence de marges dans les budgets. L'articulation entre projet et métiers mérite d'être clarifiée au CNES, en particulier les processus de décision, d'arbitrage, et d'allocation de ressource.

Ces difficultés ne sont pas propres au CNES. Comme nous l'avons souligné, l'ensemble des GPHT souffrent d'une incapacité chronique à respecter leur cahier des charges. Certains auteurs tels que Engwall (2002), considèrent même que la sous-estimation des budgets et temps de réalisation font partie intégrante du

processus décisionnel². Néanmoins l'inadéquation des politiques de GRH a été récemment soulignée dans un rapport de la NASA (2001) portant sur les programmes scientifiques dits *Faster, Better, Cheaper*. L'agence spatiale américaine s'est vue reprocher de ne pas avoir aligné ses ressources en personnel avec ses objectifs stratégiques. De ce fait, elle n'a pas pu déterminer une GRH en adéquation avec les compétences requises. Les échecs des sondes Mars Surveyor 1998 sont largement imputés à deux facteurs : d'une part une équipe projet constituée de jeunes ingénieurs inexpérimentés (défaut de compétences), d'autre part une utilisation déficiente des expertises disponibles au sein de l'organisation (pas d'articulation projet-métiers), le tout couronné par l'absence de revues critiques de développement effectuées sous l'égide de ces experts. En conséquence, les audits ont déterminé que les sondes incriminées ont été expédiées vers Mars alors qu'elles n'étaient tout simplement pas prêtes à voler (NASA, 2000a, 2000b).

CONCLUSION

Notre contribution a débouché sur la création d'un modèle d'organisation maîtrise d'ouvrage - maîtrise d'œuvre de programmes d'agence spatiale ; il s'appuie sur un partage des compétences de base entre acteurs publics et industriels, fonction de l'innovation. Ce modèle répond à une demande explicite, puisqu'il n'existait pas auparavant de référentiel en ce domaine, aussi bien en France qu'aux États-Unis, pays pourtant pionnier de l'exploration spatiale. Nous pensons qu'il existe suffisamment de similitudes avec les GPHT d'autres secteurs pour tenter d'élargir l'application de ce modèle à d'autres secteurs, l'interrogation étant de même nature.

Parmi les axes de recherche potentiels, qui trouvent leur origine dans les questions non résolues qu'a suscitées cette étude de cas, figurent en premier lieu celles de la formalisation du processus d'identification des compétences de base, de l'évaluation de leur cohérence et de leur pertinence par rapport au problème posé dans le cadre d'un portefeuille de GPHT. Nous avons vu en effet que la tendance naturelle à l'approfondissement des compétences tendait à exclure les apports de l'extérieur ; d'ailleurs, la question du transfert de technologies n'est toujours pas résolue : n'oublions pas qu'historiquement, la R&D spatiale a produit les composants très spécifiques adaptés à cet environnement si particulier. Aujourd'hui, sa contribution à l'effort global notamment dans les domaines de l'informatique et des télécommunications est faible, voire négligeable. Comment

²À propos de questions similaires, Grima et Trépo (2003) ont étudié le rôle du « champion » dans les tactiques de persuasion destinées à emporter les décisions d'innovation organisationnelles.

alors attirer des spécialistes de ces domaines, alors que les rémunérations sont plus faibles, le statut rigide, les applications en retard technologiquement, du fait du lent retour d'expérience des projets ?

Deuxième interrogation qui a été soulevée lors de notre discussion, mais qui n'était pas incluse dans le champ de notre recherche : les carrières des ingénieurs. Comment en effet évaluer un spécialiste qui tantôt se voit investi d'une obligation de résultat dans le cadre d'un projet producteur de valeur, tantôt développe son expertise dans le cadre de son métier d'appartenance, et transmet le savoir acquis au cours du projet auquel il a participé ? Nous pensons qu'une recherche spécifique dans le contexte des GPHT permettrait d'apporter des éléments de réponse circonstanciés.

Enfin, dernier point non traité dans cet article : l'articulation entre compétences individuelles et compétences collectives, sujet qui par ailleurs pourrait s'intégrer dans le projet de recherche évoqué précédemment³.

REMERCIEMENTS

Au BETA : Patrick Cohendet, Christophe Lerch, Laurent Bach. Pour les apports académiques en dehors du laboratoire: Jean-Luc Gaffard, William Lazonick, Philippe Lorino, Christophe Midler, Patrick Ochs. Au CNES : Jacques Blamont, Stéphane Janichewski, Charles Bouzat†, Alain Oustry. Les trois lecteurs anonymes du congrès de l'AGRH 2004, et les deux de la Revue de Gestion des Ressources Humaines.

