

LES REGIMES DE CONCEPTION : UN PREALABLE A L'EXAMEN DES NOUVELLES FORMES DE COOPERATION INTER-FIRMES.

GERPISA, Neuvième rencontre internationale, juin 2001

Blanche SEGRESTIN, Philippe LEFEBVRE, Benoît WEIL,
CGS – Ecole des Mines de Paris

e.mail : blanche.segrestin@cgs.ensmp.fr, philippe.lefebvre@cgs.ensmp.fr,
bweil@cgs.ensmp.fr,

Depuis quelques années, la multiplication des opérations d'alliances, d'acquisitions, de partenariats transforment la stratégie des firmes et réinterrogent les modes de développement de nouveaux véhicules (Boyer and Freyssenet, 2000a). Le secteur automobile est à cet égard très révélateur des nouveaux enjeux de la coordination entre les acteurs. Mais dans le même temps, un second facteur vient accentuer ces enjeux. En effet, la question des compétences est devenue centrale dans les travaux et dans la pratique du management. Plusieurs auteurs ont notamment souligné l'importance de la capacité des entreprises à combiner et à redéployer des compétences internes et externes, susceptibles d'influencer la stratégie (Hamel, 1991, Prahalad, 1997)¹. Au-delà des problèmes de mémorisation et de diffusion des connaissances existantes, les enjeux se portent dorénavant sur les moyens d'acquérir des compétences, de produire et de capitaliser des connaissances nouvelles. Du coup, les relations entre entreprises sont envisagées sous une perspective nouvelle et les coopérations apparaissent comme un moyen de se recentrer sur son cœur de compétences (Cusumano and Selby, 1995) ou au contraire de s'approprier des connaissances dont dispose le partenaire (Doz and Hammel, 1998), comme un moyen de jouer sur la complémentarité des apprentissages (Teece, 1992) ou sur la confrontation de compétences similaires.

Dans le secteur automobile en particulier, après avoir analysé les modes de coordination productifs (Lung et al., 1999), les travaux portent de plus en plus sur les activités de conception où la question des apprentissages collectifs est très liée à celle de la dynamique des produits. C'est également sur les activités de conception que porte cette contribution. Nous verrons dans une première partie que les doctrines communément admises et sur lesquelles reposent les modèles de coordination récents, se fondent en fait sur des hypothèses restrictives sur les savoirs et sur la nature de l'activité de conception.

Dans une seconde partie, nous verrons à partir de l'analyse approfondie durant plus de dix ans sur différents projets chez différents constructeurs, en France comme à l'étranger, que ces modèles sont en pratique confrontés à des difficultés. Ces analyses montrent qu'il convient d'enrichir ces modèles et de les compléter en intégrant certaines caractéristiques propres à l'activité de conception.

Alors que les typologies des coopérations distinguent habituellement les coopérations internes des coopérations avec des partenaires extérieurs et selon leur profil, nous verrons alors dans la dernière partie qu'une autre dimension s'avère déterminante en conception et qu'elle renvoie au régime de conception (d'un objet "stable", c'est-à-dire dont les caractéristiques sont bien connues à l'avance et qui mobilise des solutions éprouvées ; à un

¹ Voir sur ces questions, la revue de littérature (LeMasson, 2000).

produit très innovant). En introduisant cette variable de différenciation, il est alors possible de rendre compte des différences de situation selon le type de partenaires impliqués. Nous nous appuyerons pour cela sur les travaux portant sur la conception automobile, et en particulier sur le concept de demi-produit. Ce concept, introduit par B. Weil [Weil, 1999 #40], est un outil de coordination dans la mesure où le demi-produit n'est pas une solution entièrement validée, mais un ensemble sur lequel certains paramètres doivent encore être précisés en fonction de l'environnement dans lequel il s'insère.

I- LES DOCTRINES ACTUELLES SUR LES DISPOSITIFS DE COORDINATION : LA GESTION DES PROJETS

En l'espace de quelques décennies, les exigences croissantes en termes de diversité, de performances et de qualité ont favorisé le développement de structures et d'outils de la conception. Pour résoudre les problèmes de coordination entre des acteurs de plus en plus spécialisés, les grandes entreprises ont longtemps hésité entre d'une part, la tentation de suivre des méthodes sophistiquées de planification hiérarchisée et d'autre part l'attrait de structures organiques plus flexibles et plus efficaces face à un environnement de plus en plus incertain et à la multiplication des informations à prendre en compte. Aujourd'hui, certains modèles d'organisation comme la gestion par projet se proposent de concilier ces deux objectifs et ils se sont largement diffusés chez les constructeurs.

1- La coordination par le projet : des experts identifiés, des objets stabilisés

a- Le succès des principes d'organisation

Tous les auteurs s'accordent pour considérer que les démarches par projet sont désormais complètement intégrées dans l'organisation. Adaptée du modèle japonais, la gestion de projet vise à passer d'un mode de développement séquentiel à l'ingénierie simultanée en coordonnant de nombreux acteurs dans un contexte où prévalent l'incertitude et l'ambiguïté. Cette démarche s'appuie sur une structure matricielle métiers/projet où les directions de projet disposent d'une réelle légitimité pour améliorer la communication et résoudre les problèmes transversaux. Le chef de projet, un "heavy weight project manager"(Clark and Wheelwright, 1992), (Midler, 1993), est le garant de la singularité du produit selon les spécifications de différents représentants du point de vue du client dans l'entreprise : les équipes produit, design, qualité. Il a un rôle d'animation et de coordination des spécialistes des métiers. Ainsi, le chef de projet passe des contrats (Nakhla and Soler, 1994, Nakhla and Sardas, 1999) avec les différents secteurs de l'ingénierie sur la base d'objectifs décentralisés par organe ou par fonction et s'assure que les différentes contributions s'articulent bien entre elles.

Cette logique est d'ailleurs concomitante des progrès des outils techniques de simulation, de CAO, de maquette virtuelle. Ces outils permettent en effet aux experts de chaque fonction transversale (acoustique, endurance, ...) de déployer de manière de plus en plus précise les spécifications globales du véhicule jusqu'au niveau des différents éléments constitutifs ou des périmètres de la voiture. De même, les architectes sont chargés de faire une proposition d'allocation des volumes en fonction des spécifications du design et du produit à l'ingénierie. Ces premiers repères, des objectifs décentralisés en de multiples cahiers des charges et l'affectation des volumes, sont la base de la coordination entre les acteurs, chaque pièce ou organe de la voiture pouvant alors être développé de manière relativement autonome.

b- L'externalisation facilitée

Les progrès rendus possibles par ce type de démarche sont évidents et ont été largement étudiés (Midler, 1993, Clark and Fujimoto, 1991, Jurghens). La coordination par projet a ouvert la voie à l'intégration de plus en plus poussée des acteurs du process et du produit sur chaque élément. Cette logique est d'ailleurs poussée très loin chez certains constructeurs qui rassemblent dans des mêmes unités hiérarchiques de petite taille les représentants de chaque métier pour développer et industrialiser un organe. D'autre part, la gestion de projet a également contribué à développer massivement les partenariats et l'externalisation des fonctions d'études et de développement de pièces, voire de sous-ensemble plus important.

L'énoncé des objectifs et la contractualisation facilite en effet la décentralisation et le recours aux capacités d'ingénierie des fournisseurs en les associant plus tôt au processus de développement. Fujimoto a ainsi montré l'efficacité du modèle du "black box sourcing" (Fujimoto, 1999) dans lequel le développement est partagé entre le constructeur qui définit les objectifs en termes de coûts et de performance, les formes extérieures, et les interfaces avec le reste du véhicule, et le fournisseur qui réalise la conception détaillée.

La participation des partenaires aux études en amont permet alors aux architectes et aux experts de chaque prestation de décliner les objectifs en prenant en compte les contraintes de chaque spécialiste, (Garel, 1994, Garel, 1998). Le développement d'une voiture récente nous fournit ainsi des exemples de partenariats exemplaires. Sélectionné très en amont du processus de développement, le fournisseur de réservoir à carburant a développé une compétence très pointue sur les matériaux plastiques et leurs procédés de mise en forme. Les études de faisabilité lui ont donc été confiées très tôt sur la base d'objectifs fonctionnels et géométriques. Les responsabilités étaient alors clairement définies entre le fournisseur et le constructeur : il revenait au partenaire de définir la pièce et la politique de validation des performances ; de son côté, le constructeur avait à charge de lui fournir les éléments d'architecture et la spécification des interfaces. On peut remarquer que dans ce cas, les interfaces ont été figées assez tôt et n'ont quasiment pas évolué. Le volume et les interfaces du réservoir ont été définis par le constructeur en amont et n'ont pas été remis en cause.

