



HAL
open science

Modularité et dynamique des relations durables entre entreprises : le cas des produits et systèmes complexes

Florent Catel, Jean-Charles Monateri

► To cite this version:

Florent Catel, Jean-Charles Monateri. Modularité et dynamique des relations durables entre entreprises : le cas des produits et systèmes complexes. Colloque "Analyse(s) et transformation(s) de la firme : confrontation entre économistes, gestionnaires et juristes", LEFI, Laboratoire d'Economie de la Firme et des Institutions, ISH, Institut des Sciences de l'Homme, Université Lumière Lyon 2, Lyon, 22-23 novembre 2007, Nov 2007, Lyon, France. halshs-00217607

HAL Id: halshs-00217607

<https://shs.hal.science/halshs-00217607>

Submitted on 25 Jan 2008

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

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

Modularité et dynamique des relations durables entre entreprises : le cas des produits et systèmes complexes

Catel Florent et Monatéri Jean-Charles (LEPII)

Communication au colloque « Analyses et transformations de la firme: une confrontation entre économistes, gestionnaires et juristes »

LEFI - Université Lyon Lumière

Lyon, 22-23 novembre 2007

Introduction

Le contexte concurrentiel contemporain et les conditions internationales de compétitivité imposent d'ores et déjà l'émergence de nouvelles architectures industrielles dont il convient de spécifier les caractéristiques majeures. Ces transformations s'inscrivent dans la dynamique de la mondialisation de l'économie et la recherche de la compétitivité par la différenciation croissante des produits et la flexibilité des systèmes industriels. Dans ce contexte, et afin de maintenir ou de renforcer une position concurrentielle, les nouvelles stratégies industrielles conduisent les entreprises à « redessiner » leurs structures organisationnelles.

Ce travail met en évidence une tendance qui conduit aujourd'hui de nombreuses firmes à modulariser le *design* de leurs produits. La notion de modularisation se comprend, en première approche, comme la conception d'un bien à partir de modules, dont les interfaces standardisées permettent au système final de prendre plusieurs configurations.

Le thème de « la modularité » a fait l'objet d'une littérature abondante ces dernières années en Economie et en Management [Baldwin et Clark, 2000 ; Ulrich, 1995 ; Frigant, 2005 ; ...]. L'ensemble des travaux convergent en reconnaissant l'existence d'un isomorphisme entre architecture des produits et architecture des organisations

[Catel, 2007]. Selon cette approche, la modularisation du *design* des produits contribue à l'émergence d'organisations réticulaires, dé-intégrées et essentiellement coordonnées par le couple « standards technologiques – prix de marché ».

Cette contribution se propose de dépasser cette « vision », empreinte d'un déterminisme technologique considérable, en appréhendant le phénomène de modularisation dans une double dimension, technique et stratégique. Cette approche révèle l'existence d'enjeux organisationnels fondamentaux, largement occultés par l'abondance des travaux comprenant la modularité comme un « retour au marché ».

On s'intéresse plus particulièrement aux secteurs de produits et systèmes complexes (PSCo). Cette catégorie est délimitée par la structure du produit, en particulier son caractère « multi-composants » et « multi-technologies ». A l'exception de l'automobile, les produits que nous qualifions de PSCo ne sont pas vendus, ou de manière marginale, sur un « marché final » (à un particulier). Ceci vient du fait que ce sont généralement des produits qui auraient un coût unitaire et une échelle financière démesurés pour un individu. Autrement dit, dans notre approche, les PSCo sont surtout des biens d'équipements¹.

Notre démarche empirique s'appuie sur une double méthodologie² :

- Une enquête composée de 24 entretiens, en face à face pour la grande majorité, dans 9 entreprises différentes (figure 1).

- Afin de compléter ces observations, nous nous appuyons sur des cas du secteur automobile, étudiés dans la littérature. Les travaux retenus, largement fondés sur des expériences de praticiens dans les entreprises, décrivent le processus de modularisation dans au moins l'un des trois domaines suivants : produit, processus opérationnel, organisation interfirmes (figure 2).

¹ Notre définition d'un PSCo est assez proche des propositions d'Hobday [1998], à la différence que nous n'avons pas *a priori* sur l'organisation de la conception et de la production. Son approche est, en effet, construite sur une opposition entre PSCo et production de masse. Cela signifie que sa définition de la complexité prend en compte la manière dont sont *a priori* conçus et fabriqués les produits. Ceci explique pourquoi l'automobile est exclue de sa catégorisation. Notre approche de la complexité est avant tout basée sur la structure du produit et non sur la structure du processus de production.

² En raison des contraintes d'espace, chacun des arguments sera étayé par un seul cas.

Figure 1 : résumé de l'enquête de terrain

Entreprises	Position*	Produit***	Nombre d'entretiens	Profils des interviewés	Observations
G.T.E	Donneur d'ordres (DO)	Tracteurs	7	Ingénieurs, dirigeants, responsables logistiques et production	Utilisation de documents internes (nomenclature de produits, notes de réunion, slides, thèse en génie industrielle...)
Cab	Fournisseur	Cabines de tracteur	2	Responsables ingénierie et production	Visite d'usine
Surgifirm	DO	Robots chirurgicaux	3	Chef de projet, responsable industrialisation, ingénieur produit	Echanges de mails, et appels téléphoniques « informels », utilisation de nomenclature de produits
G-cell	DO	Piles à combustible	1	Chef de projet	Utilisation de documents internes (mémoire de master en génie industriel, slides de réunion)
Airfirm	DO	Avions	4	Responsables de l'entrée d'air, de la nacelle et du système avionique de l'A2	Utilisation de documents internes (slides de réunion, nomenclatures...) et visite d'usine
Héli&co	DO	Hélicoptères	4	Directeur industriel, chef de la maintenance, chef de la logistique, ingénieur	Dont 2 entretiens téléphoniques
Turbifirm	DO	Turbines hydro-électriques	1	Chef de projet	
Ordifirm**	DO	Électronique grand public	1	Chef de projet	
Micro-puces**	Fournisseur	Puces électroniques	1	DRH Grenoble	

* Position envisagée dans le cadre de l'étude

** Entreprises non comptabilisées au titre de PSCo

*** Produit considéré dans le cadre de l'étude

Figure 2 : principaux travaux utilisés comme données empiriques sur la modularisation dans l'automobile

	Référence(s)	Auteur(s)	Position des auteurs au moment de l'étude	Méthode	Contenu		
					Aspects produit	Aspects opérationnels	Organisation interfirmes
Volvo	Revue académique en gestion de production	Fredriksson (2002, 2006, 2006a) Persson et Ahlström (2005)	Stagiaires	Observation participante et entretiens : - 3 ans pour Fredriksson (200 entretiens chez Volvo et ses fournisseurs de modules) - 4 ans pour Persson et Ahlstrom. Fredriksson complète cette enquête par 10 interviews chez Toyota et 27 chez Saab	**	***	*
Iveco	GERPISA [□]	Zagnoli et Pagano (2001)	Universitaires « externes »	Etude de cas (entretiens et documentation interne)	**	**	***
Hyundai	GERPISA	Chung (2002)	Universitaire « externe »	Etude de cas (entretiens et documentation interne)	**	**	*
Mazda	Ouvrage collectif : l'assemblage automobile	Kinutani (1997)	Ingénieur méthode	Observation participante	**	***	
Volkswagen	Ouvrage collectif : l'assemblage automobile	Wilhelm (1997)	Responsable industriel	Observation participante	***	***	
Sysmod (fournisseur)	GERPISA	Fourcade et Midler (2003)	Directeur industriel	Observation participante : de 1998 à 2002, l'auteur a été acteur de la construction de l'activité « module de façade avant » de Sysmod en tant que directeur industriel	**	*	**
Opel	<i>Society of Automotive Engineers</i> (accès payant)	Kochy (2006)	Ingénieur méthode	Observation participante	*	***	