RÉFÉRENCES

- Amesse, F. et P. Cohendet.** 2001. "Technology Transfer Revisited from the Perspective of the Knowledge Based Economy", *Research Policy* 30(9), 1459-1478.
- Alter, N.** 1995. « Peut-on programmer l'innovation? », *Revue Française de Gestion*, Mars-Avril-Mai, n°105, p. 78-86.
- Barney, J.B.** 1986. «Strategy Factor Markets: Expectations, Luck and Business Strategy», *Management Science*, volume 32, pp. 1231-1241.
- Barney, J.B.** 1991. «Firm Resources and Sustained Competitive Advantage», *Journal of Management*, 17(1), 99-120.
- Belleval, C.** 2002. «Faster Conception of Radically Innovative Systems: the Strategic and Organizational Challenge for Space Agencies», *The Journal of Space Policy* vol. 18 n°3, p.215-219.

³ Nous invitons le lecteur intéressé à se reporter aux actes du colloque de Cerisy de septembre 2003 « Connaissances, Activité, Organisation » (à paraître) qui a apporté un éclairage novateur sur cette question.

- Bobroff, J., C. Caro, C. Divry et C. Midler.** 1993. « Les Formes d'Organisation des Projets », dans Giard V., C. Midler *et al.*.
- Bouzat, C.** 2002. «Myriade, the CNES Micro-Satellite Product Line for Science and Innovation», dans *Smaller Satellites: Bigger Business? Concepts, Applications and Markets for Micro/Nanosatellites in a New Information World*, Rycroft, Crosby (Eds), Kluwer Academic Publishers.
- Brusoni, S., A. Prencipe et K. Pavitt.** 2001. «Knowledge Specialization, Organizational Coupling, and the Boundaries of the Firm: Why do Firms Know More than they Make? », *Administrative Science Quarterly* vol. 46 n°4, p.597-621.
- CNES.** 1998. *Dossier de Programme Missions Microsatellites*, document interne.
- De Meyer, A., S. Dubuisson et C. Le Bas.** 1999. « La Thématique des Compétences – Une Confrontation de Points de Vue Disciplinaires », dans *Innovations et Performances – Approches Interdisciplinaires*, Éditions de l'École des Hautes Etudes en Sciences Sociales.
- Engwall, M.** 2002. «The Futile Dream of the Perfect Goal», dans *Beyond Project Management. New Perspective on the Temporary – Permanent Dilemma*, K. Sahlin-Anderson et A. Söderholm (Eds), Liber Abstrakt Copenhagen Business School Press.
- Garel, G., V. Giard et C. Midler.** 2003. « Management de projet et gestion des ressources humaines », dans *Encyclopédie des Ressources Humaines*, Allouche J. (coord.), Vuibert : Paris.
- Gautier, F. et V. Giard.** 2000. «Vers une meilleure maîtrise des coûts engagés sur le cycle de vie, lors de la conception de produits nouveaux», *Comptabilité, Contrôle, Audit*, tome VI, vol. 2, p. 43-75.
- Giard, V. et C. Midler (dir.).** 1993. *Pilotage de Projet et Entreprises – Diversités et Convergences – ECOSIP*, Gestion, Economica.
- Girin, J.** 1981. « Quel paradigme pour la Recherche en Gestion », *Economies et Sociétés*, série Sciences de gestion num. 2, vol XV, num. 10-11-12.
- Grimat, F. et G. Trepo.** 2003. « Initier Une innovation Organisationnelle: Tactiques d'Influence et Processus de Persuasion Mis en Œuvre par les Champions », *Revue de Gestion des Ressources Humaines*, vol. 50, octobre-novembre-décembre, p. 23-36.
- Hatchuel, A. et B. Weil.** 1999. « Pour une Théorie Unifiée de la Conception. Axiomatiques et Processus Collectifs », dans *Projet GIS Cognition*, CNRS, mars.
- Hobday, M.** 2000. «The Project-Based Organisation: an Ideal Form for Managing Complex Products and Systems? », *Research Policy*, vol. 29, p.871-893.
- Hobday, M., H. Rush et J. Tidd.** 2000. «Innovation in Complex Products and Systems», *Research Policy*, vol. 29, July.
- Itami H. et F. Rohel.** 1987. *Mobilizing Invisible Assets*, Harvard University Press.
- Kline, S. et N. Rosenberg.** 1986. «An overview of innovation», dans Landau, N. et N. Rosenberg (Eds), *The positive sum of strategy*, National Acadmic Press: Washington.
- Knight, F.** 1921. *Risk Uncertainty and Profit*, Houghton Mifflin Co.
- Koenig, G.** 1993. « Production de la Connaissance et Constitution des Pratiques Organisationnelles », *Revue de Gestion des Ressources Humaines*, n° 9, p. 4-17, novembre.
- Kogut, B. et U. Zander.** 1992. «Knowledge of the Firm, combinative Capabilities and the Replication of Technology», *Organization Science*, 3 (3), 383-387, August.