Dans ces conditions, le fournisseur attribue notamment le succès du partenariat à la qualité de la connaissance des procédés de fabrication et d'assemblage de chacun, des procédures et des moyens de validation. Mais la transparence est également mise en avant comme une garantie de bonne communication entre les partenaires qui avaient mis en place des plans de surveillance communs : l'un des problèmes qui s'est posé au partenaire au cours du développement du réservoir a concerné le dessin de la tubulure, une pièce en plastique assez longue et coudée que l'on pouvait faire soit d'un seul tenant soit en deux parties soudées. Chacune de ces méthodes impliquait des modes de transport des pièces différents et comportait des risques propres (faisabilité face aux phénomènes de répartition hétérogène de la matière dans un coude...). Aussi, le partenaire a-t-il présenté l'alternative au constructeur avec les résultats de l'étude des risques de part et d'autre. C'est le constructeur qui a finalement choisi la solution la moins risquée, c'est-à-dire celle d'une tubulure en deux parties, tout en sachant que cela nécessiterait une opération supplémentaire de soudage des deux parties. La bonne maîtrise des spécificités de l'objet par le constructeur ainsi que la transparence et le souci de coopérer en amont ont garanti le succès du partenariat, et la stratégie de délégation de la conception sur un sous-ensemble a parfaitement fonctionné.

2- Modules et plates-formes : les rationalisations en cours

a- *L'embedded coordination des modules*

Dans ces conditions, on assiste aussi à un regain d'intérêt pour le concept de modularité. Très en vogue dans l'industrie informatique, la gestion "modulaire" vise en pratique à figer très tôt dans le processus de conception l'architecture du produit et les interfaces entre les composants. De cette manière, les différents composants peuvent être développés et renouvelés en parallèle. Cela suppose de la part du constructeur une très bonne connaissance architecturale (Henderson and Clark, 1990), pour pouvoir décentraliser le développement de modules entiers (Sako, 1999, Baldwin and Clark, 1997, Baldwin and Clark, 2000). Sanchez, qui estime ce mode de coordination particulièrement efficace, le qualifie d'"*embedded coordination*" (Sanchez and Mahoney, 1996). Là aussi, les interactions entre les modules sont supposées suffisamment connues et stabilisées. On est dans le cadre d'un *Dominant Design* (Abernathy and Utterback, 1978) où la coordination peut se faire sur le découpage en sous-ensembles à partir d'interfaces spécifiées avec un nombre assez restreint de paramètres. On reste dans le cadre d'une approche de conception «systématique»², où la coordination repose sur la division entre les experts de l'architecture d'une part, et les experts du développement et de la mise au point des modules d'autre part.

b- *De la gestion de projet à la gestion des projets*

Avec l'accélération des rythmes de renouvellement des produits, une nouvelle vague de rationalisation porte sur la gestion du multi-projet. Si la problématique d'intégration conjointe est assez ancienne, comme en témoignent les tentatives décrites par exemple par Loubet sur des organes entre Renault et PSA (Loubet, 1995), on assiste aujourd'hui à un regain d'intérêt pour toutes les formes de synergies entre les modèles. En effet, la polarisation de plus en plus forte des organisations par les projets successifs est soumise à de fortes critiques. Les projets sont accusés de gaspiller des ressources pour résoudre des problèmes qui se posent de manière récurrente et de ne pas suffisamment capitaliser à partir des expériences passées. Il s'agit donc de contrebalancer cette polarisation par projet (Cusumano and Nobeoka, 1999 (trad. 1998)) pour faire jouer des synergies entre projets et multiplier les variantes d'un produit en un temps réduit.

Pour Cusumano et Nobeoka, ce type de coordination passe par le transfert d'un projet à l'autre de la "plate-forme" dont la conception est soit achevée ("transfert séquentiel"), soit en cours de développement (dans les deux ans qui suivent la création de la plate-forme : "transfert simultané"). Les auteurs montrent à partir de l'analyse comparée des stratégies de différents constructeurs l'efficacité de la notion de transfert. La mise en œuvre d'une telle stratégie passe au niveau organisationnel par l'instauration de mécanismes de coordination, de planification et de communication entre les acteurs : les solutions proposées combinent les organisations matricielles, une double responsabilité des ingénieurs pour garantir un meilleur partage d'information et des centres de développement communs.

Au niveau du produit, on peut remarquer que pour mettre en œuvre cette stratégie, il s'agit d'opérer un découplage entre une fonction et le reste du véhicule de manière à pouvoir intégrer cette fonction dans différents véhicules. Cette opération de "standardisation" d'une fonction particulière, voire de toute une base roulante dans le cas des plates-formes n'est en effet possible, compte tenu des prestations transversales et des interdépendances entre toutes les pièces, que si l'on parvient à rendre un sous-ensemble de la voiture relativement

² Au sens de la conception systématique développée en Allemagne voir par exemple l'excellente synthèse de cette approche dans Pahl and Beitz (Pahl and Beitz, 1977 (trad anglaise 1988)).

indépendant, du point de vue de son développement, du reste du véhicule.

A priori donc, on reste dans le même schéma de coordination que précédemment où la coordination est rendue possible par le gel en amont des interfaces et l'établissement d'un cahier des charges sous-ensemble par sous-ensemble.

On voit ainsi se dégager certaines hypothèses sous-jacentes aux modèles de coordination précédents. Le tableau suivant résume ces hypothèses, que nous allons discuter dans la seconde partie.

Hypothèses implicites

- Des connaissances partagées sur les procédés de conception, fabrication, validation.
 - Des spécifications connues et déployées (négociées) par sous-ensemble
 - Des interfaces figées entre sous-ensembles.
-

II- LES MODELES FACE A L'EPREUVE DES FAITS : RETOUR SUR LE PROCESSUS DE CONCEPTION

Si les doctrines managériales véhiculées par les entreprises et les chercheurs vont dans le sens d'une rationalisation toujours plus forte de la conception automobile et si elles se diffusent aujourd'hui à tous les niveaux de l'organisation, on peut en revanche constater certains écarts avec les pratiques : certes les progrès en termes de coût de développement, d'innovation et de performances ne cessent de s'accroître. Cependant, il reste des difficultés qui s'accroissent au fur et à mesure que les résultats demandés deviennent plus ambitieux. N'aurions-nous pas atteint les limites du modèle de coordination précédent, et ne faudrait-il pas réinterroger les représentations sous-jacentes des savoirs et des coopérations ?

Ainsi, l'étude d'un projet de développement récent a montré les limites d'une logique de management fondée sur la mobilisation et l'engagement des acteurs et en particulier sur l'externalisation complète des moyens de conception (Aggeri and Segrestin, 2001). Dans un contexte de forte innovation, le démarrage industriel a posé de grandes difficultés de mise au point, non pas sur une pièce en particulier, mais sur des dimensions transversales, aux interfaces entre plusieurs périmètres. Les auteurs de cette étude ont montré l'enchaînement des causes qui avait conduit à ces difficultés, sans que personne dans l'organisation n'ait été en mesure de les anticiper. De même, les stratégies de conception modulaire n'ont pas à ce jour été très poussées. Enfin, la stratégie prometteuse des plates-formes n'a pas encore à ce jour été évaluée *a posteriori*, l'épreuve des faits n'a pas encore permis d'attester la validité de la doctrine managériale. Toutefois, plusieurs expériences montrent que le degré de commonalité (i.e. le nombre de pièces communes entre plusieurs véhicules) entre différents projets est hautement instable et qu'il dépend de facteurs difficiles à maîtriser. En pratique, la standardisation d'une base roulante s'accommode mal de modèles singuliers et innovants. En outre, les objectifs d'apprentissage mutuels via des plates-formes conjointes à deux constructeurs se heurtent à des difficultés imprévues et montrent qu'il ne suffit pas de coopérer sur un projet déterminé pour acquérir des connaissances réputées tacites ou "encastrées" dans un contexte particulier.

Les explications habituellement avancées pour expliquer ces difficultés sont de plusieurs ordres. En interne, le manque de communication et de coordination est invoqué pour

expliquer la remise en cause, parfois tardive des interfaces. Les uns et les autres ne respecteraient pas suffisamment les contraintes des équipes voisines et tarderaient à nouer le dialogue sur les problèmes rencontrés. L'intégration des équipes sur des sous-ensembles et l'externalisation nuiraient aussi à la transparence vis-à-vis de la direction du projet. Ces analyses suggèrent alors de renforcer encore les moyens mis en œuvre pour rapprocher les différents acteurs (co-localisation, intégration hiérarchique...). Mais d'autres auteurs, comme Capul, ont également montré que les objectifs de coopération et de communication pouvaient entre en contradiction avec d'autres objectifs organisationnels (Capul, 2000).

Quant aux problèmes de coopération entre constructeurs, plusieurs auteurs les analysent soit en termes stratégiques, soit en termes culturels. Pour Boyer et Freyssenet, c'est la cohérence de la stratégie de profit de chacune des entreprises qui est ainsi le maillon faible des coopérations (Boyer and Freyssenet, 2000b). D'autres ont mis en avant les risques de dépendance stratégique ou de domination d'un partenaire lors de coopérations qui aboutiraient à une spécialisation excessive ((Blanc and Garette, 1992)). On rejoint ici les risques d'opportunisme mais également la question de la répartition des compétences. Sur les succès mitigés des opérations de partage ou d'appropriation des compétences, le facteur d'éloignement culturel est le plus fréquemment cité pour expliquer la difficulté d'accéder à certains savoirs de l'organisation. Hamel en particulier suggère que les entreprises japonaises, dont la culture est à la fois plus éloignée et plus imbriquées dans un contexte social, sont plus difficiles à "décoder" (Hamel, 1991). Enfin, le caractère statique des termes d'un contrat pourrait également être à l'origine des échecs de certaines coopérations : pour Doz et Hamel, les termes d'un contrat doivent être révisables, dans un contexte incertain et mouvant, de manière à intégrer les apprentissages des partenaires, apprentissages qui ne portent pas seulement sur les compétences de chacun, mais aussi sur l'environnement, les enjeux de l'alliance, etc. (Doz and Hamel, 1998).