* Aspect peu détaillé

** Aspect moyennement détaillé

*** Aspect très finement détaillé

□ GERPISA : Groupe d'Etudes et de Recherches Permanent sur l'Industrie et les Salariés de l'Automobile

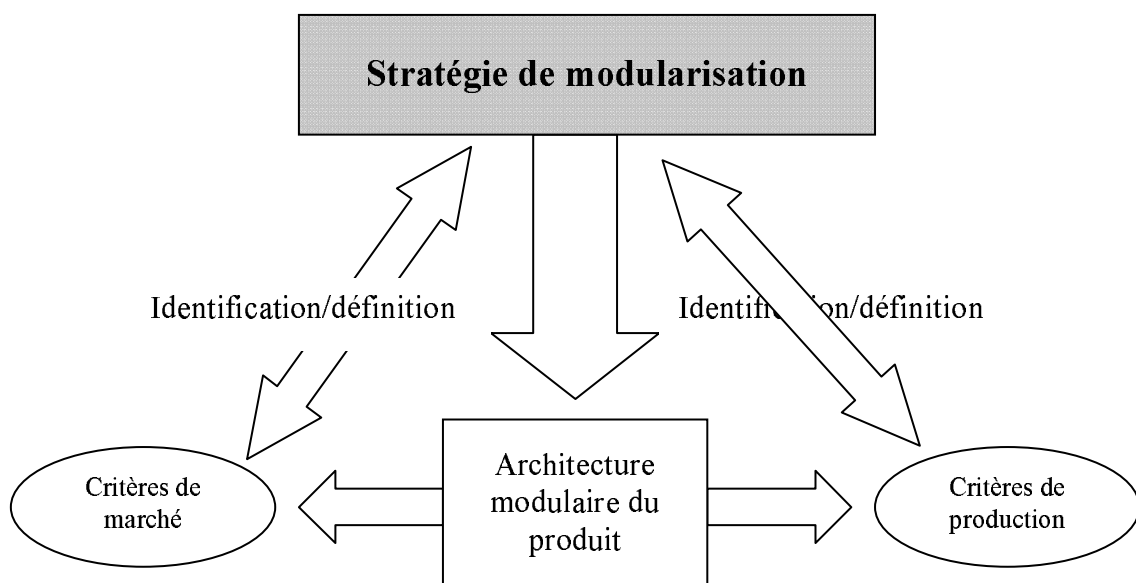
La première section s'attache à décrire l'ensemble des mutations organisationnelles que suscite la modularisation tant au niveau interne de la firme qu'au niveau de son « organisation verticale externe ». L'objet de la seconde section est d'identifier les implications sectorielles de la mise en œuvre de telles stratégies en prenant appui sur l'industrie automobile.

Préambule: définir la modularisation

Au regard de nos différents cas, la modularisation peut se définir comme une stratégie industrielle qui place la structure du produit comme levier d'action central. L'architecture du système est alors un « terrain privilégié » pour tenter de concilier des objectifs en termes de chaîne de valeur et de *process* d'une part, de marchés et de produits d'autre part (figure 3).

La stratégie de modularisation se caractérise par un « *redesign* » du produit dont le but est fondamentalement d'améliorer l'efficacité des processus opérationnels au regard de la contrainte de variété imposée par les forces du marché. Le « *redesign* » conduit le produit vers plus de modularité. Il s'agit de concevoir des modules qui seront livrés « clés en mains » par les fournisseurs.

Figure 3 : fondamentaux d'une stratégie de modularisation



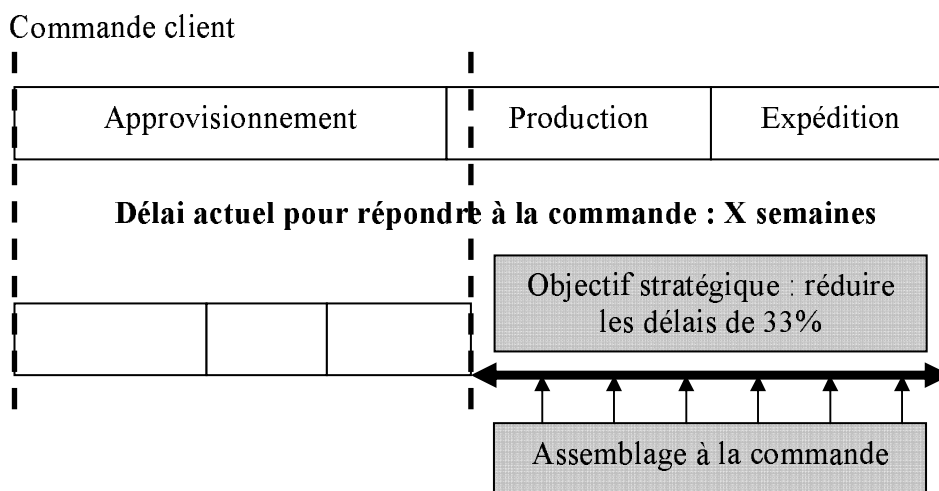
L'exemple de G.T.E

Au cours de nos entretiens avec les membres de G.T.E, nous avons retracé le processus de développement d'un nouveau modèle de tracteur à chenilles (modèle G4). Le véritable facteur déclenchant la modularisation est la volonté d'améliorer les processus d'assemblage et de logistique, au regard de la complexité des processus et de la variété des modèles proposés. Les usages spécifiques des différents clients conduisent à une forte contrainte d'individualisation. Par exemple, certaines versions du G4 sont fabriquées spécialement pour les décharges sanitaires. Des protections et un circuit de refroidissement spécial sont alors livrés de série sur ces machines afin qu'elles résistent aux conditions de travail difficiles.

Plus généralement, les objectifs du projet se déclinent en deux axes : une réduction de 30% des pièces à acheter et une baisse du nombre de pièces à fabriquer de 22% d'une part, et une baisse du temps d'assemblage de 22%, d'autre part.

La pratique de la modularisation s'inscrit dans le cadre plus large d'une stratégie guidée par l'articulation « *voice of customer* » / « *voice of business*³ ». Celle-ci prend le nom de « *design for velocity*⁴ » et concerne la capacité à répondre rapidement à la demande (figure 4). Dans ce contexte, la modularisation est l'outil opérationnel privilégié pour atteindre cet objectif.

