

Quelles capacités dynamiques pour les stratégies de développement durable des entreprises ? Le cas du management de l'éco-conception

Abrassart Christophe

Centre de Gestion Scientifique – Ecole des Mines de Paris

41, rue Vieille du Temple 75004 Paris

Tel : 06-61-15-31-11 ; Fax : 01 40 51 90 65

christophe.abrassart@wanadoo.fr

Aggeri Franck

Centre de Gestion Scientifique – Ecole des Mines de Paris

Résumé

Le défi posé par le développement durable aux entreprises crée un contexte de changement rapide qui appelle à la construction de nouvelles capacités dynamiques pour y faire face. En se situant dans le cadre théorique de l'approche par les ressources, et en partant d'un champ empirique encore peu étudié en management, celui du management de l'éco-conception, deux problèmes de construction de capacités dynamiques sont identifiés : l'intégration d'une nouvelle expertise environnementale dans les procédures de conception réglée, et le passage d'une démarche d'éco-conception réglée à une stratégie d'éco-conception innovante. Pour ces situations, des capacités dynamiques ont été explicitées sous forme de routines permettant à l'entreprise de faire évoluer ses ressources pour répondre de façon dynamique à ces nouveaux contextes : d'une part, des règles de codification détaillée des nouvelles expertises environnementales à intégrer (codification visant à soutenir l'action en cours, portant sur des savoirs de compromis et sur des dispositifs combinant savoirs et organisation, et mise en place d'une fonction de coordination), et d'autre part, des routines d'exploration délibérées permettant de soutenir une stratégie d'éco-conception innovante (fractionnement des problématiques de l'éco-conception, « management du cycle de vie », gestion conjointe du développement de nouveaux concepts et de nouvelles connaissances au sein de lignées d'innovation).

Mots clés : capacités dynamiques, approche par les ressources, éco-conception, système de management environnemental orienté produit, management de l'innovation.

INTRODUCTION

Le concept de capacité dynamique (*dynamic capability*) constitue aujourd'hui un cadre d'analyse privilégié pour étudier les conditions de création d'avantages compétitifs durables pour des entreprises plongées dans des contextes d'innovation intensive. Dans leur article fondateur, Teece et al. (1997), définissent ces capacités dynamique comme « l'aptitude de la firme à intégrer, construire et reconfigurer des compétences internes et externes pour faire face à des environnements changeants rapidement », et ce à partir d'une représentation évolutionniste de la firme caractérisée par des routines et des dotations en actifs créant à court terme de fortes dépendances de sentier. Dans ce cadre théorique de la *Resource Based View*, plusieurs articles (Eisenhardt et Martin, 2000, Zollo et Winter, 2002) ont alors souligné la nécessité de préciser la nature des routines et des mécanismes d'apprentissage par lesquels les entreprises peuvent construire de nouvelles capacités dynamiques, et de déterminer les conditions contingentes de leur mobilisation par les managers.

Cette communication souhaite contribuer à ce travail d'éclaircissement théorique et empirique en examinant l'application du concept de capacité dynamique au thème des stratégies de développement durable des entreprises. La multiplication des enjeux environnementaux (ex.: le changement climatique, la modification de la couche d'ozone) créé en effet un contexte de dynamique réglementaire et d'opportunités d'innovation et de changement pouvant conduire à des reconfigurations significatives de certaines trajectoires d'entreprises, comme en témoignent l'émergence d'innovations de rupture dans certains secteurs comme les transports (ex.: motorisations hybrides), la construction (ex.: bâtiments à haute qualité environnementale) ou l'énergie (ex.: énergies renouvelables). Dans ce contexte, de nombreuses entreprises se trouvent face à un impératif d'innovation pour améliorer la performance environnementale de leurs produits et procédés. A cette aune, l'étude des mécanismes d'inertie et, a contrario, d'apprentissage permettant de renforcer leurs capacités dynamiques pour répondre de façon profitable à ces nouveaux enjeux présente donc un intérêt à la fois pratiques et théorique pour les recherches dans le champ d'une approche fondée sur les ressources.

L'analyse de la gestion environnementale en termes de capacités dynamiques a été peu développée jusqu'à présent. La plupart des travaux ont surtout cherché à montrer qu'il n'y a pas de contradiction entre être une entreprise verte et une entreprise compétitive (« *green and competitive* ») (voir Porter et Van der Linde, 1995, Hart, 1997, King et Lennox, 2002, Sharma et

Henriques, 2005, Orsato, 2006). A la question de savoir si un investissement environnemental peut être rentable (« *does it pay to be green ?* »), ces auteurs indiquent en effet que des impacts environnementaux élevés sont le symptôme, au niveau de l'entreprise, d'une mauvaise organisation qui engendre des coûts de non-qualité (gaspillages de matières et d'énergie, production excessive de déchets, etc.), que des économies peuvent être facilement obtenues par l'adoption de systèmes de management orientés vers le progrès continu, et que les démarches de prévention des pollutions à la source comme l'éco-conception, par opposition aux démarches correctives de type bout de tuyau (« end-of-pipe »), peuvent déclencher des innovations significatives sur les procédés et les produits, et conduire à des bénéfices inattendus pour les entreprises. De plus, aux avantages en termes de coûts absolus (ex.: la réduction des coûts de non-qualité), ces travaux soulignent que les entreprises pionnières cherchent à renforcer leur situation concurrentielle en visant des coûts relatifs plus faibles que les concurrents en dépit de standards réglementaires de plus en plus élevés.

Cependant ces travaux ont laissé dans l'ombre les mécanismes par lesquels des entreprises peuvent développer, dans ce domaine, des capacités dynamiques qui leur permette à la fois de renouveler leurs ressources et de leur conférer des avantages compétitifs. C'est l'objet de cette communication qui abordera cette question de la construction de capacités dynamique pour le développement durable à partir d'un champ de pratiques original : celui des stratégies d'éco-conception des produits.

L'éco-conception, ou l'approche produit de l'environnement¹, constitue aujourd'hui un thème incontournable des politiques de développement durable des entreprises, et même pour certaines d'entre elles un thème de communication et un champ d'innovation privilégiés (ex.: la conception de véhicules hybrides chez Toyota). L'intérêt croissant pour l'éco-conception depuis les années 90 s'explique par la recherche de solutions de rupture pour freiner la dégradation continue de nombreux indicateurs environnementaux (croissance de la production des déchets, émissions de CO2 etc.) et pour rendre soutenable l'accélération du développement économique de grands pays comme l'Inde et la Chine. Pour limiter l'épuisement des ressources naturelles et le réchauffement climatique, condition d'un développement durable, certains experts invoquent un facteur 4 voire

¹ Hart (1997) présente les démarches d'éco-conception sous la dénomination de « Product Stewardship » dans une typologie en trois stades des stratégies de développement durable passant de la prévention de la pollution à la source, au Product Stewardship, puis au développement de technologies propres.

un facteur 10, soit une réduction par 4 d'ici 2050 et par 10 à l'horizon 2100 des impacts environnementaux de nos activités économiques. Pour atteindre un tel niveau de performance, différentes solutions sont envisageables - "dématérialisation" de l'économie, réutilisation des produits, bâtiments à énergie positive, véhicules à très faible consommation, etc. - qui passent, entre autres, par un effort de conception des produits, des services et par une impulsion économique forte par le biais d'instruments économiques et de politiques appropriées. A cette aune, la ligne d'horizon de l'éco-conception est "l'économie de fonctionnalité", fortement dématérialisée, où les services ont remplacé les produits et où la réutilisation et le recyclage des produits et des matériaux dans de nouveaux cycles de production permettent de réduire drastiquement la consommation de matières premières et les émissions de polluants.

Or, les conditions de gestion de l'éco-conception est loin d'aller de soi car, d'une part, les résultats sont souvent très en deçà des objectifs visés par les entreprises, d'autre part, les entreprises rencontrent des difficultés à conduire des projets d'éco-innovation qui sortent des trajectoires technologiques existantes (*dominant design*). Ainsi, se posent de plus en plus la question des conditions de pilotage d'une éco-conception innovante.

Dans ce contexte, cet article se propose d'explorer les mécanismes par lesquels les entreprises peuvent construire des capacités dynamiques d'éco-conception. Pour cela, nous procéderons selon une approche longitudinale (Pettigrew, 1990) en cherchant à caractériser les transformations historiques des pratiques et des modèles de pilotage de l'éco-conception dans les entreprises. Nous nous appuierons, à cet égard, sur plusieurs exemples tirés de la littérature et des études empiriques que nous avons menées lors de recherches antérieures.