Malgré leur intérêt certain, ces analyses ont tendance à considérer les compétences comme un stock plutôt que comme un capital fragile et difficile à entretenir. En particulier, elles ne prennent pas suffisamment en compte la nature concrète du processus de conception. Elles s'intéressent alors davantage à la question de transfert de compétences qu'aux apprentissages à conduire pour introduire une innovation (Hatchuel and Weil, 1996, Hatchuel and Weil, 1992), (Moison and Weil, 1998) [Weil, 1999 #40].

Pour expliquer ces difficultés, ou plus précisément l'écart entre les stratégies affichées et les problèmes concrets, il nous paraît donc nécessaire de repartir des pratiques de conception et d'analyser à la fois les modes de management (processus de décision, planification...), les objets et les raisonnements de conception. A cet égard, nos analyses nous conduisent à mettre l'accent sur deux caractéristiques majeures de la conception dans le secteur automobile : il s'agit d'une part des interdépendances irréductibles et mal connues entre les différents éléments d'un véhicule, et d'autre part du résultat du travail des concepteurs qui porte non seulement sur la définition de leurs moyens d'action mais aussi sur les spécifications. Ces deux problématiques seront abordées successivement. Nous présenterons alors les travaux de Suh, car son axiomatique nous apparaît comme un moyen très efficace pour résumer simplement ces problématiques.

1- Des interactions fortes malgré des interfaces figées

a- Le compromis

La conception d'un véhicule automobile mobilise durant de longs mois plusieurs

centaines de concepteurs. Si le modèle de coordination par projet peut laisser supposer que les concepteurs travaillent par petites équipes indépendantes les unes des autres, la réalité est en fait beaucoup plus complexe. Le projet est en pratique une suite continue d'événements qui vont imposer des reconceptions partielles d'une solution de base (Moison and Weil, 1998). Comme la voiture est un objet extrêmement complexe et que les degrés de liberté sont rapidement restreints, il est en pratique impossible de suivre des stratégies avec des "marges e sécurité" sur chaque pièce. Surtout, les interactions potentielles entre les différents éléments sont indénombrables et beaucoup plus nombreuses que les interactions effectivement problématiques. Aussi en pratique est-il impossible, et inutile, de vérifier toutes ces interactions potentielles. Ainsi, même dans un projet relativement "standard", c'est-à-dire sans innovation importante, "trois ans de travail acharné [peuvent] encore être nécessaires pour préciser les 5 derniers millimètres de la voiture".

Dans cette situation où les connaissances sur les interdépendances sont relativement pauvres et spécifiques pour chaque véhicule, on ne raisonne que sur un petit nombre de paramètres du véhicule déjà mis en évidence par le passé. L'enjeu fondamental d'un projet consiste, selon l'expression des auteurs précédents, à déterminer d'abord quelles sont les variables d'action pertinentes et ensuite le bon compromis entre toutes les variables d'actions [Weil, 1999 #40].

b- La division du travail dans un environnement stabilisé

Le modèle de coordination que nous venons de rappeler en première partie, repose sur deux principes : d'un côté, le véhicule est divisé en un certain nombre de fonctions et de composants et l'on est en mesure de distribuer le travail de conception de chacun d'entre eux entre les concepteurs selon leurs spécialités. De l'autre côté, cette distribution s'organise selon une allocation des volumes de la voiture, ce dont sont responsables les architectes.

Selon la première hypothèse, chaque métier est censé améliorer les performances du composant sur son périmètre, sans que les interfaces ne soient jamais vraiment réinterrogées. Le management par projet cherche d'une certaine manière précisément à introduire la gestion de la transversalité. Ainsi, les modalités de contractualisation internes étudiées par Nakhla et Soler cherchent à concilier la décentralisation des décisions, l'autonomie des acteurs avec l'exercice d'une solidarité globale, à concilier des engagements explicites avec une certaine marge de souplesse pour faire face aux événements qui surviennent au cours du projet. Dans ces conditions, le contrat concilie un mécanisme de coordination stable avec la possibilité d'ajustement par rapport à des événements non prévus (Nakhla and Soler, 1994).

La seconde hypothèse, quant à elle, suppose que le découpage en composants distincts soit possible indépendamment des solutions techniques adoptées sur chacune des fonctions. En pratique, un tel découplage n'est possible que dans une architecture relativement stabilisée et sur des objets bien connus. Ainsi, sur l'exemple précédent du réservoir à carburant, le constructeur n'a pu geler les interfaces et allouer un volume précis au fournisseur que dans la mesure où le réservoir ne différait que très marginalement des réservoirs habituels et pour lequel les alternatives, en matière de dessin, étaient fortement restreintes. Comme nous allons le voir, ces conditions ne sont plus remplies, ni dans le cas du développement d'une plate-forme conjointe, ni dans le cas de projets innovants.

c- Les interrogations sur le principe des plates-formes

On voit poindre ainsi la fragilité d'une division séquentielle du travail entre les architectes d'une part et les concepteurs d'autre part. Ce constat ne vient-il pas remettre en cause le principe de plate-forme, selon lequel il s'agit bien de découpler l'architecture de

l'ensemble du véhicule de la conception de la base roulante ? Comment dans la pratique sont organisés les processus de développement des plates-formes ?

En fait, la question est relativement simplifiée dans la pratique. Les projets d'une plate-forme sont en effet échelonnés dans le temps. Les paramètres d'ensemble sont figés en intégrant, dans la mesure du possible, les spécifications globales de tous les véhicules de la plate-forme, et la conception des pièces est détaillée pour le premier projet. Les procédés de fabrication et les outils sont donc également conçus et mis au point dans le cadre du premier projet. Par la suite, ces choix se transforment en autant de contraintes d'entrée pour les projets ultérieurs. Pour que l'espace des choix et les moyens d'action ne soient pas trop restreints, il importe donc d'intégrer au maximum les spécificités de tous les projets lors du premier développement. Les moyens pour y parvenir posent un problème crucial et nécessiteraient des analyses plus approfondies. Quoi qu'il en soit, à ce stade, on peut souligner l'instabilité de la plate-forme :

- Le compromis extrêmement délicat entre l'ensemble des pièces de la voiture fait que les solutions adoptées pour chaque élément du soubassement d'une voiture sont en fait étroitement liées aux pièces du reste du véhicule, sans que les interdépendances ne puissent jamais être complètement anticipées.
- Ensuite, les spécifications des projets successifs ne sont pas déterminées *a priori* : il semble relativement illusoire de vouloir prendre en compte plusieurs années à l'avance, les prescriptions en termes de sécurité, d'acoustique, etc. puisque celles-ci sont amenées à évoluer avec les attentes des clients, les progrès de la concurrence, des technologies, des réglementations...
- Enfin, à supposer que l'on puisse réunir l'ensemble des prescriptions à intégrer sur une même plate-forme, celle-ci devrait alors répondre à des contraintes multipliées, voire antagonistes. Par exemple une climatisation commune à des véhicules de différentes gammes devrait s'adapter à des exigences contradictoires : dans un cas, elle devrait être en effet bon marché, peu encombrante, avec un débit d'air important contre un niveau sonore qu'on tolérerait assez élevé ; dans l'autre cas, elle devrait être très silencieuse, avec un très bon débit, avec une marge de manœuvre en revanche importante sur le prix et le volume. L'intersection de ces deux ensembles de spécifications pose un véritable défi pour le concepteur, qui ne pourra développer une solution sans dégrader le niveau d'optimisation qu'il pourrait atteindre dans chacun des cas pris isolément qu'en innovant radicalement et qu'en développant des savoirs nouveaux.

d- L'introduction de l'innovation et la remise en cause du modèle de coordination

Or l'innovation renforce la fragilité des savoirs disponibles. Le principe innovant, qu'il s'agisse de l'emploi d'un nouveau matériau (l'introduction du plastique dans la carrosserie), d'un nouveau procédé (nouvelles technologies d'emboutissage), d'un nouveau principe technique (injection électronique), n'est que rarement entièrement validé ou complètement maîtrisé (en tout cas dans son environnement véhicule). L'introduction d'une innovation au cours d'un projet comporte donc toujours une part de risques. Ces risques concernent deux niveaux : sur les performances d'une part (obtiendra-t-on les résultats prévus ?) ; et sur l'intégration dans le véhicule d'autre part.