Figure 4 : « *design for velocity* » (G.T.E)



³ Expression reprise aux acteurs et insistant sur l'articulation entre la satisfaction des clients et la maîtrise du processus de fabrication.

⁴ On pourrait traduire cette expression par « une conception orientée réactivité à la demande ».

Les ingénieurs de G.T.E souhaitent que l'assemblage du tracteur soit réalisé à partir de quelques gros modules pré-assemblés, pré-peints et livrés en procédure synchrone par quelques fournisseurs majeurs. Cette logique se conjugue à une différenciation retardée et une logique d'assemblage à la commande.

1. La modularisation comme innovation organisationnelle

Les changements dont nous allons faire état dans cette section peuvent être qualifiés d'innovation organisationnelle dans la mesure où ils représentent la manière dont l'organisation, via sa stratégie, s'adapte à des évolutions de l'environnement, essentiellement caractérisées par la variété de la demande et une concurrence toujours plus globale exigeant une maîtrise des coûts très stricte [Lam, 2005].

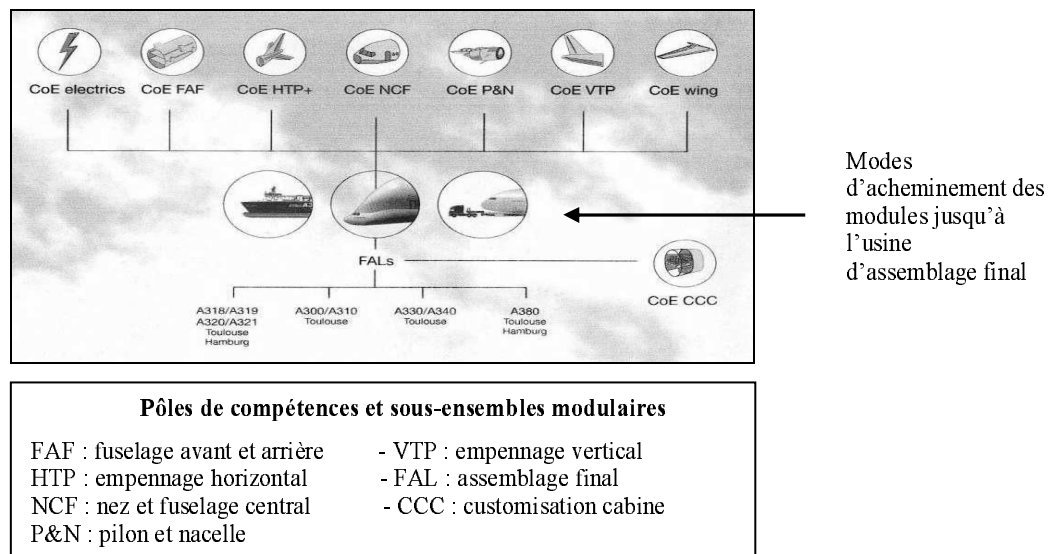
1.1 Mutations des structures organisationnelles internes

Il s'agit d'un aspect largement inexploré des conséquences organisationnelles de la modularisation.

1.1.1 Les structures productives globales

Lorsque les systèmes sont complexes, l'organisation est construite sur le principe de décomposabilité du produit [Ulrich et Eppinger, 2004]. Les différentes « unités de fabrication » de l'entreprise sont alors identifiées aux modules physiques. Airfirm adopte une structure générale qui reflète celle du produit mis sur le marché. Les centres d'excellence (CoE sur le schéma 5) sont responsables de la livraison d'un module complet sur la ligne d'assemblage final. Ils jouent le rôle de fournisseurs internes. Ils prennent en charge la conception, le développement, la fabrication et l'assemblage des modules.

Figure 5 : l'organisation technique et industrielle d'Airfirm (Airfirm)



Dans le cas d'Airfirm, les centres d'excellence sont des établissements de la société, ce qui témoigne d'une forte intégration organisationnelle. Les relations avec les entreprises sous-traitantes ont lieu à des niveaux de nomenclature de l'avion plus modestes. Les ensembles délégués prennent le nom de « *work package* » et sont des sous-systèmes intégrés d'éléments de structures ou bien des systèmes fonctionnels. C'est à ce niveau que se développent des liens entre les centres d'excellence et des fournisseurs indépendants.

Toutefois, il faut noter que le plan Airfirm « Power 8 » (2007-2010) pousse la logique de modularisation encore plus loin. Ce plan de réduction des coûts prévoit la diminution du nombre de fournisseurs (de 3000 à 500) et la croissance du taux d'externalisation (de 40% aujourd'hui, Airfirm espère tendre vers 70%, ce qui le rapprocherait du « modèle Boeing »). Certains centres d'excellence sont alors susceptibles de se faire livrer les modules « clés en mains » par quelques sous-traitants majeurs. Tel est le cas, par exemple, de la nacelle du modèle A2, délivrée « prête à monter » par un fournisseur unique.

Dans nos autres cas, l'innovation organisationnelle ne se situe pas au niveau des établissements mais des équipes de conception à l'intérieur d'un établissement donné.

1.1.2 Recomposition des structures de conception

Le remaniement des groupes de projet est un axe central du développement d'une stratégie modulaire. Dans le cas des PSCo, les équipes sont généralement organisées autour des sous-systèmes physiques. Les changements liés à la modularisation, intervenus d'abord sur la structure du produit, se traduisent par une recomposition des équipes. Ces dernières sont traditionnellement constituées sur la base des « expertises métier » – souvent confondues avec les systèmes fonctionnels du produit – et intègrent un personnel provenant de différentes fonctions de l'entreprise comme les études, les méthodes, le marketing... Avec le *design* modulaire, si les équipes restent plurifonctionnelles, elles deviennent transversales aux compétences et aux métiers de l'entreprise. La modification de la structure des équipes de projet favorise l'émergence de nouvelles interactions, ce qui stimule un apprentissage interactif singulier.