Cet article sera organisé selon le plan suivant. Dans une première partie, nous présentons une typologie des situations de gestion de l'éco-conception en entreprise. Cette typologie se fonde sur la distinction entre **une éco-conception réglée**, caractérisée par l'existence d'un "dominant design" sur le marché, par une forte codification des savoirs dans des routines organisationnelles et par un phénomène de dépendance de sentier, et **une éco-conception innovante**, susceptible de reconfigurations significatives dans les ressources - technologiques, organisationnelles et de marché - mises en oeuvre par les entreprises².

² L'éco-conception réglée et l'éco-conception innovante peuvent être, toutes deux, des sources de profit potentielles pour l'entreprise, mais de manière différente. Pour l'éco-conception réglée, deux voies sont possibles : la maîtrise des coûts relatifs par rapport aux concurrents, particulièrement lors de l'application de nouvelles réglementations sur

Cette distinction, qui est proche de celle retenue dans l'approche contingente de Eisenhardt et Martin (2000) entre marchés modérément dynamiques et marchés très dynamiques, permet notamment d'identifier deux problèmes de construction de capacité dynamique qui seront abordés dans les parties suivantes : l'intégration d'une nouvelle expertise environnementale dans les procédures de conception réglée, et le passage d'une démarche d'éco-conception réglée à une démarche d'éco-conception innovante.

La seconde partie aborde la question de la construction de capacités dynamiques associées à la mise en place d'une démarche d'éco-conception réglée dans une entreprise. En partant de l'analyse de Zollo et Winter (2002) sur les mécanismes d'apprentissage permettant à l'entreprise de construire des capacités dynamiques, cette partie précise les conditions de mise en oeuvre du mécanisme de codification des savoirs. En se basant sur un cas d'intégration d'une expertise environnementale dans les processus de conception, quatre caractéristiques clés du mécanisme de codification sont précisées : le rapport à l'action (codification ex-post ou codification comme support de l'action en cours), le type de savoir codifié (savoir d'expert ou savoir de compromis), le champ de la codification (simplement des connaissances ou plus largement des dispositifs reliant des formes de pilotage et des savoirs), et le pilotage de cette activité de codification.

La troisième partie aborde la question de la construction de capacités dynamiques associées à la mise en place d'une démarche déco-conception innovante, qui passe par la sortie des trajectoires technologiques existantes. Une analyse des mécanismes de blocage rencontrés sera présentée, puis nous nous appuierons sur des recherches récentes en management de la conception innovante (Le Masson, Weil, Hatchuel, 2006) pour préciser les enjeux de la mise en place de capacités dynamiques pour une démarche d'éco-conception innovante.

En conclusion, en nous fondant sur les résultats obtenus dans ce champ empirique du management de l'éco-conception, nous discutons les propositions théoriques de Eisenhardt et Martin (2000) sur les types de capacités dynamiques associés aux régimes de marché modérément dynamique et dynamique.

l'environnement, et l'obtention d'une meilleure image de marque sur un marché existant, à partir de l'obtention d'un écolabel de produit par exemple. L'éco-conception innovante, quant à elle, est source de profits potentiels par la création de nouveaux produits et/ou de nouveaux standards orientés vers la construction de nouveaux marchés.

1. QUELS PROBLEMES DE CAPACITE DYNAMIQUE LIES AU DEPLOIEMENT DE L'ECO-CONCEPTION ?

La construction de capacités dynamiques suppose en premier lieu d'identifier les situations de gestion (caractérisées par des compétences et des routines) qui doivent être reconfigurées pour répondre aux contextes de changement se présentant à l'entreprise. Nous présentons ici une typologie des situations d'éco-conception en entreprise afin d'identifier les problèmes de construction de capacité dynamique associés.

Nous proposons, de distinguer, à partir de deux critères, quatre situations d'éco-conception qui correspondent à des enjeux et des modes de pilotage différenciés (voir le tableau ci-dessous).

Le premier critère porte sur le mode de construction de la valeur environnementale. La valeur environnementale sera dite *confinée* lorsqu'elle peut être définie précisément (critères, cahier des charges) au début du processus de conception, comme dans le cas d'un "*dominant design*". Cette valeur peut être définie en réponse à des objectifs réglementaires au bien au cahier des charges d'un donneur d'ordre. Elle sera dite *exploratoire* lorsque les critères ne peuvent être précisément définis au début du processus de conception mais sont construits au cours de ce processus.

Le deuxième critère porte sur la dimension sélective ou systémique du processus d'éco-conception : ce processus est-il focalisé sur une dimension environnementale spécifique (ex.: la recyclabilité du produit ou les émissions de CO₂) ou bien sur plusieurs dimensions considérées simultanément dans le cadre d'une approche systémique de cycle de vie ?

La combinaison de ces deux critères donne quatre situations types d'éco-conception, posant chacune des problèmes de gestion spécifiques. Nous allons présenter tour à tour ces situations types et les principales évolutions repérables au cours de ces quinze dernières années.

Tableau 1 : quatre situations d'éco-conception

Construction de la valeur Approche de l'éco-conception	Confinée	Exploratoire
systémique	éco-conception réglée en cycle de vie (LCM) (3)	éco-conception innovante systémique (4)
Sélective	éco-conception sélective (1)	éco-conception sélective exploratoire (2)

1.1. L'ECO-CONCEPTION SELECTIVE ET CONFINEE (CAS N°1)

Historiquement, les premières approches d'éco-conception mises en oeuvre par les entreprises ont été sélectives et confinées. L'exemple type est celui de dépollution des moteurs dans l'automobile engagé à partir de la fin des années 80. Il s'agissait alors d'une approche technologique (introduction du pot catalytique, amélioration de l'injection électronique et des systèmes de dépollution) pour répondre à des normes externes définies par la réglementation (normes euro I à IV) en matière d'émissions atmosphériques (oxydes d'azote et de soufre notamment). Ces démarches ont eu des résultats significatifs. Les progrès en termes d'émissions atmosphériques sur les Nox ou les SO₂, tirés par les réglementations depuis 1993 (normes Euro I à IV), ont été spectaculaires, notamment grâce à la généralisation de l'injection électronique ou de systèmes de catalyse sophistiqués³. Mais ces démarches consistaient essentiellement à répondre à la réglementation au moindre coût, sans mener de réflexion ni sur les critères environnementaux à retenir (ex.: risques de transferts de pollutions sur d'autres critères environnementaux, ou sur d'autres étapes du cycle de vie quand une solution était envisagée), ni sur la valeur environnementale pour les clients, ni sur la spécificité des démarches d'éco-conception d'un point de vue managérial.

1.2. L'ECO-CONCEPTION SELECTIVE ET EXPLORATOIRE (CAS N°2)

Une seconde étape a consisté, à partir du début des années 90, à engager des démarches d'éco-conception spécifiques plus exploratoires sur des questions environnementales moins cadrées (ex.: recyclabilité, , réduction à la source des déchets), mais en ne considérant toujours qu'un seul critère sur une partie du cycle de vie. Par exemple, dans un contexte d'incertitudes fortes sur le type de connaissances, d'outils et de solutions à concevoir, des démarches d'expérimentation ont été conduites dans le domaine de la recyclabilité des automobiles en partenariat avec d'autres constructeurs et avec les équipementiers (voir Aggeri et Hatchuel, 1997, Abrassart et Aggeri, 2002). Ces démarches ont permis d'expérimenter de nouvelles formes d'expertises, d'instrumentation et d'intervention dans les projets.

³ Depuis 1993, Renault annonce, par exemple, des réductions des émissions moyennes par véhicule de 63% pour le CO, 90% pour les HC et 92% sur les NOx. (sources: interviews et rapport de développement durable 2004).

Une évolution vers des formes systémiques d'éco-conception

A partir de la fin des années 90, des efforts ont été conduits par les entreprises et les experts en éco-conception pour intégrer ces démarches sélectives dans le cadre du management du cycle de vie. Mais si l'approche de cycle de vie constitue un socle commun aux démarches d'éco-conception contemporaines, les pratiques des entreprises se distinguent selon qu'elles visent à s'inscrire dans le cadre d'une conception réglée (3) ou bien d'une conception innovante (4) ; l'une ou l'autre de ces orientations conduisant à des modes de pilotage différents.