A priori, lorsqu'une innovation est lancée dans un projet, c'est qu'elle a été au préalable

testée et que sa faisabilité a été étudiée. Les outils permettant de simuler les comportements des pièces et les procédés se sont d'ailleurs multipliés : maquettage et maquettage virtuel, prototypage partiel, ... favorisent la détection en amont des risques. Cependant, lors de l'étude du démarrage industriel que nous avons déjà citée, certaines innovations technologiques censées être validées se sont révélées problématiques à la fin du projet. En fait, les validations en amont avaient été élaborées pour vérifier un certain nombre de critères et les problèmes qui sont survenus portaient sur d'autres critères, qui jusque là n'avaient jamais posé de difficulté. Ensuite, ces validations par simulation numérique se basaient sur des modèles de calcul qui justement n'avaient pas été eux mêmes validés avec l'innovation. C'est là un point fondamental de ce type d'outils, qui doivent eux-mêmes être validés, enrichis, modifiés lors d'évolution du système technique.

Ensuite, les architectes et les spécialistes se basent au début du projet sur des hypothèses plus ou moins précises et plus ou moins réalistes pour lancer leurs études. L'introduction de tel nouvel équipement demandé par le design nécessitera tel volume dans l'habitacle, etc. Or les apprentissages conduits au cours du projet peuvent réfuter certaines de ces hypothèses et pousser les concepteurs à modifier l'architecture. Les interactions avec les autres pièces sont donc *a fortiori* difficiles à anticiper au début d'un projet. L'impact d'un choix technique nouveau sur l'ensemble des prestations n'étant pas connu *a priori*, le cercle des acteurs qui devront coopérer n'est plus pré-déterminé.

Or ces difficultés-là ne se rencontrent en fait pas seulement sur des innovations "radicales" et stratégiques. Au contraire, on peut penser que les innovations d'un projet ne sont pas toutes répertoriées de manière claire et centralisée, mais que localement sur chaque périmètre une foule de micro-innovations sont introduites par certains choix plus ou moins directement (la propagation des conséquences peut déclencher une réaction en chaîne). Et c'est probablement ces innovations "cachées" que le modèle de coordination classique n'est pas en mesure de prendre en compte.

2- les objectifs : données ou résultats ?

Le modèle de coordination du projet repose sur un élément essentiel : les cahiers des charges. Comme les fournisseurs, chaque groupe de conception dispose de son propre cahier des charges, et sera évalué sur la conformité de leurs composants aux objectifs. C'est le principe de coordination par la prescription, ou comme dirait H. Mintzberg (Mintzberg, 1982), par la standardisation, des objectifs. La manière dont le donneur d'ordres fixe les objectifs est fondamentale, mais étrangement, n'a pas été étudiée en tant que telle. Or cette capacité de prescription détermine la nature des relations avec les concepteurs, qu'ils soient internes ou partenaires extérieurs, puisqu'elle détermine les rapports de prescription. En particulier, le passage de la sous-traitance au partenariat correspond bien à la transition entre des cahiers des charges très précis et des spécifications fonctionnelles. Mais plus précisément, comment ces objectifs sont-ils prescrits ?

Nous allons montrer, à travers plusieurs éléments, qu'en matière de conception les objectifs ne sont pas des données d'entrée, mais qu'en pratique ils se négocient, évoluent et demandent un travail d'élaboration spécifique.

a- Le donneur d'ordre : quelle capacité de prescription ?

Les projets se donnent pour mission d'atteindre une cible donnée en un temps et avec des ressources prédéterminées. Les conflits peuvent surgir au moment d'établir les spécifications du véhicule, en particulier lorsque plusieurs constructeurs sont impliqués dans le projet. Les orientations stratégiques étant différentes, s'accorder sur un cahier des charges

commun peut demander des négociations et des concessions mutuelles importantes. Pourtant, si ces difficultés sont souvent mises en avant dans la littérature sur les alliances, elles ne constituent probablement que l'épiphénomène d'obstacles plus importants.

L'étude d'un démarrage industriel sur un projet récent nous a montré que des objectifs globalement très ambitieux avaient été fixés au projet et avaient conduit à un engorgement des concepteurs. Finalement, le projet a dû dépasser l'enveloppe budgétaire et les délais prévus. Cela signifie que les objectifs, probablement trop ambitieux du produit, étant données les contraintes en termes de délais et de coûts, n'étaient pas suffisamment réalistes. Il est probable que les concepteurs en interne n'aient pas été en mesure d'anticiper les risques liés aux innovations et aux interdépendances. Ils étaient d'ailleurs fortement incités à relever des défis pour être innovants et améliorer la performance. Le projet s'est donc retrouvé aux limites des savoirs des concepteurs et de leur capacité d'évaluation des risques. En outre, la politique d'externalisation a sans doute amplifié ce phénomène : en se fiant de plus en plus aux fournisseurs, les constructeurs lancent des appels d'offre de plus en plus ambitieux. Pour être sélectionnés, les partenaires prennent alors des risques extraordinaires que le constructeur, faute de compétence spécialisée, n'est plus en mesure d'identifier.

Ainsi, l'efficacité du management par objectifs dépend de la capacité des donneurs d'ordre comme des concepteurs à évaluer la faisabilité des prescriptions ; et encore une fois, ce type de compétence n'est plus nécessairement disponible dès lors qu'on introduit des innovations.

b- Le déploiement des cahiers des charges : un exercice délicat

Un cahier des charges, par exemple celui de la climatisation, est formulé par l'énoncé de différentes valeurs sur les prestations et différentes caractéristiques : acoustique, fiabilité, poids, coût... Ces valeurs proviennent des objectifs généraux du véhicule, déployés ensuite par sous-ensembles. C'est le travail en général d'experts transversaux. Le responsable de la sécurité doit par exemple définir les caractéristiques de toutes les pièces de manière à ce qu'une fois assemblées, le comportement du véhicule garantisse une déformation minimale de l'habitacle, la protection des éléments les plus sensibles du compartiment moteur, etc. Ces experts "transversaux" sont donc en grande partie les garants de la cohérence d'ensemble. Ils ne doivent ni fixer des objectifs trop faibles faute de quoi les objectifs globaux ne sont pas atteints, ni fixer des objectifs trop élevés pour minimiser les contraintes de développement. Leur travail doit prendre en compte les interdépendances, dont on a vu à quel point elles pouvaient être méconnues, et les multiples contraintes qui pèsent sur les différents éléments. Là encore, les modèles de déclinaison ne sont pas entièrement robustes et les préconisations sont contestables. Là encore, l'expert raisonne sur un ensemble de paramètres relativement restreint par rapport à l'ensemble des critères potentiellement actifs.

Du coup, le caractère le plus frappant des cahiers des charges nous est apparu dans un projet de plate-forme commune à deux constructeurs. En effet, la coopération entre deux donneurs d'ordre peut buter sur les orientations générales du produit. Mais la véritable difficulté était d'établir des cahiers des charges précis en commun. Les deux partenaires se sont aperçus à ce moment qu'ils ne parlaient pas le même langage technique, qu'ils ne travaillaient pas sur les mêmes objets :

- chez l'un, les problèmes de vibration de la colonne de direction se traitent en fixant un seuil de fréquence (Hz), tandis que chez l'autre, ils correspondent à la rigidité dynamique de la pièce, mesurée en dan/m. L'équivalence est loin d'être simple, et

pour l'établir, il a fallu mettre en œuvre des plans d'expérience relativement sophistiqués.

- Les spécifications correspondent la plupart du temps à des procédures de test (il faut passer tel test d'endurance...). Or les modes de validation sont propres à chaque entreprise : pour tester l'endurance des bras, qui accrochent la roue sur la caisse de la voiture, l'un des partenaires ne réalise des essais de déformation que pour une direction d'efforts donnée ; au contraire l'autre partenaire combine les efforts en virage aux efforts de freinage et d'accélération. En revanche, chez le premier, le bras doit résister en freinage de 3G, tandis que les cahiers des charges de l'autre ne requièrent que 1G. Enfin, l'un n'accepte aucune déformation plastique sur cette pièce de sécurité là où l'autre accepte la plastification...
- A noter que ces différences de méthodes sont relativement faciles à identifier par les acteurs du projet, puisqu'on s'aperçoit rapidement des différences exprimées dans les cahiers des charges. Très souvent sur la plate-forme, les cahiers des charges n'ont pu être unifiés du fait de ces différences : à charge pour les fournisseurs de proposer des définitions de pièces qui répondent à l'ensemble des spécifications. On rencontre des cas plus délicats cependant, lorsque les cahiers des charges ne stipulent pas (ou plus) certaines mesures ou procédures, qui sont cependant importantes pour l'intégration.

c- Des spécifications à construire

Enfin, lorsque les objets ne sont pas stabilisés mais innovants, se pose alors la question de la capacité des experts à définir les spécifications. Nombreux sont les exemples, en interne ou avec des coopérations externes, où de nouveaux concepts émergent, mais où la traduction dans les cahiers des charges de l'objet n'est pas immédiate. Ainsi, lorsqu'on introduit le concept de recyclabilité, comment concrètement les ingénieurs peuvent-ils intégrer ce nouvel objectif dans leur conception ? Par quels indicateurs instrumenter la coordination des acteurs (Aggeri, 1998) ? De même, lorsque le design identifie comme enjeu d'innovation certaines thématiques, comme par exemple "un outil plus convivial", une "allure plus dynamique", etc. quel est le processus qui permet de traduire cette image dans le travail des concepteurs ?