- Le Boterf, G.** 1994. *De la Compétence : Essai sur un Attracteur Etrange*, Éditions d'Organisation, Paris.
- Le Moigne, J.L.** 1999. *La Modélisation des Systèmes Complexes*, Dunod.
- Lenfle, S.** 2001. *Compétition par l'Innovation et Organisation de la Conception dans les Industries Amont. Le Cas d'Usinor*, Thèse de Doctorat en Sciences de Gestion, Université de Marne la Vallée, Centre de Recherche en Gestion de l'École Polytechnique – CNRS, Unité Mixte de Recherche 7655.
- Loasby, B.J.** 1999. *Knowledge, Institutions and Evolution in Economics (The Graz Schumpeter Lectures)*, vol. 2, Routledge, Library Binding.
- Lorino, P.** 1996. *Le Contrôle de Gestion Stratégique*, Dunod.
- Lorino, P.** 2001. *Méthodes et Pratiques de la Performance – Le Pilotage par les Processus et les Compétences*, Éditions d'Organisation.
- Lorino, P.** et J.C. Tarondeau. 1998. « De la Stratégie aux Processus Stratégiques », *Revue Française de Gestion*, janvier-février 1998.
- Lundvall, B.** 2000. « L'Economie Apprenante et Certaines de ses Conséquences pour la Base de Savoir du Système de Santé et du Système Educatif », dans OCDE, 2000, *Société du Savoir et Gestion des Connaissances – Enseignement et Compétences*.
- March, J.** 1991. « Exploration and Exploitation in Organizational Learning », *Organization Science*, Vol. 2, n°1 p.71-87.
- Martin, D-P.** et C. Paraponaris 2003. « Du Rôle des Entretiens d'Appréciation dans le Activités d'Innovation : le Cas des Services R&D », *Revue de Gestion des Ressources Humaines*, Vol. 50, octobre-novembre-décembre, p. 7-22.
- Midler, C.** 1993. « L'Acteur Projet : Situations, Missions, Moyens », dans V. Giard, C. Midler *et al.* .
- Morris, P.W.G.** 1990. « The Strategic Management of Projects », *Technology in Society*, vol. 12, pp. 197-215.
- Morris et Hough.** 1987. *The Anatomy of Major Projects – A Study of the Reality of Project Management*, Wiley.
- NASA.** 2000a. *Report on Project Management in NASA*, by the Mars Climate Orbiter Mishap Investigation Board, March 13.
- NASA.** 2000b. *Report on the Loss of the Mars Polar Lander and Deep Space 2 Missions*, JPL Special Review Board, 22 March.
- NASA.** 2001. *Faster Better Cheaper: Policy, Strategic Planning, and Human Resource Alignment*, Office of Inspector General, IG – 1-009, 13 March.
- Nightingale, P.** 2000. « The Product-Process-Organisation Relationship in Complex Development Projects », *Research Policy* vol.29, p. 913-930.
- Penrose, E.T.** 1959. *The Theory of the Growth of the Firm*, Wiley, New-York.
- Prahalad, C.K.** et G. Hamel. 1990. « The Core Competence of the Corporation », *Harvard Business Review*, May-June.
- Rumelt, R.P.** 1994. « Foreword », dans *Competence-Based Competition*, Hamel et Heene (Ed.), John Wiley & Sons Publishers, Chichester.

- Saint-Onge, S.** 1999. « Rémunérer les Compétences : Où en Sommes-Nous ? », *Gestion*, vol. 23, numéro 4, p. 24-33, hiver 1998-1999.
- Sanchez, R.** et **J.T. Mahoney.** 1996. «Modularity, Flexibility and Knowledge Management in Product and Organization Design», *Strategic Management Journal*, vol. 17, Winter Special Issue, pp. 63-76.
- Sapolski, H.M.** 1972. *The Polaris System Development: Bureaucratic and Programmatic Success in Government*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Simon, H.A.** 1962. «The Architecture of Complexity», *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 106, pp. 467-482.
- Teece, D., G. Pisano et A. Shuen.** 1997. "Dynamic Capabilities and Strategic Management", *Strategic Management Journal*, vol. 18, num. 7.
- Tremblay, M.** et **B. Sire.** 1999. « Rémunérer les compétences plutôt que l'activité ? », *Revue Française de Gestion*, novembre-décembre, no. 126, p.129-139.
- Williamson, O.E.** 1989. «Transaction Cost Economics», dans *Handbook of Industrial Organization*, R. Schmalensee et R.D. Willig (Ed.), vol. 1, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- Zarifian, P.** 1993. « L'Incomplétude de l'Organisation par Projet et le Rôle des Exploitants dans l'Industrie de Masse Flexible », dans V. Giard, C. Midler *et al.*.