1.3. L'ECO-CONCEPTION REGLEE EN CYCLE DE VIE (CAS N°3)

La conception réglée correspond aux situations de *dominant design* où les objectifs de la conception sont définis (l'espace de progrès est paramétré) et les moyens pour les atteindre sont relativement connus et stabilisés : les connaissances sont disponibles, les métiers sont établis et l'organisation est stabilisée. Le renouvellement des produits dans le cadre de projets de développement correspond à cette situation. Les démarches d'ingénierie de la conception systématique (voir Pahl et Beitz, 1996) et celles de management de projet (gestion de projet, cycle en V, assurance qualité) déployées, depuis vingt ans, à grande échelle dans le domaine de la R&D industrielle ont fait la preuve de leur efficacité : l'effort de systématisation des démarches de conception combinée à une division du travail parfois très poussée (par métier) a permis des gains de productivité remarquables dans les processus de conception (réduction des délais de conception et renouvellement accéléré des produits).

Les premiers secteurs industriels qui ont cherché à introduire des démarches d'éco-conception (électronique, automobile, électroménager) sont aussi ceux où les principes de la conception réglée ont été poussés le plus loin pour organiser le développement de produits. S'appuyant sur les logiques du transfert de connaissances, de l'aide à la décision et des systèmes de management de la qualité, les experts de l'éco-conception ont essayé d'inscrire leurs démarches dans les processus de conception réglée à l'œuvre dans leurs entreprises.

Dans le secteur de l'automobile, à partir de la fin des années 90, les constructeurs se sont engagés dans des démarches intégrées qui s'appuient d'une part sur une approche par le cycle de vie physique des produits (Inventaires de Cycle de Vie), et d'autre part sur des outils qualitatifs (tableaux de bord) visant à construire un cadre permettant d'opérer des arbitrages entre des critères de performance potentiellement contradictoires. Le déploiement de ces connaissances et

de ces outils en conception réglée consiste à épouser au plus près le processus de développement et la division du travail en vigueur dans l'organisation, en distribuant à chaque intervenant (un métier, un sous-traitant partenaire) les nouveaux outils adaptés à sa fonction (un outil de simulation pour un service d'ingénierie, une grille d'évaluation simplifiée pour un fournisseur).

1.4. L'ECO-CONCEPTION INNOVANTE SYSTEMIQUE (CAS N°4)

Comment gérer des situations dans lesquelles ni les valeurs possibles de l'environnement, ni les savoirs associés (ex.: les critères d'évaluation), ni les formes organisationnelles ne sont entièrement définies à l'avance ? C'est la question de l'éco-conception innovante qui correspond, dans cette perspective, à la situation où les objectifs sont à construire ou à réviser, où les métiers et les marchés sont mal spécifiés et les connaissances lacunaires, et où les processus et les modes validation ne sont pas explicités. Elle pose des questions inédites en matière de modèles de pilotage tant sur le plan des raisonnements, des outils et des connaissances mobilisées que des coopérations à mettre en œuvre sur le cycle de vie des produits.

Ces démarches d'éco-conception innovante peuvent prendre différentes formes. En premier lieu l'acquisition d'une compétence spécifique pouvant poser un problème d'innovation architecturale (Henderson et Clark, 1990), comme le cas des technologies de motorisation hybride dans l'automobile, ou des problèmes de complémentarité avec d'autres actifs externes, comme dans le cas du développement de la voiture à hydrogène qui requiert la mise en place d'une infrastructure de distribution. En second lieu, elle peut prendre la forme, pour les industriels amont (chimistes, cimentiers, métallurgistes etc.), de la mise en place d'une stratégie d'innovation visant à accompagner le développement de marchés de « produits verts » (bâtiments à haute qualité environnementale, voiture légère, etc.)

Elle peut également passer, pour les distributeurs, par le développement d'une communauté de consommateurs attachés à des produits ayant un écolabel, comme dans le cas de Monoprix. Pionnier dès la fin des années 90 de la commercialisation en circuit généraliste de produits de qualité environnementale - sous les marques Monoprix Vert et Monoprix Bio -, Monoprix est la première enseigne en France à proposer des produits d'entretien (14 références) réalisés à partir de matières premières végétales. Pour concevoir cette nouvelle gamme composée de 14 produits d'entretien - nettoyants multi-usages, lessives... - l'enseigne a développé une démarche d'éco-conception qui vise non seulement à réduire les impacts environnementaux des produits sur leur

cycle de vie mais a porté un effort particulier sur la conception de l'emballage (recyclabilité, choix des couleurs) et de la communication à l'égard des clients finaux, mettant en avant l'aspect biodégradable des produits qui ne sont pas issus de la pétrochimie.

Elle peut enfin passer par la reconception des systèmes d'usage des produits en passant d'une offre de produit à une offre de service. Ce type de démarche est aujourd'hui thématiqué sous le nom de *Product Service Systems* (UNEP, 2002) dont le principe est de passer de la vente d'un produit à une offre combinant un agencement de produits et de services. Une reconception qui permet de mettre en œuvre une approche globale du cycle de vie du produit en s'appuyant sur des coopérations parfois inédites. Trois axes de reconception ouvrant des champs d'innovation potentiellement intéressants pour le développement durable, sont mis en avant par ses promoteurs : l'offre de services complémentaires à l'objet permettant de diminuer les flux de déchets (rénovation, réparation...), les plates-formes de mutualisation (*enabling platforms*) (ex. : des véhicules entre citoyens, du matériel agricole entre exploitants), un nouveau rapport de l'utilisateur à l'objet qui devient locataire et non plus propriétaire.

L'éco-conception innovante constitue aujourd'hui l'évolution la plus prometteuse pour le développement durable, et revêt, depuis quelques années, une importance croissante, parce que la compétition par l'innovation s'intensifie entre les entreprises, mais aussi parce que l'identité même des objets est aujourd'hui remise en question. Cette démarche est aussi la plus difficile dans la mesure où elle requiert souvent une rupture avec les trajectoires technologiques et organisationnelles existantes, et pose donc une question de construction de capacités dynamiques pour l'entreprise.

Cette typologie permet finalement d'identifier deux problèmes de construction de capacité dynamique qui seront abordés dans les parties suivantes : l'intégration d'une nouvelle expertise dans les procédures de conception réglée, et le passage d'une démarche d'éco-conception réglée à une démarche d'éco-conception innovante.

2. QUELLES CAPACITES DYNAMIQUES POUR L'ECO-CONCEPTION REGLEE ? LES ENJEUX DE LA CODIFICATION DES CONNAISSANCES

Zollo et Winter (2002) distinguent dans leur article trois mécanismes d'apprentissage permettant à l'entreprise de construire des capacités dynamiques : l'accumulation tacite d'expérience, l'articulation des savoirs (à travers des discussions collectives, des sessions de debriefing, des

processus d'évaluation) et la codification des savoirs (par des manuels de procédures écrites, des logiciels de gestion de projet). Ces auteurs mettent particulièrement l'accent sur le mécanisme de codification en soulignant son rôle actif dans la production des connaissances : « la codification est potentiellement importante en tant que mécanisme supportant l'ensemble du processus d'évolution des savoirs, et non seulement comme une phase du transfert ». Toutefois la question de savoir quelles routines doivent être actionnées pour réaliser une codification des savoirs réussie est peu abordée par ces auteurs. Cet article aborde ce point à partir du cas de l'éco-conception.

Ainsi dans le cas de l'éco-conception, suffit-il de mettre à disposition des équipes de conception des outils formalisés de diagnostic environnemental ? Cette hypothèse, sur laquelle se fondaient les réflexions des premiers experts et des pouvoirs publics au début des années 90, s'est révélée inadéquate à l'épreuve des faits, les entreprises rencontrant des difficultés récurrentes dans la mise en oeuvre de ce type de dispositif pour déployer d'éco-conception. Après avoir présenté un cas d'entreprise, nous précisons dans cette partie les enjeux de la codification des savoirs, pour que ce mécanisme d'apprentissage puisse renforcer les capacités dynamiques des entreprises face aux nouveaux enjeux environnementaux.

2.1. LES ALEAS DE LA CODIFICATION DE L'EXPERTISE EN ECO-CONCEPTION

Au cours des années 1990, les débuts de l'éco-conception dans les industries de grande consommation (électronique, automobile, électro-ménager) coïncide avec l'émergence d'une nouvelle figure d'acteur : l'expert environnement produit. Ces experts apparaissent en réponse aux projets réglementaires qui portent sur l'homologation des produits sur de nouveaux critères environnementaux (recyclabilité, efficacité énergétique, écobilans, élimination de substances dangereuses, etc.). Les enjeux environnementaux étant associés à des expertises scientifiques, techniques et réglementaires pointues, ces acteurs vont chercher à organiser le transfert des connaissances à travers la mise à disposition de règles et d'outils à l'attention des concepteurs (normes techniques, recommandations, guides, logiciels etc.). Ce travail de codification effectué, les concepteurs devaient alors être en mesure d'intégrer spontanément ces nouvelles connaissances dans leurs démarches de conception. Toutefois, l'intégration de ces nouveaux savoirs dans les routines des concepteurs a rencontré de nombreuses difficultés.