3- Conclusion : relecture à partir du formalisme de Nam P. Suh

Les interdépendances et le caractère relatif des spécifications soulignent les lacunes des savoirs des concepteurs, qu'ils soient prescripteurs ou développeurs. Du coup, ils limitent fortement la portée d'un modèle de coordination fondé sur des connaissances stabilisées qui permettraient une division du travail simple, la délégation sur des sous-ensembles bien identifiés, avec des objectifs clairs sur lesquels s'engager. On est au contraire le plus souvent aux limites des savoirs des concepteurs. On peut en tirer trois enseignements sur le mode de coordination :

- le paradoxe dans ces conditions est de voir que **les apprentissages ne sont pas envisagés et pilotés en tant que tels**. Il semble que les outils de pilotage employés restent fondés sur une logique de projet, et peinent à prendre en compte les difficultés précédentes : basés sur l'engagement et la responsabilité des acteurs périmètre par périmètre, les outils mesurent l'état d'avancement de chacun et sont relativement aveugles aux problèmes transversaux.
- **la division du travail n'est pas naturelle**. Elle dépend de la manière dont sont établis les objectifs et dont sont partagées les ressources. D'une certaine manière, la division du travail, et a fortiori entre deux donneurs d'ordre, est également stratégique dans la mesure où elle détermine les apprentissages à conduire.

- Enfin, la **délégation à des acteurs extérieurs (constructeurs ou partenaires) est très complexe à mettre en œuvre** : non seulement les objectifs peuvent être différents entre ceux qui délèguent et ceux à qui des objectifs sont délégués, le suivi est très difficile du fait de la différence entre les critères de mesure, les procédures de validation, et les raisonnements de conception. L'action des concepteurs est ainsi guidée par un petit nombre de paramètres qui le plus souvent, ont posé problème par le passé. Les mêmes paramètres peuvent donc être figés et non identifiés chez les uns, variables d'action chez les autres.

Pour synthétiser notre propos et dégager des pistes pour une reformulation des questions de coordination dans la conception, il nous semble intéressant de revenir à un formalisme original de l'activité de conception, celui de Nam P. Suh. Celui-ci permet en effet de "visualiser" relativement simplement les problèmes de découplage d'une part, et d'incertitude sur les objectifs d'autre part.

L'axiomatique de Suh :

Nam P. Suh est un ingénieur qui, confronté au problème de l'évaluation de grand programme de recherche et de conception technique dans le domaine aéronautique, s'est intéressé aux principes d'évaluation d'un travail de conception. Critiquant notamment l'approche du *systematic design* (Pahl and Beitz, 1977 (trad anglaise 1988)) qui ne permet pas de définir la meilleure solution possible, il se propose de montrer qu'il existe de bonnes ou de mauvaises conceptions et d'instrumenter la recherche des bonnes. Pour cela, il propose une théorie axiomatique qui, si elle présente des limites, est intéressante par la manière dont elle schématise le travail de conception (Suh, 1990, Suh, 1999).

Dans ce modèle, deux espaces sont distingués : d'une part, l'espace des objectifs fonctionnels (Functional Requirements, FR³) et des contraintes qui pèsent sur la conception et d'autre part l'espace des paramètres de conception (Design Parameters, DP⁴) comme ensemble des variables d'action. La conception revient alors à décider de la valeur des paramètres de conception pour atteindre les objectifs fonctionnels.

Ainsi, le résultat d'une conception pourra être modélisé par une matrice de transfert permettant de passer de DP en spécifiant leur valeur aux FRs : une telle modélisation permet de montrer d'une part que l'atteinte des objectifs dépend des actions sur l'ensemble des DP et d'autre part que le choix d'une valeur d'un DP peut agir sur différents FR. Pour Suh, une conception sera bonne à la condition qu'elle respecte deux axiomes, qu'il appelle respectivement l'axiome d'indépendance ("Maintain the independence of the functional requirements (FRs)") et l'axiome d'information ("minimize the information content of the design"). En d'autres termes, le premier principe à respecter sera de concevoir de telle manière à ce que la matrice puisse être diagonale, c'est-à-dire de manière à ce qu'en agissant sur un DP, on ne fasse varier qu'un FR. Dans ce cas, on peut traiter l'action sur les DP dans n'importe quel ordre : les paramètres de conception sont découplés. On opère alors un découplage entre les paramètres de conception. Ce principe est très intéressant car il permet, en pratique de voir que si l'on parvient à une telle structure, on pourra alors diviser le travail en autant de concepteurs qu'il y a de FR et que chacun pourra travailler de manière autonome. Si ce

³ "Functional requirements are a minimum set of independent requirements that completely characterises the functional needs of the product in the functional domain. By definition, each functional requirement (FR) is independent of every other FR at the time the FRs are established".

⁴ "Design parameters are the key physical variables in the physical domain that characterise the design that satisfies the specified FRs", (Suh, 1999)

principe n'est pas respecté, l'ordre dans lequel les valeurs des DP seront fixées est problématique ce qui peut rendre la re-conception lors d'une modification très délicate. Le second axiome est plus classique puisqu'il demande simplement que l'information nécessaire à l'utilisateur pour se servir du produit, soit minimale.

Cette formalisation fait ressortir les hypothèses sous-jacentes aux modèles de coordination habituels, hypothèses dont nous avons montré les limites dans le cas de l'automobile. Lever ces hypothèses revient à remettre en cause un mode de division du travail et de coordination basé sur le découplage entre la conception des sous-ensembles :

Hypothèses implicites	En pratique	Nouveaux enjeux et hypothèses revisités
Des spécifications connues et déployées	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Des connaissances lacunaires sur la faisabilité et les risques encourus ➤ Des modèles de déploiement des objectifs par sous-ensembles limités 	➤ Des spécifications à déterminer, évolutives, sur des critères à déterminer
Des interfaces figées	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Des interfaces dépendant des solutions techniques utilisées ➤ Des procédures de validation limitées et lacunaires 	➤ Des interactions problématiques non identifiées
Des connaissances disponibles et partagées	➤ Des savoirs hétérogènes et partiels, portés par des acteurs différenciés	➤ Un cadre cognitif minimal commun

On retiendra en fait du formalisme de Suh que **la division « complète » d'un système complexe en sous-ensembles n'est possible que dans le cas**, hautement improbable en pratique, **où il n'y a pas d'interdépendances entre les variables de conception**. De même les paramètres de conception, les leviers d'action des concepteurs ne sont définis qu'en fonction des objectifs. Or ces spécifications qui représentent l'expression des besoins ou des désirs de l'utilisateur, **ne sont pas données d'emblée mais constituent en elles-mêmes un résultat de conception** dans les situations de conception usuelles.

III- DIFFERENCIER LES MODELES DE COOPERATION EN CONCEPTION : VERS UNE NOUVELLE TYPOLOGIE

Une grande différence généralement mise en avant par les chercheurs quand ils discutent des modes de coopération en conception consiste à distinguer les coopérations à l'intérieur de la firme et celles qui s'établissent entre des firmes différentes. Les considérations stratégiques, les enjeux et les difficultés seront effectivement différents selon que l'on étudie les activités de conception en interne, en partenariat client-fournisseur ou au sein d'une alliance entre deux constructeurs. Toutefois, il nous semble que cette distinction a contribué à occulter d'autres dimensions fondamentales des processus de conception. Il s'agit donc ici de prendre en compte la nature des savoirs et les attributs de l'objet lui-même qui

influent sur les modes de coopération (maturité de l'objet, densité des interfaces, le degré d'innovation...) mais aussi sur la manière dont se développent les apprentissages. Ce n'est qu'en ayant distingué ces situations qu'il sera possible de prendre en compte la question des coordinations inter-firmes avec des modalités adaptées à chaque cas.

Nous allons donc proposer l'esquisse d'une nouvelle typologie des relations entre des compétences variées. Celle-ci se base sur une première dimension, qui est caractérisée par la nature de l'objet sur lequel porte la coopération et donc des connaissances des différents acteurs sur cet objet. Nous identifions trois situations, qui chacune posent des problématiques transversales par rapport aux frontières de l'entreprise :

- 1) le développement d'un objet *a priori* bien connu, avec des objectifs et une architecture stables ;
- 2) le développement d'un sous-ensemble commun à plusieurs projets ;
- 3) le développement de projets fortement innovants. Dans ce cadre, nous essaierons de resituer les différences entre activités et coopérations internes ou externes à l'entreprise.

1- Pour un objet aux caractéristiques bien connues dans une architecture stabilisée

D'une certaine manière, la modélisation de Suh représente bien la manière dont est divisé le travail de développement par la logique de projet : le découplage entre les différentes fonctions élémentaires et donc entre les différents acteurs sur un objet stabilisé est assuré par les connaissances des architectes et par les experts des prestations. Chaque fonction peut alors être développée en parallèle de manière relativement indépendante. On est en quelque sorte dans la configuration idéale d'une matrice diagonale. Dans cette configuration, l'organisation par projet est manifestement très efficace puisqu'il est possible de fixer des objectifs et de décentraliser, voire d'externaliser, les tâches de développement.

a- Les enjeux de la coordination : la suspicion comme vecteur d'apprentissage

Toutefois, plutôt que de parler d'un modèle de coordination basé sur de l'ajustement mutuel en insistant ainsi sur les communications informelles, il convient de souligner les problèmes persistants dans ce type de situation.