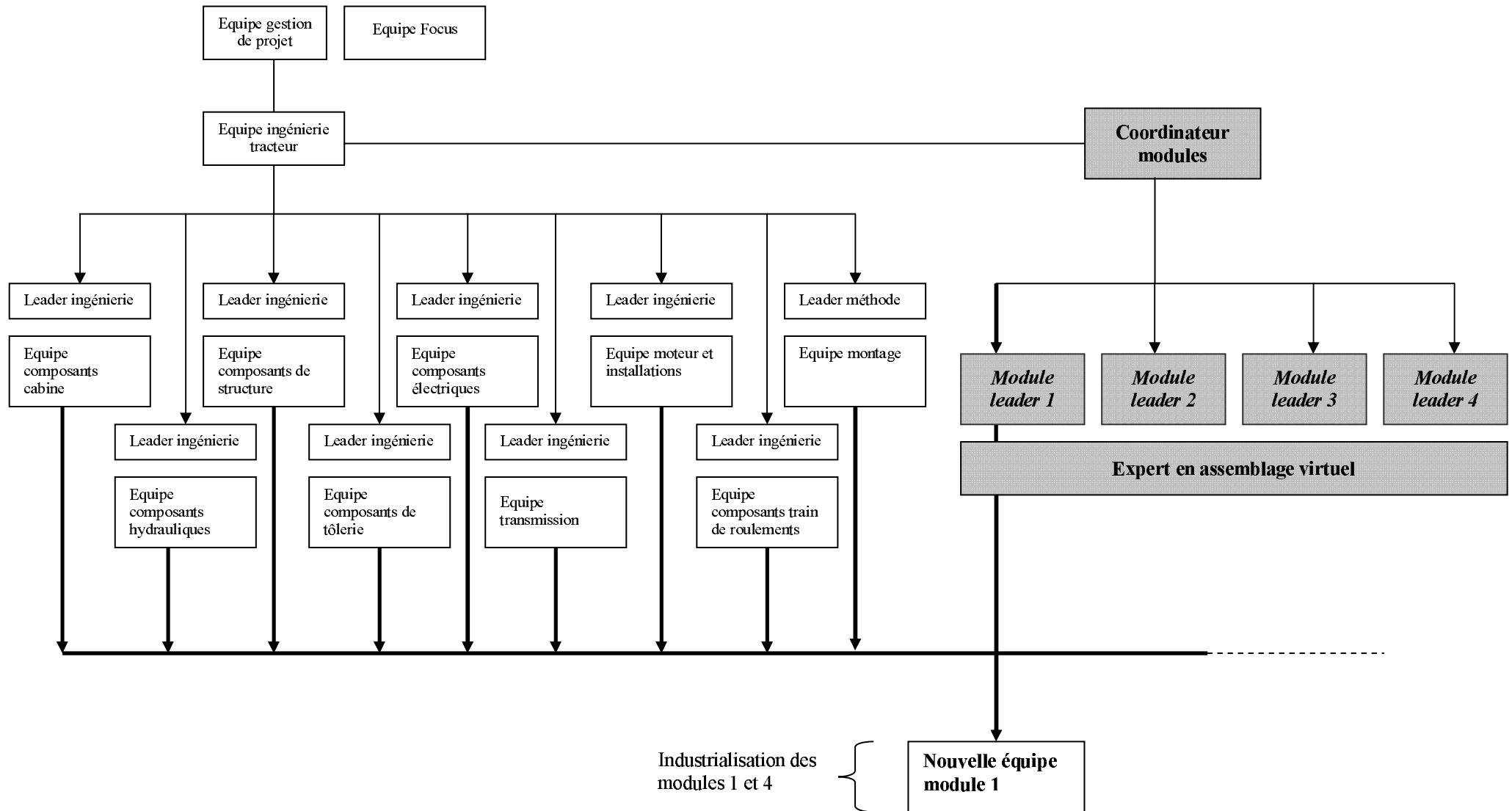
Dans le cas de G.T.E, le processus de conception du « tracteur à chenilles G4 » a été mis en œuvre dans une structure « classique ». Le groupe « ingénierie tracteur » était composé d'équipes focalisées sur les différents systèmes fonctionnels. C'est, en fait, avec la phase de prise en compte des aspects d'industrialisation qu'a émergé l'idée de modularité. Face à la nécessité de modulariser l'architecture, une organisation *ad hoc* a été mise en place. Quatre « *modules leaders* » ont été nommés et mis à la tête de nouvelles équipes organisées autour des sous-ensembles. Un expert en assemblage virtuel, acteur transversal à l'organisation, a également été recruté. En fonction des « correspondances métier » certaines équipes ont eu la charge de plusieurs modules – il y a neuf modules et quatre groupes de conception. Le reste de ces « équipes modules » comprend des membres des équipes d'ingénierie traditionnelle, mais dans une logique de recomposition. Par exemple, le « groupe module 1 » intègre des ingénieurs de « l'équipe transmission », de « l'équipe hydraulique », du « groupe cabine »... Autrement dit, les équipes, comme les modules, deviennent multi-métiers. Ceci favorise l'échange pluridisciplinaire et contribue à un apprentissage centré sur ces nouvelles entités que sont les modules (sur leur conception, leur production et l'interface entre les deux). C'est grâce à l'interaction au sein, et entre ces équipes, qu'a évolué le *design* du tracteur vers sa forme modulaire finale. La figure suivante (6)

présente les contours « institutionnels » de l'activité de conception en régime modulaire, dans le cas de GTE. La nouvelle configuration s'efforce d'organiser une meilleure interactivité entre *design* du *process* et *design* du produit. Alors qu'au départ les « acteurs méthodes » sont regroupés dans une seule équipe, la structure modulaire de la conception décloisonne l'organisation en intégrant les membres de cette équipe dans tous les « groupes modules ».

La coordination intra-équipe a porté sur deux aspects : il s'agissait non seulement de stimuler la création de nouvelles connaissances relatives à la conception du module, mais également d'organiser l'interaction avec les compétences issues « des méthodes » afin de forger un nouvel ensemble cohérent et formant système. Ce processus s'est appuyé sur de nombreuses réunions des « équipes modules » coordonnées par les « *modules leaders* ». Ces acteurs, issus de la division « *opérations et supply Chain* », sont responsables du développement intégral des modules. Ils assurent la coordination entre le *process* et la conception à travers leur participation simultanée aux équipes « ingénierie tracteur » et dans leur propre « équipe module ».

La coordination entre « équipes modules » est assurée par deux acteurs : le « *module coordinator* » et l'expert en assemblage virtuel. Le « *module coordinator* » appartient à la division « *opérations et supply Chain* » et a un pouvoir de négociation et d'arbitrage important vis-à-vis de l'ingénierie. Son rôle est de piloter les actions de chaque « équipe module » et de servir d'interlocuteur aux équipes « ingénierie tracteur ». L'expert en assemblage virtuel est responsable de la vérification des solutions de conception retenues : cet acteur maîtrise l'outil CAO utilisé par les concepteurs et propose un support aux « équipes modules » afin d'identifier et d'anticiper les éventuels problèmes de montage.

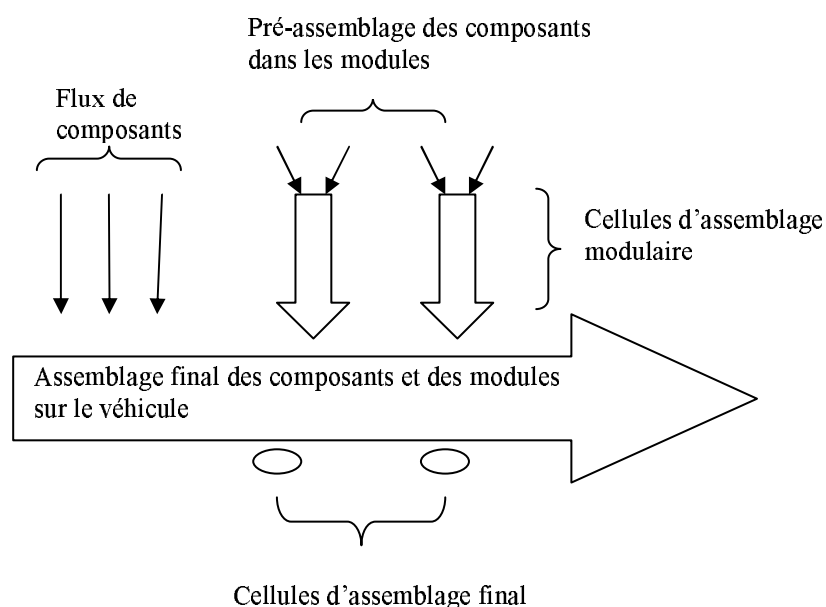
Figure 6 : organisation du processus de conception/développement chez G.T.E (GTE)



1.1.3 La division opérationnelle du travail

Dans l'usine, l'objectif d'efficacité opérationnelle conduit à séparer plus radicalement les tâches de sous-assemblage complexes de la ligne finale. Tous nos cas, sans exception, traduisent cette innovation. Les opérations d'assemblage délicates sont réalisées sur des lignes ou au sein d'ateliers connexes, créés spécialement à cet effet (figure 7). La création et la gestion de ces lignes (ou de ces ateliers) sont parfois externalisées.