C'est ce que montre Aggeri et Hatchuel (1997) sur le cas de l'introduction de l'expertise environnementale dans les processus de développement automobile. La multiplication de recommandations, parfois contradictoires (ex. préconisations pour la recyclabilité qui conduisent à sélectionner des matériaux recyclables et préconisations qui conduisent à sélectionner des matériaux plus légers, éventuellement moins recyclables), n'indiquent pas cependant toujours les voies d'action pour les concepteurs et ne permettent pas toujours de guider efficacement ces derniers ; sans compter que ces préconisations, qui sont généralement énoncées dans le langage de l'expert environnement, ne sont pas toujours facilement interprétables par les concepteurs. C'est également ce que montre le cas des outils d'aide à la décision dérivés de l'analyse du cycle de vie (ou ACV⁴), qui vont connaître un certain succès auprès des nouveaux experts de "environnement produit" en quête d'outils et de méthodologies pour légitimer leur action auprès des concepteurs (voir encadré ci-dessous).

Un essai de codification des savoirs d'éco-conception dans l'industrie électronique

Au milieu des années 90, certains industriels soulignent le caractère rigide des analyses de cycle de vie réalisées par des experts externes : durée d'études trop longues, rapports volumineux et difficiles à interpréter, simulations supplémentaires impossibles sans nouvelle étude. Pour répondre à ces limites, une première génération d'outils informatiques d'éco-conception voit le jour dans les grandes entreprises, notamment du secteur électronique. Ces logiciels doivent permettre une diffusion de l'expertise environnementale « produit » dans des sociétés caractérisées par des processus de conception structurés par des procédures précises et stables (phasage, division fonctionnelle du travail etc.) et par un très grand nombre de projets de développement en parallèle (plusieurs dizaines chaque année). Le pari est donc de codifier un nouveau savoir d'expert pour le transférer dans les routines de conception de nombreux acteurs décentralisés dans l'organisation.

⁴ L'ACV est une méthode de comptabilité des impacts environnementaux qui s'attache à mesurer les impacts environnementaux quantifiables d'un produit ou d'un système tout au long de son cycle de vie. Cette méthode de diagnostic environnemental a été développée dans les années 1980 et 1990, et normalisée à la fin des années 1990 (normes ISO 14040). Elle se présente comme une nouvelle technique de l'ingénieur : il s'agit en effet de synthétiser des savoirs scientifiques et techniques dans un outil pour l'action. Elle constitue également une nouvelle technique de comptabilité analytique sur les produits (voir Abrassart et Aggeri, 2002).

Comment fonctionnent ces premiers logiciels ? Ils reposent sur une stricte division du travail entre deux figures d'acteur, l'expert environnement et le concepteur. L'expert, situé au centre du dispositif, a pour mission de préparer toutes les connaissances environnementales requises pour le calcul des indicateurs environnementaux par les concepteurs, et de les leur envoyer par un canal de type Intranet. Séparément dans l'organisation, et séquentiellement dans le temps, les concepteurs sont censés utiliser ces informations pour déterminer les profils environnementaux des solutions techniques en cours de développement. La description d'un produit se fait comme dans un jeu de lego, par la combinaison d'éléments constituant physiquement le produit (composants électroniques, matières, procédés) puisés dans des bases de données préparées par l'expert. Point important, le concepteur ne voit que des bases de composants, mais jamais les informations environnementales rattachées à chaque composant par l'expert. Sa seule tâche est de décrire le produit tel qu'il était en train de le concevoir, et ceci sans changer de langage sur les objets en cours de conception. A cette fin, différents écrans permettent de renseigner ses choix aux différentes étapes du cycle de vie du produit : fabrication, options logistiques, modes d'utilisation du produit et scénarios de fin de vie (ex. recyclage, mise en décharge). Pour chaque produit, le logiciel calcule ensuite des indicateurs environnementaux de type ACV en combinant entre elles les informations environnementales associées à chaque composant.

Lors du test de ces outils sur des projets pilotes, des difficultés imprévues sont constatées. Des explications dans des registres politiques et techniques sont d'abord formulées. Parfois, c'est le manque d'engagement de la direction sur l'éco-conception qui est invoqué : l'absence d'une politique précise, d'objectifs formalisés et de systèmes d'évaluation rendraient en effet l'implication des concepteurs plus incertaine. D'autres fois, c'est l'interfaçage entre les outils d'éco-conception et ceux de CAO qui est mis en avant.

Une autre explication, plus managériale et cognitive, est cependant possible. Elle consiste à souligner le fait que ces dispositifs portent eux-mêmes une représentation implicite de l'organisation en décalage avec les pratiques concrètes de conception, et qu'ils résultent d'un travail de codification inadapté révélant un manque de capacité dynamique de ces entreprises sur le management de l'éco-conception.

En premier lieu, ces logiciels se situent dans un *rapport à l'action* bien particulier : celui de la décision. En s'appuyant sur des données environnementales préparées à l'avance par l'expert, avec peu de révisions possibles au cours des projets, ces logiciels sont plus dans une logique d'aide à la décision que dans une logique d'aide à la conception. Ainsi, si un matériau apparaît comme peu performant, le concepteur est davantage incité à choisir un autre matériau au sein d'une liste donnée qu'à envisager la mise en œuvre programme d'innovation avec d'autres acteurs du cycle de vie. Le raisonnement d'éco-conception est donc réduit à un problème de décision conduit par une seule personne, consistant à sélectionner une solution satisfaisante dans un ensemble donné d'avance. De plus, pour comparer différentes solutions, il est nécessaire de pouvoir les décrire de façon détaillée, autrement dit de les avoir déjà conçues. Ainsi, au lieu d'apporter une aide à la structuration du raisonnement d'éco-conception, ces logiciels ne peuvent être utilisés que comme des outils d'évaluation ex-post des projets. De fait, on a pu observer un usage détourné de l'outil, réduit à un outil-plaidoyer où l'évaluation bricolée par le concepteur sert d'abord à justifier une décision déjà prise.

Les *savoirs codifiés* dans ce type de logiciel concernent essentiellement les profils environnementaux des matériaux et procédés, et non la manière dont des compromis entre l'environnement et les autres critères de conception (techniques, économiques...) ont pu être trouvés dans les projets antérieurs, les raisonnements construits, les contradictions surmontées ou non. En conséquence, ces logiciels apportent une aide limitée aux raisonnements des concepteurs, et sont parfois perçus comme des « boîtes noires ».

Dans le cas de ces logiciels, le *champ de la codification* est restreint aux connaissances environnementales et n'inclue pas une analyse des dispositifs de pilotage. De fait, le modèle managérial associé à ces logiciels est très rudimentaire – une division stricte du travail entre expert environnement et concepteur - et ne dit rien sur l'organisation des apprentissages croisés des experts en environnement avec les concepteurs en interne, ni avec les acteurs du cycle de vie physique du produit en externe.

La *fonction pilote* associée à ces logiciels est la fonction d'expert environnement. Or en pratique les responsables environnement produit ont beaucoup plus eu un profil de coordinateur en éco-conception, pilotant des savoirs de compromis et les multiples apprentissages croisés associés.

2.2. LES ENJEUX DE LA CODIFICATION DES SAVOIRS EN ECO-CONCEPTION REGLEE

Quatre caractéristiques clés du mécanisme de codification des savoirs en éco-conception réglée peuvent être maintenant précisées : le rapport à l'action, le type de savoir codifié, le champ de la codification, et le type de fonction pilote.

Le rapport à l'action (codification ex-post ou codification comme support de l'action en cours)

Des travaux ont mis en évidence que l'enjeu de la conception, et donc de l'éco-conception, n'était pas un problème d'aide à la décision entre des alternatives connues d'avance mais un processus collectif de recherche de nouvelles alternatives et de compromis innovants. Le problème n'est donc pas seulement de proposer aux concepteurs des catalogues d'alternatives issues de retour d'expériences des anciens projets (codification ex-post, diffusion de savoirs déjà là), mais aussi de permettre aux acteurs de l'organisation (souvent de multiples projets en parallèle) de codifier leurs savoirs au cours de l'action. La codification sert alors de support à l'activité de conception et elle permet de piloter au cours des projets l'expansion des bases de compétences et de connaissances. Des modèles de codification ont été récemment développés dans ce sens (voir Le Masson, Weil, Hatchuel, 2006)

Le type de savoir codifié (savoir d'expert ou savoir de compromis)

Deux propriétés de ces processus d'éco-conception peuvent être soulignées. En premier lieu, ils impliquent des métiers et des compétences multiples, et posent des problèmes d'apprentissages croisés entre ces métiers (Hatchuel, 1994) ce qui implique une intervention réelle et continue des nouveaux experts environnement dans les projets de conception. Ils posent ensuite un problème continu de génération de nouveaux concepts et de nouvelles connaissances (Le Masson, Weil, Hatchuel, 2006) pour concevoir des solutions répondant de façon innovante à de multiples critères souvent contradictoires (coût, qualité, délai, sécurité, environnement, design, etc.). Les savoirs à codifier et à capitaliser sont donc surtout des savoirs explicitant la manière dont les compromis ont été trouvés, les raisonnements ont été construits, les contradictions surmontées ou non. On soulignera que la capitalisation des connaissances est plus facile à conduire dans des domaines où les projets de conception successifs sont structurés de la même manière (ex. secteurs électronique et automobile), que dans un secteur comme le bâtiment, où chaque projet est considéré comme un prototype unique et où l'émiettement des acteurs est un obstacle à l'apprentissage par la codification.