Comme nous l'avons montré, les compromis restent difficiles à établir, de même que les surprises et les risques d'interdépendance a priori non connus sont incontournables. Aussi un des enjeux actuels est-il de détecter et de résoudre les problèmes au plus tôt (Fujimoto and Thomke, 2000). Il est alors nécessaire de se placer dans une posture d'apprentissage sur les risques et les couplages potentiels. En pratique, cela passe par la multitude d'épreuves de validation auxquelles est soumis le projet et qui doivent permettre de mettre en évidence des interactions problématiques entre composants. "Quand un tel événement apparaît, il permet d'activer certaines relations entre composants et de provoquer la coordination entre les concepteurs concernés." BW analyse ce cas de la manière suivante :

"le résultat d'un essai met en cause un sous-ensemble. Soit le problème peut se régler à l'intérieur du sous-ensemble et personne d'autre n'en entend parler, soit il implique des relations avec d'autres parties de la voiture. Les concepteurs du sous-ensemble se livrent alors à une enquête pour trouver quels sont les autres sous-ensembles impliqués. En fonction de leur représentation des interactions ils vont suspecter tel ou tel sous-ensemble. Ils vont donc rencontrer les concepteurs qui en sont responsables, en les "accusant" d'être à l'origine de la défaillance, charge à ceux-ci de se défendre et de faire la preuve de leur "innocence".

Grâce à cette activation progressive des relations les concepteurs vont trouver ceux qui sont le mieux placés pour agir et modifier leur conception." (p289, T1)

Les épreuves de validation constituent donc un instrument de coordination très important non seulement pour s'assurer de la conformité des pièces par rapport à des objectifs, mais surtout pour détecter les zones d'interdépendance et donc, pour guider les apprentissages. Par rapport à un modèle de coordination assuré par un planning et une affectation des différents objectifs, avec ensuite de manière décentralisée, un ajustement informel ; il s'agit de concevoir le projet comme un dispositif d'apprentissage réparti et de levée de risque progressive. Plutôt qu'un accord de confiance entre les acteurs, on se trouve donc plutôt face à un modèle que A. Hatchuel et B. Weil ont qualifié de **modèle de suspicion-accusation** [Hatchuel, 1997 #332 ; Weil, 1999 #40].

b- En externe, l'extension du domaine de la suspicion et des apprentissages

Certains auteurs ont montré que les enjeux actuels d'une relation de partenariat étaient de s'assurer que le dispositif contractuel incitait correctement les partenaires à s'impliquer, à trouver des solutions innovantes si besoin était, et surtout à détecter les modifications nécessaires en amont (Garel, 1994). En fait, la question de l'externalisation ne modifie pas radicalement les conditions de la délégation si l'on reste dans le cas d'un objet relativement stabilisé et connu. Il s'agit toujours de "traquer" les problèmes éventuels. Mais ce peut être plus compliqué qu'en interne : les modes d'actions utilisés peuvent être sensiblement différents et les résultats communiqués peuvent être plus difficiles à interpréter. Tout se passe donc comme si, en déléguant à l'extérieur et en allongeant la chaîne des concepteurs à coordonner, la suspicion devait se renforcer et les modes de validation s'adapter au partenariat.

De même, avec les partenaires donneurs d'ordre, nous avons vu qu'un des problèmes concrets qui se posent au cours d'un projet commun provient des risques d'incompréhension sur les critères utilisés et sur les raisonnements. Il s'agit donc de s'assurer que l'on s'est bien compris, que l'on vise la même chose. D'où l'importance d'un examen minutieux et constant des méthodes et des raisonnements de chaque partenaire qui devra, en les explicitant, régénérer ses propres connaissances.

En termes d'organisation, ceci demande, par exemple, des dispositifs d'interaction "bilatéraux", métier par métier. Un important travail a ainsi été réalisé dans le projet de coopération inter-constructeurs que nous avons étudié, pour harmoniser les critères de qualité acoustique et leurs procédures de validation, ce qui a conduit les partenaires à remettre à plat leurs modèles habituels et modifier sensiblement leur approche.

De nouveau, il nous semble que l'on peut toujours caractériser ce modèle de coordination par le terme de suspicion. Mais cette fois, la suspicion ne porte plus seulement sur les couplages et les incertitudes, non plus seulement sur la capacité du partenaire, mais également sur ses propres moyens d'actions et sur l'ensemble des connaissances mobilisées. La coopération oblige alors, dans une certaine mesure, à un examen de ses propres connaissances, de leur domaine de validité. C'est d'ailleurs sans doute principalement par ce biais, et non par l'appropriation spontanée des connaissances de l'autre, que la coopération est un vecteur d'apprentissage efficace.

2- La gestion des multi-projets ou la coopération sur un demi-produit

Dès qu'on ambitionne de développer un élément ou un système commun à plusieurs

projets, la coordination entre les équipes de chaque projet va se poser en des termes différents. Nous avons souligné que les enjeux de cette coordination portaient sur deux éléments essentiels :

- d'une part, il s'agit de définir des spécifications communes de l'élément commun (composant, module, système ou plate-forme) à plusieurs véhicules. Nous avons vu que cela posait plusieurs problèmes dès lors que les spécifications des véhicules concernés n'étaient pas stabilisées et pouvaient être antagonistes. Nous avons également montré qu'entre deux constructeurs, l'élément considéré pouvait répondre à des raisonnements de conception différents et donc que les fonctions à faire remplir à un élément donné pouvaient largement différer entre les constructeurs.
- D'autre part, viser un élément commun à plusieurs projets revient à découpler la conception du ou des véhicule(s) de la conception de cet élément. Compte tenu des lacunes des connaissances sur les interactions que peuvent entretenir ces ensembles, ce découplage reste relativement théorique. Il faut alors plutôt s'interroger sur les paramètres de conception qui sont susceptibles d'être figés en amont, sans perturber le développement de l'ensemble.

On voit là en effet les limites de la notion de transfert de technologie simple d'un projet à l'autre : l'idée d'une solution qu'on aurait développée au préalable, et qui serait disponible pour être ensuite intégrée dans différents projets (une "solution sur étagère") nous semble à cet égard relativement hypothétique. S'il s'agit effectivement de découpler la conception d'une partie du véhicule par rapport au reste, alors la plate-forme ne peut être appréhendée comme un ensemble de pièces qu'on réintroduirait ensuite dans différents véhicules.

a- La coopération sur un demi-produit : réordonner le processus de conception

Ces différents points obligent à notre avis à une nouvelle représentation de ce type de projets. La modélisation de Suh nous montre que la question revient à définir les interactions entre les actions sur un DP et les fonctions (FR) atteintes. Quel est par exemple, l'impact du choix de l'épaisseur de la tôle pour telle partie du soubassement sur le bruit dans l'habitacle, sur le poids global, ... ? Le problème d'une plate-forme doit alors plutôt être vu de la manière suivante : quels sont les paramètres que l'on peut figer a priori sans réduire excessivement les degrés de liberté de conception et de façon à pouvoir conserver un espace de prestation et de design possible encore suffisamment vaste ?

Il nous semble que pour répondre à ces questions, une des voies les plus prometteuses est de se libérer de la notion de plate-forme, comme ensembles de pièces entièrement spécifiées, au profit d'une notion introduite par B. Weil : le demi-produit [Weil, 1999 #40]. Le demi-produit est en effet un ensemble de paramètres définis et pré-validés, mais ce n'est qu'un demi-produit car il laisse aux projets successifs le paramétrage final sur ce premier ensemble de paramètres dans un espace de valeur donné et le choix des autres paramètres d'action en fonction de leurs contraintes et de leurs objectifs. Dans ces conditions, il s'agit alors d'ordonner le processus de conception en établissant un ordre dans lequel les paramètres peuvent être figés. Il est donc nécessaire, dans cette perspective, de développer des moyens de simulation et d'évaluation rapide d'un choix sur l'ensemble de paramètres.