Figure 7 : création de lignes dédiées aux modules chez Volvo [Fredriksson, 2006a, p.351]



Volvo a décomposé son véhicule en 23 modules. En fonction d'arbitrages, ces modules sont pré-assemblés en interne, par des fournisseurs détachés chez le constructeur ou bien en externe sur site. Ce nouveau *design* du produit a donné naissance à 17 lignes connexes que Fredriksson nomme les « Unités d'Assemblage Modulaire » [2006a, p.357]. De la même manière, dans le cas d'Iveco, Zagnoli et Pagano constatent que l'architecture opérationnelle du processus reflète l'architecture modulaire du produit [2001, p.53]. Selon les auteurs, les unités d'assemblage modulaire opèrent « loin » de la ligne finale et sont responsables de l'assemblage, des tests et des contrôles de qualité des modules. Chez Hyundai, Chung constate que la ligne d'assemblage finale faisait plus d'un kilomètre de long [2002, p.3]. En

décomposant son véhicule en 12 modules, – cockpit, portières, *package* arrière, suspension avant, suspension arrière, réservoir, système de refroidissement, pare-choc arrière, pare-choc avant, pot d'échappement, pédalier, toiture – la modularisation, à travers l'introduction de douze lignes connexes, a contribué à réduire la taille de la ligne d'assemblage final de moitié et à diminuer le temps d'assemblage de plus de 30% [ibid, p.3]. Chacune de ces lignes, spécialisée sur un module, est placée sous la responsabilité d'une équipe, dirigée par un manager d'unité d'assemblage. Enfin, chez Mazda, la mise en place d'un système modulaire qualifié de « *simple base line* » a permis de diviser la longueur de la nouvelle ligne par deux et de réduire le nombre de postes de travail de 60% [Kinutani, 1997, p.106]. Cette nouvelle organisation reste toutefois étroitement coordonnée par une batterie de dispositifs de gestion, représentant autant d'investissements et d'efforts spécifiques à la mise en place du système modulaire. La contrepartie de l'accentuation du découplage entre les différents « *process* modulaires » est, en effet, la complexité croissante des interfaces et de la coordination entre les différentes entreprises chargées de la fabrication, en particulier sur les plans de la gestion de production et des systèmes d'informations.

La modularisation nécessite ainsi la reconfiguration totale des lignes d'assemblage. Ces investissements peuvent être réalisés dans une usine existante (cas de G.T.E) ou bien dans de nouvelles usines, totalement dédiées à la mise en place des principes modulaires [cas de l'automobile en général]. Mais cela va plus loin, en particulier dans l'industrie automobile. L'étude de certains cas (MCC-Smart à Ambach ou Volkswagen à Resende, au Brésil) laisse apparaître que le niveau d'analyse pertinent de la gestion des flux n'est pas celui de « l'usine » mais celui du site industriel dans son ensemble [Van Hoek et Weken, 1998 ; Pires, 1998]. Les nouvelles contraintes liées à la modularisation (la proximité, la synchronisation des *process* de fabrication, la configuration spécifique des lignes de montage...) imposent la spécification préalable du *design* du site dédié à la réalisation d'un produit final complexe. Aujourd'hui de nombreux parcs de fournisseurs sont conçus selon les contraintes liées à la décomposition modulaire du produit.

1.2 *Une innovation interorganisationnelle*

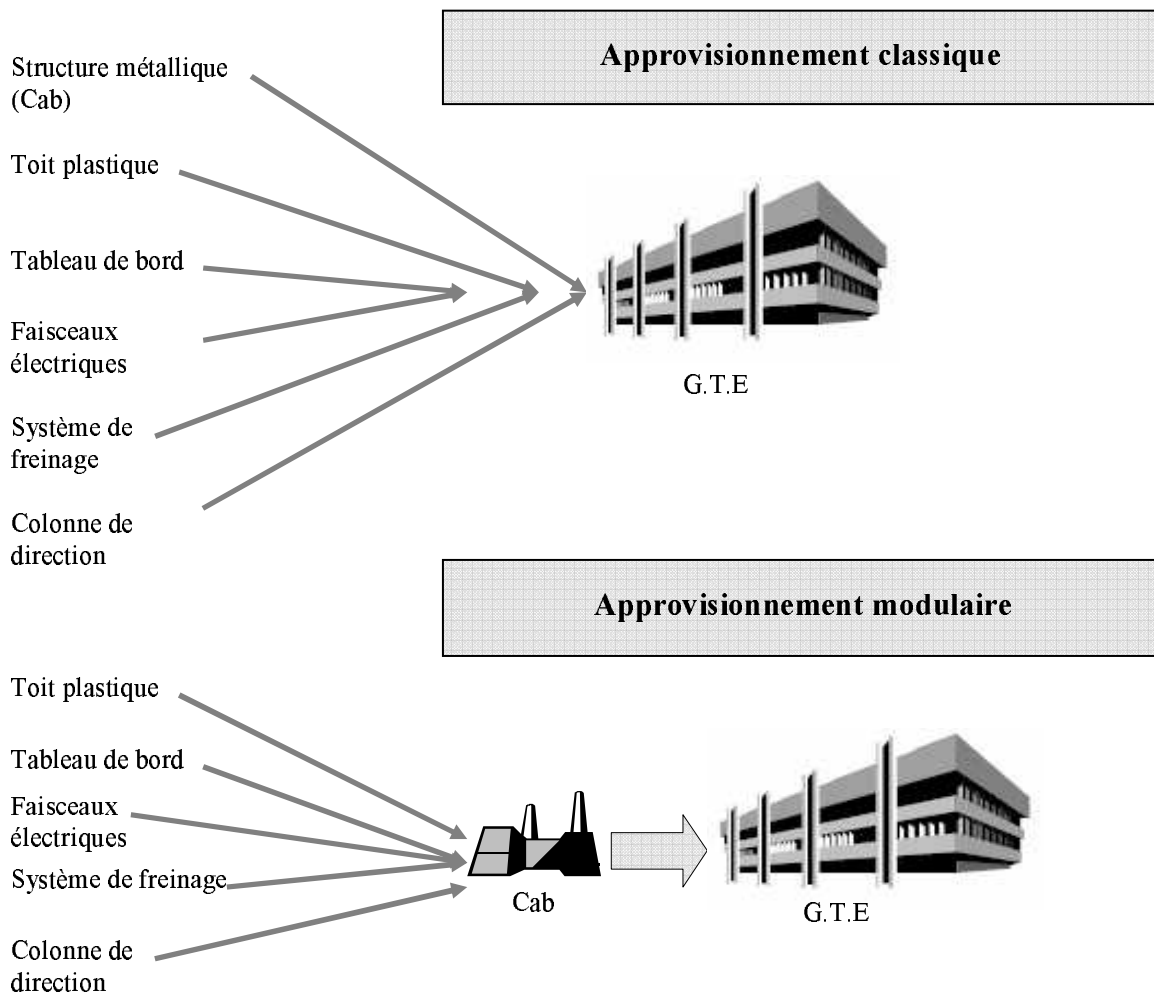
1.2.1 Production modulaire et politique d'approvisionnement