Le champ de la codification (simplement sur les connaissances ou sur les dispositifs reliant connaissances et formes de pilotage).

Depuis le début des années 1990, les recherches en management de la conception ont montré que la dynamique des connaissances en conception était étroitement liée aux formes d'organisation adoptées (par ex. Clark et Fujimoto, 1991 ; Clark et Wheelwright, 1992 sur l'organisation des projets de développement en ingénierie concurrente). En conséquence, le champ de la codification doit donc porter de façon indissociable sur les savoirs et sur les dispositifs de pilotage associés. Dans le cas de l'éco-conception ces dispositifs comprennent les relations permettant d'organiser les apprentissages croisés des experts en environnement avec les concepteurs en interne et avec les acteurs du cycle de vie physique du produit en externe.

La mise en place d'une fonction pilote (expert environnement ou coordinateur éco-conception)

Dans le cas de l'éco-conception, cette fonction pilote permet d'assurer la cohérence des codifications réalisées, et de coordonner les multiples apprentissages dans l'organisation (les multiples projets de développement en parallèle...) et sur le cycle de vie physique du produit (ex. du côté des fournisseurs, des acteurs des filières de recyclage etc.). Elle constitue une fonction pilotant des savoirs de compromis, et donc de « coordinateur éco-conception » et non seulement d'expert environnement.

Ainsi, la mise en place d'une démarche d'éco-conception réglée en entreprise requiert l'existence de capacités dynamiques. Mais quelles formes prennent précisément ces capacités dynamiques dans une entreprise ? Pour Eisenhardt et Martin (2000), les capacités dynamiques sont des « routines stratégiques et organisationnelles par lesquelles les managers altèrent leurs ressources pour générer des nouvelles stratégies de création de valeur ».

Dans le cas étudié, ces routines se présentent sous la forme de quatre règles indiquant la manière dont les entreprises peuvent produire de nouveaux savoirs dans l'action : formaliser des modèles de codification utilisables dans le raisonnement de conception, codifier des savoirs de compromis, intégrer les modèles de pilotage dans le champ de la codification, construire une fonction de coordination nouvelle. .

Qu'en est-il des capacités dynamiques requises pour passer d'une éco-conception réglée à une éco-conception innovante ?

3. DE L'ECO-CONCEPTION REGLEE A L'ECO-CONCEPTION INNOVANTE

3.1. LES LIMITES DE L'ECO-CONCEPTION REGLEE

Si ces démarches sont efficaces pour organiser un processus de « re-conception » ou d'amélioration d'un concept donné dans le cadre d'un *dominant design*, elles se révèlent inadaptées à la conception de solutions plus innovantes qui peuvent être nécessaires pour sortir d'une trajectoire technologique ayant épuisé ses effets.

Ainsi, dans le secteur automobile, les marges de progrès semblent aujourd'hui plus faibles en matière d'émissions de CO₂, compte tenu de certaines évolutions négatives (augmentation continue du poids des véhicules, évolution défavorable du "mix" (plus de 4x4 et de véhicules équipés), généralisation de la climatisation), combinées à l'épuisement des tendances favorables (asymptote dans la pénétration du diesel, progrès plus faible des rendements énergétiques des moteurs), certains constructeurs prévoient même une légère remontée des émissions moyennes de CO₂ de leur gamme à partir de 2006. Une tendance négative qui se combine aujourd'hui à l'augmentation du parc automobile dans les pays comme l'Inde et la Chine. De même, les progrès en matière de recyclabilité des véhicules semblent aujourd'hui buter sur des questions de sélection et d'assemblages de matériaux et d'architecture qui dépassent le cadre trop contraint des projets de développement.

Plus fondamentalement, l'éco-conception semble aujourd'hui rencontrer deux limites principales. En premier lieu, **la difficulté à gérer de nouvelles transversalités internes qui permettraient de changer de trajectoire technologique**. La productivité de l'industrie automobile s'organise depuis un siècle autour de l'approfondissement d'une trajectoire technologique constituée de trois éléments : le moteur thermique, la carrosserie en acier, un système de transmission mécanique. L'éco-conception pratiquée depuis quinze ans ne remet pas en cause cette trajectoire, considérant comme acquis ces choix de conception. Pourtant de nombreux projets de recherche portent ou sont tirés par des questions environnementales : pile à combustible, moteur hybride, nouveaux matériaux plus légers, etc. Il existe cependant un fossé important entre ces projets de recherche et les projets de développement qui ne remettent pas en cause une trajectoire technologique qui a fait ses preuves en termes de maîtrise du triptyque coût-qualité-délais. En outre l'action des experts environnement dans les phases de projets comporte peu de marges de manœuvre puisque les choix d'architecture, de matériaux et de technologies sont déjà figés. De plus, les critères d'éco-conception ne correspondent pas toujours à la division du travail en sous-équipes

fonctionnelles (cas idéal d'une bijection entre l'espace des critères environnementaux et celui des équipes), et concernent très souvent plusieurs équipes, avec des problèmes de transversalité, d'innovation architecturale (Henderson et Clark, 1990) et la nécessité de nouvelles coordinations. C'est dans les phases d'avant-projets, entre recherche et développement que des explorations peuvent émerger entre de nouveaux concepts environnementaux et de nouvelles poches de connaissances issues de la recherche.

En second lieu, ***le confinement de la valeur liée à la difficulté de construire de nouvelles coopérations externes***. Il y a eu peu de réflexions sur la valeur environnementale des véhicules, en dehors de quelques initiatives de marketing sur des critères essentiellement techniques issues de l'ingénierie, et les dimensions fonctionnelles ont été peu explorées. Une démarche alternative, comme celle des designers qui inclue la reconception de la relation entre l'utilisateur et l'objet, est encore peu impactée chez les constructeurs. Or cette démarche pourrait conduire à concevoir de nouveaux schémas de mobilité plus durables à travers des partenariats d'exploration externes (Segrestin, 2006) inédits pour un constructeur. Autrement dit, les critères environnementaux ont d'abord été dictés par la réglementation, mais sans une interrogation sur la valeur ajoutée possible pour les clients.

Dépasser ces limites, requiert, par conséquent, de remettre en cause les principes de la conception réglée pour s'interroger sur les choix d'architecture, sur les choix technologiques, sur les fonctionnalités des véhicules et les systèmes de mobilité urbaines et de communication à venir : c'est le domaine de l'éco-conception innovante, qui pose de nouveaux enjeux de management.

3.2. LES ENJEUX DE L'ÉCO-CONCEPTION INNOVANTE

Quelles capacités dynamiques construire pour mettre en place une démarche d'éco-conception innovante dans une entreprise enfermée dans une trajectoire technologique et organisationnelle ? Ici encore nous recherchons les routines qui peuvent être mises en place pour renforcer la capacité dynamique des entreprises souhaitant s'engager dans une démarche d'éco-conception innovante. Trois jeux de routines ressortent de notre analyse : les routines permettant d'organiser les explorations de vers nouvelles valeurs, celles organisant la gestion des coopérations originales le long du cycle de vie, et celles permettant de gérer de façon conjointe le développement de nouveaux concepts et de nouvelles connaissances.