Exposé en ces termes, le problème mis en évidence est bien celui de l'articulation entre plusieurs périmètres et plusieurs acteurs (qui vont intervenir de manière différée dans le temps). En termes de coordination des compétences, le concept de demi-produit est éclairant car "il renvoie en fait à l'état des savoirs et des connaissances accumulés sur un projet à

l'interface entre concepteur et utilisateur (ou destinataire) : le demi-produit d'une part incorpore les connaissances stabilisées en identifiant les paramètres auxquels il ne faut plus toucher ; d'autre part, le demi-produit signale quels sont les paramètres sur lesquels d'autres travaux sont nécessaires (LeMasson et al., 2000)". De ce fait, le demi-produit constitue un outil de coordination entre les concepteurs du sous-ensemble commun et les ensembles propres à chaque véhicule. Cela change radicalement le type d'interaction en cause : la coopération n'est plus alors une négociation entre les équipes projet pour définir les spécifications des pièces, indépendamment des contraintes que de telles spécifications induiraient ensuite, mais plutôt un travail d'apprentissage conjoint sur les interactions entre les DP et les FR, un travail d'évaluation de l'impact d'un choix pour chaque véhicule.

b- En externe, les enjeux renouvelés d'une coopération étroite

La problématique est valable en interne comme avec des partenaires extérieurs. Elle est même appelée à revêtir plus d'importance en externe qu'en interne, pour un fournisseur qui voudrait développer le même demi-produit pour le proposer à différents constructeurs, ou pour des constructeurs qui voudraient développer des synergies, tout en gardant des projets spécifiques. Mais cette perspective a des conséquences différentes dans les deux cas :

- un fournisseur qui ne fournirait plus un produit fini mais un demi-produit, devrait être en mesure d'évaluer l'ensemble des fonctions touchées dans le véhicule par ses choix. Là encore, les interactions problématiques ne sont pas nécessairement connues d'avance et ne sont pas toutes explicites dans les cahiers des charges fournis par le constructeur. En pratique, les connaissances sur les interactions ne peuvent donc être réunies qu'avec l'implication active du constructeur. Le partenariat doit donc être suffisamment étroit.
- pour une coopération entre des donneurs d'ordres différents, on retrouve la difficulté précédente : si les raisonnements de conception diffèrent, alors la manière d'ordonner les processus de conception vont aussi différer, et l'accord sur le demi-produit sera d'autant plus difficile à obtenir. Il y aura donc nécessairement un travail préalable de confrontation, d'interrogation et d'examen des modes de conception de chacun.

Pour reprendre l'analyse de B. Weil, la coopération entre les projets porte sur la conception d'un demi-produit qui permet ensuite la différenciation des produits. Ce travail peut alors conduire à reconstruire très substantiellement les connaissances des acteurs sur les couplages de la voiture et à régénérer les compétences des architectes et des experts.

3- La logique de l'innovation

a- les interactions non connues d'avance.

Comme nous l'avons montré, l'innovation introduit des risques : on est aux limites des savoirs des concepteurs, les simulations sont d'autant moins robustes. Dès que l'on introduit des innovations, les interactions susceptibles d'être actives sont d'autant moins facilement anticipées, de sorte que les acteurs à coordonner ne sont même pas identifiés a priori. Par rapport au cas d'un objet de développement stabilisé, les risques et l'importance des validations sont donc simultanément accrus.

Une des premières conséquences pratiques concerne les principes de la gestion de projet qui visent à responsabiliser les acteurs sur des objectifs prédéfinis : ces principes doivent être aménagés pour prendre en compte les risques émergents et les apprentissages nécessaires.

b- les spécifications à construire : le cas d'une coopération amont.

Mais le point le plus radicalement touché par l'innovation concerne la nature de l'objet même sur lequel les partenaires vont coopérer. En fait, coopérer sur une innovation en amont n'est plus coordonner des expertises sur un projet donné, ce n'est plus même coopérer sur un demi-produit. Il s'agit au contraire de coopérer sur l'élaboration des spécifications initiales.

En particulier, l'étude d'un cas d'exploration visant à définir de nouveaux espaces de prestation entre un constructeur et un partenaire est intéressante pour montrer les difficultés de ce processus. Nous avons eu l'occasion avec l'étude d'élèves (Auguiac and Goldbaum, 1999), d'analyser un cas d'exploration conjointe entre un constructeur et un équipementier, dont l'objectif était précisément non pas de développer un produit commun, mais d'identifier des champs d'exploration et d'innovation potentiels dans le domaine de l'électronique embarquée.

Le choix des prestations à développer dans ce domaine hautement incertain, doit nécessairement se faire en collaboration, puisqu'il se situe à l'interface entre l'automobile et les technologies du multimédia. Un groupe de coopération a donc été créé avec pour mission de piloter la mise sur le marché de prestations innovantes. En fait, l'enjeu est surtout de coordonner les stratégies des acteurs aux compétences complémentaires sur des innovations prometteuses. Malgré l'importance stratégique de cette coopération, plusieurs dysfonctionnements ont entravé le travail de ce groupe (confidentialité, modalité de pilotage du groupe). Toutefois, du point de vue de la conception, ce qu'il est intéressant de voir, c'est la manière dont les concepts des innovations ont été sélectionnés conjointement, comment s'est organisé le partage des connaissances disponibles et comment a été organisé le travail d'exploration. Sur le cas étudié, à partir du concept "guidage bas coût", il est rapidement apparu des divergences de points de vue entre les partenaires quant à la nécessité de faire un guidage bas coût. Pour le fournisseur d'équipements électroniques, il n'était par exemple pas question de se lancer dans ce type de prestation "trop" bon marché. En fait, la notion de guidage bas-coûts restait hautement imprécise : qu'entendait-on par bas-coût ? En termes marketing, à qui s'adressait cette innovation ? Les fonctionnalités restaient en grande partie à définir, et les scénarios d'utilisation peu précis, d'où une forte divergence des points de vue sur les critères de performance à prendre en compte.

Ce qui ressort de cette étude est la difficulté à orienter les travaux d'exploration de part et d'autre dans la même direction : la signification du système de navigation bas coût n'avait pas la même signification pour le fournisseur, expert dans les systèmes électroniques, et pour le constructeur soucieux de délivrer un service innovant intégré à l'espace automobile. On voit ici que l'enjeu est de définir le concept même du demi-produit et de permettre des prescriptions croisées (Hatchuel, 1994) : il s'agit pour le fournisseur de reconcevoir le système de navigation dans le contexte de l'automobile selon les prescriptions du constructeur, et pour le constructeur il s'agit d'une part de produire des connaissances sur les usages permettant de prescrire les bonnes orientations d'un système de navigation embarqué (bas coût, ...) et d'autre part de reconcevoir l'environnement en fonction des contraintes introduites.

Ainsi, on voit comment les interactions sont rendues difficiles lorsque les représentations ne sont pas partagées par les acteurs. L'enjeu fondamental de la coopération apparaît alors comme la capacité de chacun des acteurs à prescrire l'exploration de son partenaire.

c- La coopération en amont comme processus de prescription et de distribution des apprentissages.

Cette question de la capacité à se prescrire des explorations mutuellement nous semble être caractéristique de toutes les démarches de conception innovante. Elle se pose aussi bien en interne (entre les designers par exemple et les ingénieurs) qu'entre un constructeur et son fournisseur ou encore qu'entre deux constructeurs qui souhaiteraient développer des nouvelles technologies ou de nouveaux produits en commun. Avec cette question, nous sommes complètement sortis de la problématique d'une coordination basée sur un découpage préalable des tâches avec des interfaces bien spécifiées. Au contraire, la coopération porte sur la définition des objectifs à poursuivre : **quel peut être le demi-produit sur lequel coopérer ?** Dit autrement, la coopération vise à désigner les nouveaux objets de la coordination, les nouveaux demi-produits de conception. Il s'agit d'un processus de division des processus d'apprentissage. Nous pouvons donc caractériser ce modèle d'interaction comme un modèle de prescriptions croisées avec des missions et des apprentissages répartis.

d- Les frontières de la firme : coûts de transaction ou rentes d'apprentissage ?

Par rapport à une problématique interne à l'entreprise, on peut toutefois souligner que certaines difficultés sont accentuées lorsqu'il s'agit d'une coopération avec un partenaire extérieur.

Tout d'abord, nous avons déjà évoqué les problèmes de confidentialité : l'innovation étant un enjeu de marque stratégique, la coopération sera plus délicate avec un partenaire qui n'est pas sûr d'être sélectionné systématiquement ou avec des constructeurs concurrents.

Ensuite, la question de la distance entre les raisonnements de conception est accentuée. L'innovation consiste parfois à introduire dans le domaine de l'automobile des objets et des compétences issus d'un tout autre secteur (comme l'électronique), l'enjeu est alors pour chacun de reconcevoir son produit dans le cadre des connaissances de l'autre. Aussi plus les connaissances sont disjointes, plus la régénération des compétences dans les schémas de contrainte du partenaire sera complexe.

Enfin, et surtout, il nous semble que la problématique de la coopération entre deux entreprises au niveau des innovations soulève à nouveau la question des frontières de la firme. Mais cette question est posée ici sous un tout autre angle que celui adopté en économie notamment (Williamson, 1983). Il y a en effet un double risque à l'externalisation dans un contexte d'innovation. D'une part en externalisant, le constructeur se défait d'une compétence qu'il aura du mal à entretenir et à enrichir. Dès lors, sera-t-il en mesure de prescrire des cahiers des charges innovants tout en évaluant les risques que ces innovations introduisent ? Sa capacité à prescrire peut trouver là une limite. D'autre part, si la production de nouveaux savoirs en conception s'effectue principalement à travers des interactions permanentes entre experts autour de l'analyse et de la résolution collective de problèmes concrets, alors il y a là un enjeu stratégique pour l'entreprise à conserver en interne ces dynamiques d'apprentissage, ces "rentes d'apprentissage", plutôt que de les déléguer.