L'objectif de la modularisation est de s'adresser directement à un panel réduit de fournisseurs. La diminution du nombre de sous-traitants est ainsi un élément affiché de la stratégie de modularisation pour une entreprise comme G.T.E. qui gère traditionnellement entre 400 et 500 fournisseurs. Surgifirm, Airfirm et Héli&co mentionnent tous explicitement cet objectif. Autre exemple, l'objectif avoué de G-cell est de traiter avec seulement 8 fournisseurs !

Alors que la sous-traitance est « historiquement » organisée « pièce par pièce », voire « système par système », la modularisation, en réduisant le nombre de fournisseurs, accroît le périmètre de responsabilité de chacun. A titre d'exemple, le schéma 8 illustre la transition vers un approvisionnement modulaire de la cabine du tracteur G.T.E G4⁵. Bien que l'expression d'« approvisionnement modulaire » ne présuppose pas le degré d'implication des fournisseurs dans la conception, ce processus implique leur sélection. Celle-ci, fondée sur la capacité à livrer des modules complets, initie un mouvement de segmentation, de hiérarchisation de la chaîne d'offre. Dans le cas de Hyundai, par exemple, « la capacité à livrer des pièces intégrées dans les modules sera prise en compte dans la phase de sélection. De cette façon, entre un tiers et la moitié des 366 fournisseurs de pièces pourra être éliminé du processus » [Chung, 2002, p.9]. Les fournisseurs se proposent ainsi de répondre aux nouveaux critères établis par le DO dans l'espoir de rester compétitif [Fourcade et Midler, 2003]. Il s'agit de ne pas laisser échapper des marchés à d'autres fournisseurs. Les grandes firmes opèrent ainsi une segmentation stratégique [Dyer et al. 1998] de leur base de fournisseurs et la capacité à livrer un module complet devient un enjeu de la compétition entre sous-traitants – voire même parfois une condition de survie.

⁵ Nous avons également observé ce processus chez Surgifirm, qui cherchait à acheter les bras de son robot plafonnier pré-articulés, ainsi que chez Airfirm pour l'approvisionnement de la nacelle.

Figure 8 : l'approvisionnement modulaire de la cabine du tracteur G4



1.2.2 Une dynamique d'apprentissage singulière

Les modules étant de nouvelles pièces de complexité plus avancée, les fournisseurs doivent développer de nouvelles connaissances. La compétence modulaire est constituée de trois éléments :

- Des compétences en management de projet avec la capacité à gérer d'autres fournisseurs.
- Une expertise technique dans de nouveaux champs, qui se traduit par une connaissance globale d'intégration au niveau du module.
- Une compétence synchrone qui est fondée sur le pilotage en temps réel de ses activités selon la demande de la ligne de montage final.

En régime modulaire, l'acquisition des compétences susmentionnées oriente la croissance des fournisseurs. L'investissement est jugé rentable par les fournisseurs : les modules, étant des pièces plus complexes, présentent des opportunités supplémentaires de créer de la valeur. Il s'agira donc, pour les fournisseurs, de découvrir de nouvelles complémentarités technologiques afin de proposer de nouvelles fonctionnalités ou de nouveaux *design* pour les modules⁶.

L'apprentissage engagé chez le fournisseur résulte non seulement d'un transfert de connaissances du DO vers son sous-traitant mais aussi du développement de nouvelles synergies en collaboration avec d'autres fournisseurs.

L'exemple de la relation bilatérale Cab-G.T.E

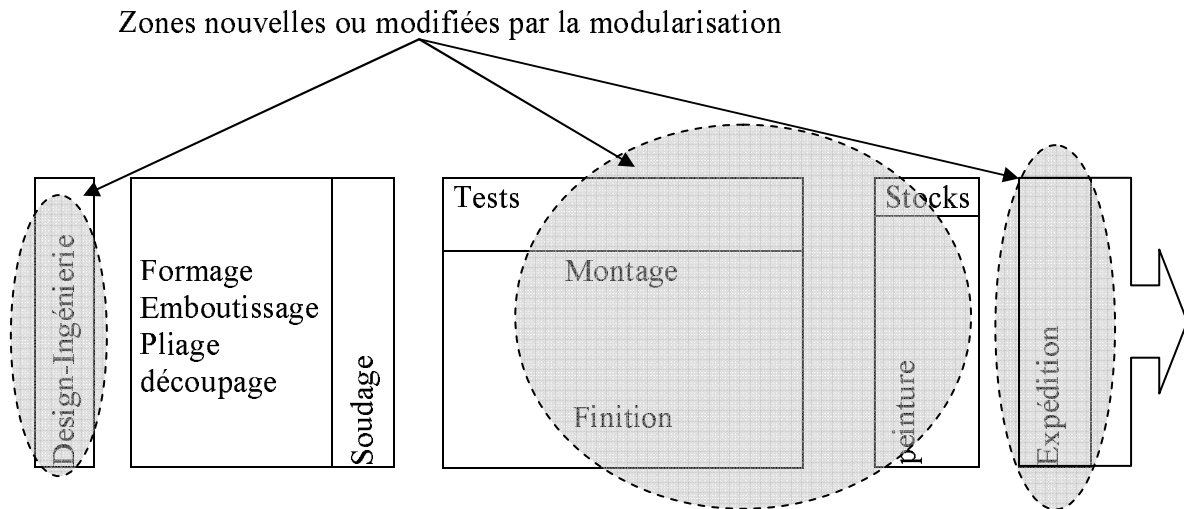
Cab travaille avec G.T.E depuis 1979 mais est considéré comme un fournisseur de modules seulement depuis 1999-2000. Le métier d'origine de Cab est la tôlerie industrielle. Son portefeuille comporte plus d'une vingtaine de clients. Terex, Hitachi, CNH Case, Massey Ferguson, Bobcat, Mercedes, Linde, New Holland, JCB, Yanmar... sont d'autres clients de l'entreprise, mais G.T.E représente à lui seul 40% du chiffre d'affaire de Cab. Si Cab est dépendant de G.T.E, la réciproque est également vraie puisque le constructeur n'a qu'un seul fournisseur alternatif.