3.2.1. Des routines permettant d'organiser les explorations vers de nouvelles valeurs

Dès lors que l'entreprise s'engage dans un processus d'éco-conception innovante, la valeur environnementale des produits ne peut être tenue pour acquise et devient l'objet du processus de conception. Ce processus peut s'appuyer sur des problématisations professionnelles différentes de la valeur environnementale des produits et des services. Ces problématisations dessinent à la fois un espace de progrès particulier et un espace de coopération entre acteurs pour élaborer des innovations. Nous présentons ici celle du designer, qui repose sur la reconception des relations entre les usagers et les objets, à l'aide de concepts comme celui de dématérialisation, et celle de l'ingénieur, davantage basée sur la recherche d'écoprofils résultant d'une minimisation des impacts environnementaux le long du cycle de vie physique du produit. Les routines de capacité dynamique apparaissent dans ce cas comme des démarches d'exploration délibérées reposant sur le fractionnement des problématisations, en confiant par exemple le même projet (« concevoir une voiture écologique ») parallèlement et séparément à une équipe d'ingénieur et à une équipe de designer, avant de croiser leurs résultats et de sélectionner des stratégies possibles pour l'entreprise.

L'attention récente à la question des usages et de la valeur des produits dans le cadre d'une éco-conception innovante a permis d'introduire de nouvelles formes de problématisations, comme celle des designers⁵. Suivant la distinction proposée par Hennion et Dubuisson (1996), on peut distinguer deux types d'approches de l'éco-design: une approche "artiste", attentive à la forme ou au symbole et une approche "fonctionnaliste", plus tournée vers l'usage et les concepts techniques. D'une part on assiste au développement d'un style concrétisant des concepts comme le "vert", le "léger", le "recyclé", le "bio", qui se traduit par des aspects de matière, des formes, la recherche d'une signature visuelle et d'une esthétique particulière. D'autre part, on assiste à une

⁵ L'ouvrage *Design pour un monde réel* de Victor Papanek (1970) a joué un rôle fondateur dans la communauté des designers qui se sont intéressés aux questions d'environnement. S'opposant à une approche faisant du design un outil de marketing au service d'un hédonisme superflu et ostentatoire, Papanek propose dans son livre un manifeste pour un design responsable. Dans la même perspective on pourra consulter l'ouvrage de T. Kazazian (2003), *il y aura l'âge des choses légères* qui présente des projets d'entreprises quasi-réelles sur des systèmes de produits/services soutenable autour de sept univers d'usage : l'eau, l'alimentation, l'énergie, l'habitat, la mobilité, le sport et le multimédia.

approche fondée sur la reconception des interactions entre l'utilisateur et le produit : dématérialisation, réutilisation, source d'énergie manuelle, passage du produit au service avec des modules réutilisés (expérience de Rank Xerox sur ses photocopieurs). Selon cette seconde approche, l'éco-conception suppose de nouvelles interactions avec les clients potentiels pour expérimenter et inventer de nouveaux usages. Ces interactions sont structurées grâce à des outils et des démarches spécifiques (ex. groupes de travail prospectifs), et peuvent conduire à des coopérations inter-entreprises inédites (voir encadré 2).

Encadré 2 : L'éco-conception selon les designers ou la reconception des systèmes d'usages

Les designers ont développé des démarches d'éco-conception innovantes qui visent toutes à la reconcevoir les systèmes d'usage des objets. La démarche des *Design Orienting Scenarios*⁶ (DOS), conçue dans le cadre du projet européen SusHouse en 2000 en est un bon exemple. Ce projet avait pour but de développer et d'évaluer des stratégies de transition vers des ménages durables, avec pour cible une dématérialisation d'un facteur 20 à l'horizon 2050. Trois grandes fonctions ménagères y ont été étudiées : les soins des vêtements (achats, lavage, séchage, repassage etc.), le confort (chauffage, climatisation etc.), et la nutrition (les courses, la cuisine, la restauration).

Un DOS est décrit comme une proposition synthétique composée d'une vision générale et de propositions (agencements concrets de produits et services et de styles de vie) situées dans un contexte socio-économique global (vieillesse de la population, urbanisation croissante, déstructuration de la famille traditionnelle, diffusion des technologies de l'information, etc.).

La construction d'un DOS est un exercice collectif à plusieurs étapes qui débute par la réalisation d'un atelier de créativité s'appuyant sur des polarités types des comportements des utilisateurs (communautaire ou individuel, faire ou acheter, etc.). Sur la base des propositions obtenues, des images du futur, appelées DOS, sont élaborées en suivant une méthodologie définissant des règles d'association et de cohérence. Pour la fonction "Soins des vêtements", différents DOS ont été formulés : "Eternally yours" qui comporte peu d'habits, mais de haute qualité, détenu individuellement et utilisés de façon intensive (évite les impacts environnementaux liés à la fabrication d'habits non utilisés), ou "Outsourcing" où les vêtements sont loués à des entreprises privées locales (ce qui permet un taux d'utilisation élevé des vêtements et l'utilisation de bonnes

⁶ Voir Manzini et Jegou (2000) et Vezzoli (1999).

technologies en terme de consommation d'énergie et d'eau, mais peut entraîner plus de transports). La visualisation des scénarios peut ensuite être le point de départ d'une nouvelle construction.

La problématisation de la valeur environnementale par les ingénieurs repose sur une démarche de type analyse du cycle de vie : elle consiste à élaborer un jeu de critères mesurables, qui peuvent constituer le cahier des charge d'un écolabel de produit. Reste ensuite à intéresser les consommateurs à ces produits. L'exemple de Monoprix est, à cet égard, illustratif de démarches d'éco-conception et de marketing vert s'appuyant sur des écolabels, visant à construire des communautés de consommateurs autour de gammes de produits verts.

3.2.2. Les routines permettant de gérer des coopérations originales le long du cycle de vie physique du produit

L'écoconception évoluant vers des démarches systémiques qui tiennent compte de l'ensemble des dimensions du cycle de vie physique du produit (depuis l'extraction des matières premières jusqu'au recyclage), des coopérations sont nécessaires avec de nouveaux fournisseurs et de nouveaux acteurs traditionnellement étrangers à l'univers de la conception (acteurs de la fin de vie (recycleurs, récupérateurs), usagers, nouveaux fournisseurs "verts", etc.). Ces coopérations et ces relations entre clients et fournisseurs, qui se développent chez les praticiens sous l'appellation de « Life Cycle Management », posent des questions d'expertise et de gestion souvent inédites pour les entreprises. Les routines de capacité dynamique apparaissent dans ce cas comme des démarches de coopération et de coordination originales avec l'ensemble des acteurs du cycle de vie physique du produit.

Ainsi, la mise en place chez Renault du service recyclage à partir de 1993 (correspondant à la signature d'un accord-cadre entre l'Etat et les constructeurs sur la valorisation des VHU), a conduit à la gestion de plusieurs apprentissages croisés en parallèle : d'une part avec les projets de développement, à travers la participation d'experts du service recyclage aux recherches de compromis, et, d'autre part, avec les acteurs des filières de fin de vie (expérimentations avec des démolisseurs et des broyeurs pour identifier et anticiper leurs contraintes et en déduire des règles de conception). Cette démarche exploratoire, où les critères et les cahiers des charges les plus intéressants du point de vue de l'environnement ont été formalisés et précisés chemin faisant,

était en outre accompagnée d'un travail de capitalisation technique inter-projet et par un dispositif de suivi incitatif (contrat avec le chef de projet et suivi d'un indicateur recyclage au tableau de bord du projet) (voir Aggeri et Hatchuel, 1997). Par ailleurs, des recherches en cours sur les stratégies des industriels amonts (chimistes, cimentiers, métallurgistes) pour aborder de façon proactive et innovante le développement de marchés de « produits verts » (bâtiments à haute qualité environnementale, voiture légère, etc.) montrent également la construction de coordinations externes originales allant au-delà des frontières organisationnelles habituelles de ces entreprises.

3.2.3. Des routines permettant de gérer de façon conjointe le développement de nouveaux concepts et de nouvelles connaissances

Comme le soulignent Le Masson, Weil et Hatchuel (2006), un objectif essentiel des démarches de conception innovante est la révision de l'identité même des objets à partir de l'exploration simultanée de nouveaux concepts et de nouvelles connaissances. Ainsi, la conception innovante peut conduire à modifier profondément l'architecture, les fonctions, les usages, voire les marchés des produits. Dans l'automobile, de nouvelles démarches d'éco-conception innovante explorent de nouveaux concepts et interrogent l'identité même des véhicules, en amont des projets (voir encadré 3).

Encadré 3 : le pilotage de l'éco-conception innovante : la naissance de l'hybride chez Toyota⁷

Le projet Prius est issu d'un travail exploratoire initié par Toyota à partir de 1993 et qui est devenu un projet officiel en 1995 (Magnusson et Berggren, 2001). Le concept de départ vise un objectif d'amélioration de l'efficacité énergétique du véhicule de 50% pour lequel ils prévoient d'utiliser un nouveau moteur à injection directe. Lors de la présentation du projet au comité directeur, l'efficacité énergétique est identifiée comme un axe de différenciation majeur, qui requiert cependant des objectifs plus ambitieux.