	Connaissances et enjeux	Interfaces	Spécifications
Produit "connu"	Des connaissances disponibles	Figées	Connues et déployées
Produit nouveau, (architecture stabilisée mais cibles de performances modifiées)	Comblent des lacunes localisées des connaissances	Identifier les interfaces problématiques ⇒ des relations de suspicion	A compléter et à faire évoluer
Demi-produit commun	Retrouver les raisonnements de conception	Concevoir les frontières des sous-ensembles pour minimiser les interactions aux interfaces ⇒ stratégie de découplage	Sélectionner les grandes variables de conception du demi-produit, les niveaux de performances et les validations
Innovation	Identifier les zones d'exploration, d'apprentissage	Des interfaces modifiées, éventuellement jusqu'à la remise en cause de l'architecture	A concevoir

Conclusion :

Dans la littérature sur la coopération, une grande importance est accordée aux différences entre les coopérations en interne et les coopérations inter-firmes. La diffusion actuelle des modèles de coordination véhiculés par la gestion de projet, la modularité et les stratégies de plates-formes répond aussi, d'une certaine manière aux difficultés de coopérer avec l'extérieur et facilite la coordination des différents acteurs au-delà de la frontière organisationnelle.

Pourtant, l'étude des activités concrètes de conception nous conduit à introduire un autre facteur de différenciation des situations de coopération : le régime de conception. Ce régime de conception, comme nous l'avons vu, se caractérise notamment par trois dimensions relatives au produit : les connaissances, le découpage en sous-ensembles et les objectifs prescrits aux différents sous-ensembles. Nous avons ici distingué trois régimes de conception différents : le premier régime correspond à un produit dont l'architecture est stabilisée, un autre régime de conception renvoie à la coopération entre différents projets d'un demi-produit commun ; enfin un troisième régime renvoie à l'innovation, dont les partenaires cherchent à définir les axes et les conditions. Ces caractéristiques permettent à notre sens de rendre compte de la diversité des modes de relations que l'on peut trouver d'un partenariat à l'autre, ou d'une alliance à une autre.

Nous ne négligeons cependant pas les différences très sensibles qu'il y a entre des situations de conception avec différents types de partenaires. Lorsque l'architecture du produit est stabilisée, la mise en œuvre de relations de suspicion et de sollicitations mutuelles ne sera pas acceptée de la même manière avec des partenaires de la même entreprise ou avec des fournisseurs. De même, le régime du demi-produit, qui peut concerner aussi bien des projets d'un même constructeur, un fournisseur en lien avec plusieurs constructeurs ou deux constructeurs entre eux, renverra à des représentations très différentes dans ces différentes situations. Quant à l'innovation, elle peut se retrouver dans toutes les situations en posant des problèmes à chaque fois spécifiques. Nous avons vu que dans la perspective des travaux sur la conception, il y avait un intérêt à passer d'une représentation des relations en termes de coûts de transaction à une représentation dynamique orientée par les compétences (les rentes

d'apprentissage). Mais il reste que les activités menées en coopération et les modalités de cette coopération seront fortement influencées par les profils des partenaires concernés, les liens juridiques qui les unissent, et les structures de relations dans lesquelles ils s'inscrivent. Assurément, ces "mécanismes de cohésion" constituent aujourd'hui un enjeu de recherche central.

Abernathy, W. J. and Utterback, J., "Patterns of industrial innovation", *Technology Review*, pp. 240-47, 1978.

Aggeri, F. *Environnement et pilotage de l'innovation : un modèle dynamique du développement durable. Le cas du recyclage automobile*, Thèse de doctorat de l'Ecole des Mines de Paris, 1998.

Aggeri, F. and Segrestin, B. "Beyond multi-project management", In *8ème International Product Development Management Conference*, Enschede, the Netherlands, 2001.

Auguic, Y. and Goldbaum, L., *Le pilotage de la co-conception en phase amont : le cas des produits multimédia d'habitat*, Ecole des Mines de Paris, Option Ingénierie de la Conception, 1999.

Baldwin, C. Y. and Clark, K. B., "Managing in an age of Modularity", *Harvard Business Review*, , Septembre-Octobre, 84-93, 1997.

Baldwin, C. Y. and Clark, K. B. *Design Rules, volume One : the power of Modularity*, MIT Press, 2000.

Blanc, G. and Garette, B., Vol. n°432 Cahier de recherche, groupe HEC, 1992.

Boyer, R. and Freyssenet, M., "Fusions-acquisitions et "stratégies de profit"", *Revue française de Gestion*, n°131, Novembre-Décembre, pp. 20-28, 2000.

Boyer, R. and Freyssenet, M. *Les modèles productifs*, La Découverte, 2000.

Capul, J.-Y., "Les enjeux économiques de la démarche d'"ingénierie concurrente"", *Revue française de Gestion*, mars 2000.

Clark, K. B. and Fujimoto, T., *Product Development Performance ; strategy, organization, and management in the world auto industry*, Harvard Business School Press, 1991.

Clark, K. B. and Wheelwright, S. C., "Organizing and leading, "Heavyweight" development teams", *California management Review*, Spring, 1992.

Cusumano, M. and Nobeoka, K. *Au-delà de l'entreprise au plus juste, le Management multi-projets : optimiser le développement de produits*. Dunod (trad. de The Free Press), 1999.

Cusumano, M. A. and Selby, R. W. *Microsoft Secrets*, The free Press, 1995.

Doz, Y. and Hammel, G. *Alliance Advantage, the art of creating value through partnering*, Harvard Business School Press; 1998.

Fujimoto, T., *The Evolution of a manufacturing System at Toyota*, Oxford University Press, 1999.

Fujimoto, T. and Thomke, S., "The effect of "Front-loading" problem solving on product development performance", *The Journal of Product Innovation Management*, 17128-142, 2000.

Garel, G., *Réduction du temps de conception, concurrence et savoirs professionnels : le cas de l'emboutissage dans les projets automobiles*, Thèse de l'école polytechnique, Paris, 1994.

Garel, G., "Le co-développement : une transformation de l'organisation du développement du produit et du process", *actes du colloque MENRT*, 1998.

- Hamel, G., "Competition for competence and inter-partner learning within international strategic alliances", *Strategic Management Journal*, n°12, 1991.
- Hatchuel, A. and Weil, B. *L'expert et le système*, Economica, 1992.
- Hatchuel, A., "Apprentissages collectifs et activité de conception", *Revue française de gestion*, juin-juillet-août, 1994.
- Hatchuel, A. and Weil, B., "La dynamique des savoirs dans les transformations industrielles contemporaines", *Educatons*, n°13, 1996.
- Henderson, R. M. and Clark, K. B., "Architectural innovation : the reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms", *Administrative Science Quarterly*, n°35, 1990.
- LeMasson, P., *La gestion des connaissances pour l'innovation, revue de la littérature*, rapport ANRT, Paris 2000.
- LeMasson, P., Hatchuel, A. and Weil, B., *Le co-développement à l'épreuve de l'innovation intensive : vers de nouvelles formes d'organisation de la conception innovante entre constructeurs et équipementiers*, Actes du colloque Gerpisa, 2000.
- Loubet, J.-L., *Citroën, Peugeot, Renault et les autres, soixante ans de stratégies*, Le Monde Editions, 1995.
- Lung, Y., Chanaron, J.-J., Fujimoto, T. and Raff, D., *Coping with variety, flexible productive systems for product variety in the auto industry*, Ashgate, 1999.
- Midler, C., *L'auto qui n'existait pas , management des projets et transformation de l'entreprise*, InterEditions, Paris, 1993.
- Mintzberg, H., *Structure et Dynamique des organisations*, Editions d'organisation, 1982.
- Moisdon, J.-C. and Weil, B., *La capitalisation technique pour l'innovation : expériences dans la conception automobile*, GIP Mutations Industrielles, 1998.
- Nakhla, M. and Sardas, J.-C., "L'émergence et le développement des contrats de projet chez Renault", *Cahier de recherche Renault*, 1999.
- Nakhla, M. and Soler, L.-G., "Pilotes de projets et contrats internes", 1994.
- Pahl, G. and Beitz, W., *Engineering Design : a systematic approach*, The Design Council, 1977 (trad anglaise 1988).
- Prahalad, C. K., In *Managing Strategic Innovation and Change*(Eds, Tushman, M. L. and Anderson, P.) Oxford University Press, .1997
- Sako, M., *Modules in Design, production and use : implications for the global automotive industry*, In *IMVP annual meeting* Cambridge, massachusetts, 1999.
- Sanchez, R. and Mahoney, J. T., "Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design.", *Strategic Management Journal*, 17 (Winter Special issue) 1996.
- Suh, N. P., *The Principles of Design*, Oxford University Press, 1990.
- Suh, N. P. , In *Integration of Process Knowledge into Design support system* (Eds, Kals, H. and Houten, F. v.) Kluwer Academic Publishers, 1999.
- Teece, D. J., "Competition, cooperation, and innovation. Organizational arrangements for regimes of rapid technological progress.", *Journal of Economic Behavior and Organization*, n°18, 1992.
- Williamson, O. E., *Market and hierarchies, analysis and antitrust implication*, The free Press, NY, 1983.