Depuis 1999, le concept de « module cabine » « *plug n' play* » de G.T.E a révolutionné l'organisation et le métier de Cab. Avant cette période, Cab opérait uniquement dans la tôlerie industrielle, c'est-à-dire le cadre métallique de la cabine. Le fournisseur effectuait un montage très primaire d'éléments achetés (uniquement les poignées de portes et les vitres). Avec ce concept de cabine « *plug n' play* », l'objectif de G.T.E était de réaliser une cabine prête à monter sur le reste de la machine (en deux heures). G.T.E a donc proposé des améliorations sur la connectique entre machine et cabine. Pour Cab, ce nouveau concept signifiait l'extension de ses responsabilités à l'ensemble de la cabine. En d'autres termes, il fallait dorénavant prendre en charge

⁶ Chez Valéo par exemple, le vice-président chargé des affaires internationales, interrogé dans *Automotive News*, indique, plein d'enthousiasme : « Nous sommes convaincus qu'il y a une réelle opportunité d'ajouter de la valeur en réduisant le poids, le coûts et l'encombrement du module » [Chew, 1998].

tous les éléments de ce système. Les enquêtés ont d'ailleurs parlé de « révolution ». Pour opérer ce changement Cab a du adapter son organisation (figure 9) et apprendre de nouvelles connaissances.

Figure 9 : zones nouvelles ou modifiées par la modularisation de la cabine au sein du *process* de Cab



Sur le plan logistique, les postes de montage se sont multipliés. Cela impliquait notamment une surface supplémentaire pour les stocks de composants, la mise en place d'un système de convoyage, des opérateurs plus nombreux... On passait, en effet, de « *quasiment rien à presque tout* » (expression reprise à un ingénieur de Cab). Au niveau des achats, même si G.T.E impose encore une partie des fournisseurs de rang n, cela tend aujourd'hui à se relâcher (pour les vitres et les faisceaux électriques par exemple) : Cab devient ainsi chef d'orchestre de son propre réseau de sous-traitance. Ceci a entraîné un renforcement du service achat et du management. Comme certains composants étaient totalement nouveaux pour le service achat (cas par exemple de la colonne de direction), il a fallu embaucher des acheteurs plus spécialisés. La logistique aval s'est également transformée sous l'impulsion du concept « prêt à monter en bout de ligne ». Grâce à un accès au système MRP de G.T.E, Cab et son donneur d'ordres ont développé une véritable synchronisation des flux physiques et informationnels.

Sur le plan de la conception, le département d'ingénierie a été bouleversé. Pour suivre les spécifications de G.T.E, acheter les bons composants et les intégrer, Cab a

développé de véritables compétences technologiques nouvelles grâce à des embauches de spécialistes, mais aussi à travers l'accompagnement permanent des membres de G.T.E. Enfin, Cab a mis en place un partenariat avec le plasturgiste pour développer ses compétences en la matière, beaucoup d'éléments de la cabine sont, en effet, en plastique – toit, tableau de bord...

Dans les premiers temps de ce processus, il y a eu un accompagnement significatif de la part de G.T.E par l'intermédiaire de réunions, de déplacements d'ingénieurs... C'est, en effet, un vaste éventail de compétences organisationnelles qu'il fallait construire. Aujourd'hui, c'est une véritable connaissance dans l'architecture de la cabine qui émerge chez Cab. Les problématiques abordées, grâce à ces nouveaux savoirs, restent encore cantonnées au *reengineering*, à des propositions d'optimisation ou de rationalisation de l'intégration des composants. L'apprentissage qui se produit reste néanmoins intéressant : des projets de recherches communs voient le jour entre G.T.E et Cab, signe que la relation a changé et qu'elle est moins dissymétrique. Autre signe annonciateur d'une nouvelle ère plus partenariale : Cab est autorisé à rentrer ses plans dans les bases de données de G.T.E.

2. Dynamique sectorielle modulaire dans l'industrie automobile

La stratégie modulaire est appréhendée comme un processus participant pleinement à structurer les mutations contemporaines des organisations dans les secteurs de PSCo. Elle représente la dimension industrielle d'un changement aux multiples facettes, à la fois financières, organisationnelles, liées aux évolutions contemporaines des marchés de capitaux, des conditions économiques internationales... Autrement dit, le processus de modularisation ne doit pas être envisagé comme la cause unique et mécanique des mutations organisationnelles dont nous allons maintenant faire état, mais comme un élément contribuant à leur donner cohérence.

Certains fournisseurs acquièrent une nouvelle dimension, une importance considérable, suite aux processus d'apprentissages liés à la modularisation. La croissance des fournisseurs en termes de taille, d'assise financière, de compétences et de technologies, se situe au cœur d'un double questionnement lié aux transformations

industrielles :

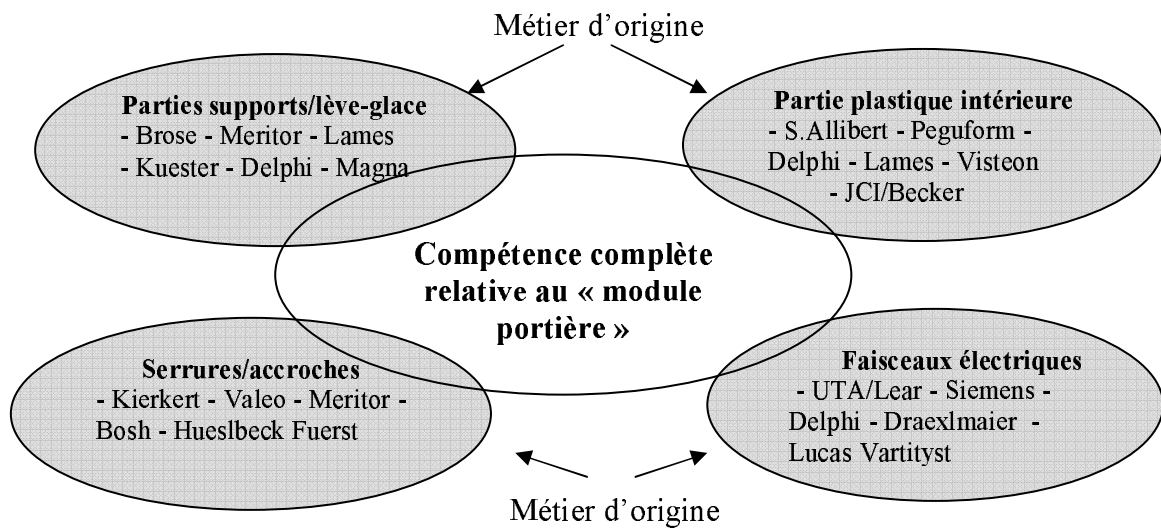
- La croissance de ces fournisseurs interroge la répartition des compétences et des activités entre les sous-traitants. Les évolutions liées à la modularisation sont ainsi au cœur d'une recomposition qui touche l'ensemble des acteurs de l'architecture organisationnelle (2.1).

- Dans une dimension verticale, l'interrogation porte sur la répartition des compétences et des activités entre le constructeur et les fournisseurs majeurs. Les évolutions liées à la modularisation nous semblent particulièrement structurantes au regard des tendances récentes qui font des fournisseurs majeurs de nouveaux « pivots » des organisations verticales [Mazaud, 2006] (2.2).