L'équipe projet identifie un groupe de recherche d'ingénierie avancée chargé d'explorer la faisabilité d'un système hybride combinant le moteur à explosion et une motorisation électrique.

⁷ Cet encadré s'appuie sur l'article publié par Magnusson et Berggren en 2001 qui ont étudié la genèse du projet de la Prius à partir d'interviews ainsi que sur l'analyse de sources publiques (articles de presse, site internet de Toyota, etc.).

Le concept de l'hybride est intéressant car il permet de contourner ce qui fait la principale limite des moteurs électriques autonomes - la faible autonomie des batteries – tout en permettant de réduire la cylindrée du moteur thermique utilisé à son meilleur rendement. En effet, la batterie électrique se recharge grâce à l'énergie produite pendant les phases de freinage et de décélération du véhicule. Ainsi, l'usage n'est pas modifié pour les clients qui continuent de faire leur plein à la pompe. Le concept est toutefois très risqué : l'industrialisation n'est pas maîtrisée et il demeure de fortes incertitudes sur le plan technique (technologies de batteries, gestion électronique du véhicule, industrialisation) et économique.

Une organisation par projet spécifique est mise en place pour faire face aux risques inhérents à ce processus innovant : de petites équipes (5 à 6 personnes) sont dédiées à la résolution des principaux problèmes techniques ; le projet a recours massivement au prototypage (plus de cent prototypes sont réalisés pour le développement de la Prius) et des partenariats sont construits avec des fournisseurs inédits concernant des technologies que l'entreprise ne maîtrise pas (ex. : une joint venture est créée avec Panasonic concernant le développement de batteries (Panasonic EV Energy)). En revanche, la direction considère que l'objectif de réduction des coûts n'est pas prioritaire – à la différence des délais et des prestations - l'apprentissage de la technologie et du marché ne sont pas compatibles avec des objectifs de rentabilité à court terme.

La première version de la Prius est officiellement commercialisée en décembre 1997 au Japon. C'est un échec commercial. Le véhicule est coûteux à produire et offre un rapport performances/consommation insuffisant pour obtenir un avantage comparatif par rapport aux véhicules de gamme équivalente. A cette aune, les concurrents considèrent qu'il ne s'agit pas d'une alternative crédible à l'optimisation du *dominant design* du moteur thermique (essence ou diesel). Une version légèrement modifiée est lancée en 2000 dans le monde. Enfin, une version II est commercialisée en 2003. Le compromis performances/consommation est nettement amélioré : le véhicule affiche parmi les meilleures véhicules de sa catégorie en termes de reprise et sa consommation de CO₂ n'est que de 104 g de CO₂/km (contre 152 g de CO₂/km en moyenne pour les véhicules vendus en France actuellement). La mise en place d'incitations fiscales pour les véhicules propres combinée à l'intérêt croissant des consommateurs, des pouvoirs publics et des professionnels (la Prius a été élue voiture de l'année en France en 2005) permet décollage des ventes cumulées dans le monde qui ont dépassé les 500 000 véhicules fin 2006.

Quelles sont les leçons du cas Toyota en termes de construction de capacités dynamiques dans une situation d'éco-conception innovante ? Tout d'abord, il serait erroné de limiter l'innovation en matière d'hybridation au seul domaine des motorisations⁸. L'hybride est une innovation « architecturale » (Henderson et Clark, 1990) qui a nécessité la reconception de l'électronique de contrôle afin de gérer le couplage du moteur thermique et des deux moteurs-générateurs électriques afin d'optimiser le rendement énergétique (système Hybrid Synergy Drive), de l'architecture du véhicule (surélever le plancher pour loger les batteries sans réduire l'habitabilité), les transmissions, etc. C'est également une innovation marketing et commerciale puisque Toyota a cherché à rendre visible la valeur environnementale du véhicule, comme l'atteste l'exemple de l'écran tactile qui permet de visualiser les échanges énergétiques entre les moteurs ou une garantie de huit ans sur les pièces liées à la technologie hybride afin de rassurer les clients. Cet exemple de la technologie hybride chez Toyota montre également que l'éco-conception innovante se déroule au sein de lignées d'innovation (Le Masson, Weil et Hatchuel, 2006), où les leçons des explorations déjà conduites sont reprises d'un projet à l'autre afin de permettre l'approfondissement d'un champ d'innovation. Le concept de l'hybride a été étendu depuis à de nouveaux véhicules : 4x4 et berlines de la gamme Lexus tandis qu'une vingtaine de licences ont été vendues à Ford et à Nissan. La reconnaissance la plus manifeste de l'hybride comme nouveau champ d'innovation vient des concurrents qui se lancent à leur tour dans des programmes similaires. Les difficultés des concurrents à réduire leurs émissions de CO₂ (alors qu'une directive européenne se profile pour 2008) et l'accroissement des prix du pétrole conduisent plusieurs constructeurs à s'engager dans la voie de l'hybridation. Ainsi, PSA et Ford ont-ils annoncé lors du salon de l'automobile de Paris en 2006 la commercialisation de véhicules hybrides diesel pour 2010.

Les leçons en matière de stratégie d'apprentissage et de constitution de lignées sont également intéressantes. L'entreprise a mis en place un pilotage différencié des projets de développement classiques de la conception réglée. La construction de capacités dynamiques qui aujourd'hui se concrétisent en avantage compétitif sur le marché se sont appuyées sur la mise en œuvre de nouvelles routines (raisonnement économique, managérial) qui ont permis de conduire une stratégie d'exploration technologique (expérimentations, prototypes), partenariale (partage

⁸ Ainsi, 50% des gains en CO₂ par rapport aux berlines équivalentes sont imputables sur la Prius au travail d'innovation mené sur l'amélioration de l'aérodynamisme, les frottements ou l'allègement.

des risques, création de JV) et commerciale (construction d'une nouvelle valeur sur le marché). Ce détour par la conception innovante n'est pas un but en soi : il doit permettre de fructifier les efforts entreprise pour organiser un retour à la conception réglée qui permet de mettre en oeuvre ces routines et ces innovations sur d'autres produits afin de générer des économies d'échelle et de renforcer l'avance technologique et commerciale de Toyota sur ses concurrents.

Les routines susceptibles de générer de nouvelles capacités dynamiques apparaissent, dans le cas de Toyota, comme la mise en place d'un dispositif de pilotage permettant de gérer de façon conjointe le développement de nouveaux concepts et de nouvelles connaissances⁹, au sein de lignées d'éco-innovation. Un pilotage qui requiert la mise en place d'une nouvelle fonction de chef d'orchestre dans l'entreprise chargée d'animer en dynamique la coordination entre de multiples réseaux d'acteurs internes et externes à l'entreprise (la recherche, les projets de développement, les partenaires extérieurs potentiels, etc.).

CONCLUSION

Le défi posé par le développement durable aux entreprises crée un contexte de changement rapide pour les entreprises qui appelle à la construction de nouvelles capacités dynamiques pour y faire face. En se situant dans le champ précis du management de l'éco-conception, une typologie des situations de gestion de l'éco-conception, nous a permis de distinguer deux problèmes de construction de capacités dynamiques : l'intégration d'une nouvelle expertise environnementale dans les procédures de conception réglée, et le passage d'une démarche d'éco-conception réglée à une démarche d'éco-conception innovante.

Pour ces deux types de situations, nous avons explicité les routines qui peuvent supporter le développement de ces capacités dynamiques : des règles de codification des nouvelles expertises à intégrer dans les projets de développement dans le cas de la conception réglée (codification visant à soutenir l'action en cours, portant sur des savoirs de compromis, ainsi que sur des dispositifs combinant savoirs et organisation, et mise en place d'une fonction de coordination) ; le pilotage de démarches d'exploration délibérées dans le cas de l'éco-conception innovante (fractionnement des problématisations de l'éco-conception, coopérations originales à travers un

⁹ On retrouve l'idée de Hart (1997, p73) qui problématise la « Sustainability Vision » d'une entreprise comme « une road map montrant comment les produits et services doivent évoluer et quelles nouvelles compétences sont requises pour y parvenir ».

« management du cycle de vie », gestion conjointe du développement de nouveaux concepts et de nouvelles connaissances au sein de lignées d'innovation).

Ces résultats sont cohérents avec l'analyse contingente proposée par Eisenhardt et Martin (2000) qui distinguent deux régimes de marché conduisant à des capacités dynamiques différentes. Selon ces auteurs, dans les marchés modérément dynamiques, qui sont caractérisés par des trajectoires prévisibles, des marchés et des acteurs connus et des bases de connaissances immédiatement activables par les managers, les *capacités dynamiques* résultent d'un travail de codification des savoirs tacites en routines détaillées. Inversement, dans les marchés très dynamiques, pour lesquels les changements en cours sont peu prévisibles, les marchés turbulents, et les bases de connaissances pour l'action incomplètes, les capacités dynamiques consistent en quelques règles simples et très expérimentales visant à accélérer les apprentissages (par le recours au prototypage rapide et aux tests précoces sur des alternatives multiples, par la communication intensive entre les fonctions), avec des résultats incertains.

Les capacités dynamiques dans les phases d'exploration et sur des marchés turbulents se limitent-elles cependant à l'énoncé de quelques règles simples ? Quelles formes de codification des raisonnements et des modèles de conception et d'innovation sont possibles dans ces phases d'exploration afin de préparer un retour à la conception réglée ? Dans la perspective proposée par certains auteurs (voir Le Masson, Weil et Hatchuel, 2006), l'hypothèse formulée dans l'article est que les entreprises ayant des capacités d'innovation répétées ont développé, dans le domaine de l'éco-conception comme dans d'autres domaines, des routines élaborées qui leur permettent de construire des avantages compétitifs dans la durée. Dans cette perspective, la formalisation de routines permet d'organiser, à l'instar de Toyota, un retour à une conception réglée. Les capacités dynamiques dans les phases d'exploration et sur des marchés turbulents se limitent-elles cependant à l'énoncé de quelques règles simples ? Quelles formes de codification des raisonnements et des modèles de conception et d'innovation sont possibles dans ces phases d'exploration afin de préparer un retour à la conception réglée ? Dans la perspective proposée par certains auteurs (voir Le Masson, Weil et Hatchuel, 2006), l'hypothèse formulée dans l'article est que les entreprises ayant des capacités d'innovation répétées ont développé, dans le domaine de l'éco-conception comme dans d'autres domaines, des routines élaborées qui leur permettent de construire des avantages compétitifs dans la durée. Dans cette perspective, la formalisation de routines permet d'organiser, à l'instar de Toyota, le retour d'une phase exploratoire vers une démarche de

conception réglée où principes de conception et méthodes managériales peuvent être systématiquement exploités dans le cadre de lignées d'innovation. C'est, nous semble-t-il, une piste de recherche à explorer sur le plan historique et théorique.

RÉFÉRENCES

- Abrassart, C. et F. Aggeri (2002), La naissance de l'éco-conception. Du cycle de vie du produit au management environnemental "produit", *Responsabilité et Environnement, Revue des Annales des Mines*, Janvier, n°25, 14-63.
- ADEME (1990), *Conception de produits et environnement : 90 exemples d'éco-conception*, Paris : ADEME Editions.
- Aggeri, F. (2005), Les régimes de gouvernementalité dans le domaine de l'environnement , in A. Hatchuel, O. Lenay, E. Pezet et K. Starkey, *Foucault et les organisations*, Les Presses de l'Université Laval, 431-467.
- Aggeri, F. et A. Hatchuel (1997), Les instruments de l'apprentissage. Construction et diffusion d'une expertise recyclage dans la conception automobile, in J.-C. Moisdon (dir.), *Du mode d'existence des outils de gestion*, Paris : Seli Arslan, 216-247.
- Aggeri, F., B. Segrestin B. et A. Acquier (2006), *Régimes de conception et modèles de pilotage de l'éco-conception. Rapport pour l'ADEME*, ADEME.
- Aggeri, F., E. Pezet, C. Abrassart et A. Acquier (2005), *Organiser le développement durable. Expériences des entreprises pionnières et formation des règles de l'action collective*, Paris : Vuibert/Ademe.
- Aggeri, F. (1999), Environmental policies and innovation, a knowledge-based perspective on cooperative approaches, *Research Policy*, 28, 699-717.
- Ammenberg, J. and E. Sundin (2005), Products in environmental management systems: drivers, barriers and experiences, *Journal of Cleaner Production*, 13, 405-415.
- Bourg, D. and S. Erkman, Eds. (2003), *Perspectives on industrial ecology*, Greenleaf Publishing.
- Clark K. B. et T. Fujimoto (1991), *Product development performance, strategy, organization and management in the world auto industry*, Cambridge : Harvard Business School Press.
- Clark K. B. et Wheelwright S.C. (1992), *Revolutionizing product development : quantum leaps in speed, efficiency and quality*, New York : Free Press.
- Eisenhardt, K.M. and J.A. Martin (2000), Dynamic capabilities : What are they ?, *Strategic Management Journal*, 21 : 10/11, 1105-1121
- Erkman, S. (2001), *Vers une écologie industrielle*, Paris : Editions Charles Léopold Mayer.
- Hart Stuart L. (1997), Beyond Greening : Strategies for a Sustainable World, *Harvard BusinessReview*, January-February, 66-76.
- Hatchuel, A. (1994), Apprentissages collectifs et activités de conception, *Revue Française de Gestion*, N° Juin - Juillet – Août.
- Hatchuel, A. et B. Weil (1992), *L'expert et le système*, Paris : Economica.
- Henderson, R. M. et K.B. Clark (1990), Architectural innovation : the reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms, *Administrative Science Quarterly*, 35, 9-30.

- Hur, T., J. Lee, J. Ryu and E. Kwon (2005), Simplified LCA and matrix methods in identifying the environmental aspects of a product system, *Journal of environmental Management*, 75, 229-237.
- King, A., and M. Lenox (2002), Exploring the locus of profitable pollution reduction, *Management Science*, 48 : 2, 289-299.
- Kazazian, T. Eds.(2003), *Il y aura l'âge des choses légères*, Paris : Victoires Editions.
- Le Masson, P., B. Weil et A. Hatchuel (2006), *Les processus d'innovation. Conception innovante et croissance des entreprises*, Paris : Hermès.
- Magnusson, T. and C. Berggren (2001), Environmental innovation in the automobile: managing technological uncertainty within strict limits, *International Journal of Vehicle Design*, 26 : 2/3, 65-79.
- Manzini, E. et F. Jegou (2000), *The construction of Design Orienting Scenario. Final Report, The SusHouse project* (Strategies towards the Sustainable Household).
- Maxwell, D. and R. Van der Vorst (2003), Developing sustainable products and services, *Journal of Cleaner Production*, 11, 883-895.
- Nadaï A. (1997), Les conditions de développement d'un écolabel de produit, *Responsabilité et Environnement, Annale des Mines*, Juillet.
- Orsato, R. J. (2006), Competitive environmental strategies: when does it pay to be green ? *California Management Review*, 48 : 2, 126-142.
- Pahl, G. and W. Beitz (1996), *Engineering Design: a systematic approach*, The Design Council.
- Papanek, V. (1974), *Design pour un monde réel*, Paris : Mercure de France.
- Pettigrew, A. M. (1990), Longitudinal field research on change : theory and practice, *Organization Science*, 1 : 3, 267-292.
- Porter, M. E. and C. V. den Linde (1995), Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship, *Journal of economic perspectives*, 9 : 4, 97-118.
- Porter, M. E. and C. V. den Linde (1995), Green and Competitive. Ending the Stalemate, *Harvard Business Review*, September-October, 120-134.
- Reverdy, T., (2001), L'invention du management environnemental, *Gérer et Comprendre*, 63, 31-42.
- Teece, D.J., G. Pisano and A. Shuen (1997), Dynamic Capabilities and Strategic Management, *Strategic Management Journal*, 18 : 7, 509-533.
- Segrestin, B. (2006), *Innovation et coopérations interentreprises. Comment gérer les partenariats d'exploration ?*, Paris : CNRS Editions.
- Sharma, S. (2001), L'organisation durable et ses stakeholders, *Revue Française de Gestion*, Novembre-Décembre, 154-167.
- Sharma, S., and I. Henriques (2005), Stakeholder influences on sustainability practices in the Canadian forest products industry, *Strategic Management Journal*, 26 : 2, 159-180.
- UNEP (1997), *Ecodesign. A promising approach to sustainable production and consumption*, Paris : UNEP.
- UNEP (2002), *Product Services System and Sustainability. Opportunities for Sustainable Solutions*.
- UNEP and TU Delft (2006), *Design for sustainability. A practical approach for developing economies*, <http://www.d4s-de.org/>
- Vezzoli, C. (1999), Design orienting scenario and system innovation for sustainable clothing care, *The SusHouse project*, 8th Greening of Industry Conference.



Zollo, M. and S.G. Winter (2002), Deliberate Learning and the Evolution of Dynamic Capabilities, *Organization Science*, 13 : 3, 339-351.