2.1 Redistribution des compétences et des activités entre les fournisseurs

Comme l'expliquent MacDuffie et Helper dans le cas de l'industrie automobile : « Malgré une foule de problèmes, l'introduction du concept de module est d'une importance considérable pour les constructeurs et les fournisseurs. Il les amène à considérer de plus gros ensembles comme les unités élémentaires du *design*. Ce concept offre aussi une logique économique aux changements... notamment la formation, par fusions et acquisitions, de « méga-fournisseurs » [2006, p.427]. Ces auteurs font état de la croissance de la taille des équipementiers dans le secteur automobile. Ils indiquent notamment que le nombre de fournisseurs ayant un chiffre d'affaires supérieur à dix milliards de dollars a plus que triplé entre 1992 et 2004. De la même manière, ils précisent que le nombre d'équipementiers dont les ventes sont comprises entre deux et cinq milliards a presque quadruplé au cours de cette période [ibid, p.425]. La logique de croissance des équipementiers est celle du développement d'une compétence relative à un module complet. La figure 10 prend l'exemple du « module portière » dans l'automobile.

Figure 10 : acquérir la compétence sur le module portière [Warburton et Sako, 1999, p. 46]



La modularisation pose donc la question de « l'étendue horizontale » des activités effectuées par le fournisseur. Le développement d'une offre de modules dans une industrie se traduit par une réorganisation globale de l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur. La manière dont les fournisseurs acquièrent les compétences nécessaires à la conception et à la production de modules contribue à définir les conséquences globales de la modularisation en termes de recomposition du paysage industriel. Dans le secteur automobile, les « méga-fournisseurs » ont émergé de la modularisation suite à une vague de fusions et d'acquisitions [Warburton et Sako, 1999, p. 25]. Ces auteurs montrent comment les nouvelles complémentarités technologiques modulaires ont guidé les mouvements de concentration. Mais les fusions et acquisitions ne sont pas le seul moyen d'acquérir des compétences modulaires. On constate une multiplication d'accords technologiques entre fournisseurs, le développement de nombreuses *joint ventures*...

Au total, la modularisation et le processus de segmentation de la chaîne d'offre qu'elle implique, se traduisent par une compétition toujours plus féroce entre les fournisseurs. Ceux qui parviennent à acquérir des compétences sur les modules joueront un grand rôle dans l'avenir du secteur [Chew, 1999, 2002, 2003, 2005 ; Wilson, 2001]. Pour finir, il faut noter que si ces tendances sont généralisées dans le secteur automobile, elles sont « ressenties » de manière plus isolée dans les secteurs des autres PSCo. Elles relèvent cependant bien d'une logique commune liée à la

modularisation.

2.2 Mutation de la fonction de fournisseur et dynamique des relations durables

La nouvelle dimension acquise par certains fournisseurs leur permet de jouer un nouveau rôle au sein de l'architecture organisationnelle verticale. Celui-ci se caractérise par une extension de leurs responsabilités en termes de fonctions (assemblage, logistique et parfois *design*) et de périmètre structurel du produit.

2.2.1 De fournisseur « captif » à fournisseur « partenarial »

La typologie proposée par Gereffi et *al.* [2005] permet d'appréhender l'effet organisationnel de la modularisation dans le cas des PSCo. Plus précisément, cette stratégie induit une dé-intégration verticale assurant la transition d'un modèle de fournisseur « captif » à un modèle de fournisseur « partenarial ».

(i) Le modèle « captif » est caractérisé par la présence de « petits fournisseurs » dont les compétences sont peu développées. Ils sont, de plus, très dépendants de leur donneur d'ordres principal en termes de chiffre d'affaires et sont principalement en charge de la production de composants. Le « pivot » intervient de façon significative dans l'élaboration des processus de son fournisseur. Généralement, il est très coûteux pour la firme « tête de réseau » de changer de fournisseur en raison des investissements réalisés chez ce dernier. Ce type de relations existe dans de nombreux cas de PSCo (G.T.E et Cab par exemple) avant la mise en place d'une stratégie de modularisation.

(ii) Le modèle « partenarial » suggère une hausse importante de la dépendance mutuelle entre le client et le fournisseur, non seulement en raison de la présence d'actifs très spécifiques, mais aussi à cause de la spécialisation du contractant qui prend part aux activités de conception. Dans le cas de la modularisation, le fondement de la relation partenariale est double :

- A terme, le fournisseur développe une réelle expertise de l'intégration technologique du sous-système dont il a la charge. Les modules deviennent alors des

entités complexes, innovantes et différenciées, spécifiquement développées pour optimiser la configuration des composants en termes d'encombrement, de poids, de fonctions, de coûts... Dans le cas de Hyundai, Chung remarque que « le module cockpit nouvellement développé est beaucoup plus que l'ancien concept de sous-assemblage. Le module cockpit innove dans la manière d'assembler et d'intégrer toutes les pièces du système » [2002, p. 7]⁷.

- La relation partenariale est également structurée par la co-spécificité de la compétence synchrone nécessaire au fonctionnement du système modulaire. Celle-ci résulte d'une compréhension des critères et des méthodes du partenaire et permet un lissage efficace des variations de production. Elle s'appuie sur la mise en place de système d'informations et de gestion partagés. Dit autrement, il s'agit d'une compétences relationnelle [Asanuma, 1989], signifiant qu'elle ne peut être que partiellement redéployée par les acteurs dans le cadre d'autres contrats. Elle participe ainsi pleinement d'un engagement croissant des partenaires et d'une quasi-irréversibilité de la relation.

La dynamique d'apprentissage que nous avons identifiée concerne une situation initiale dans laquelle le fournisseur est « captif ». Qu'en est-il lorsque le processus de modularisation est initié dans une relation partenariale ? Y-a-t-il une évolution vers un modèle « *black box* » où le DO n'a plus de connaissances approfondies relatives au module ? L'état actuel de nos observations ne permet ni de l'affirmer ni de l'infirmer. Kechidi [2006] et Mazaud [2006] ont travaillé sur la modularisation chez Airfirm. Ces auteurs ont notamment identifié les implications de la mise en place de principes modulaires d'Airfirm sur de grands équipementiers. L'étude de Kechidi, portant sur de grands groupes internationaux comme Thales ou BF Goodrich, semble indiquer que la modularité permet d'asseoir l'autonomie technologique de l'équipementier et de favoriser le développement d'un rôle étendu de « pivot intermédiaire » au sein de l'architecture organisationnelle.

⁷ Valéo procure un autre exemple d'activités d'intégration du module. Interrogé dans *Automotive News*, le vice-président chargé des affaires internationales note : « L'avantage de concevoir l'avant du véhicule comme un tout est d'en réduire le poids, d'en faciliter l'assemblage, le désassemblage et finalement d'en réduire le coût de plus de 30%... Valéo songe à la construction du module et souhaite proposer des concepts radicalement innovants » [Chew, 1998].

2.2.2 Un nouveau rôle pour les fournisseurs majeurs

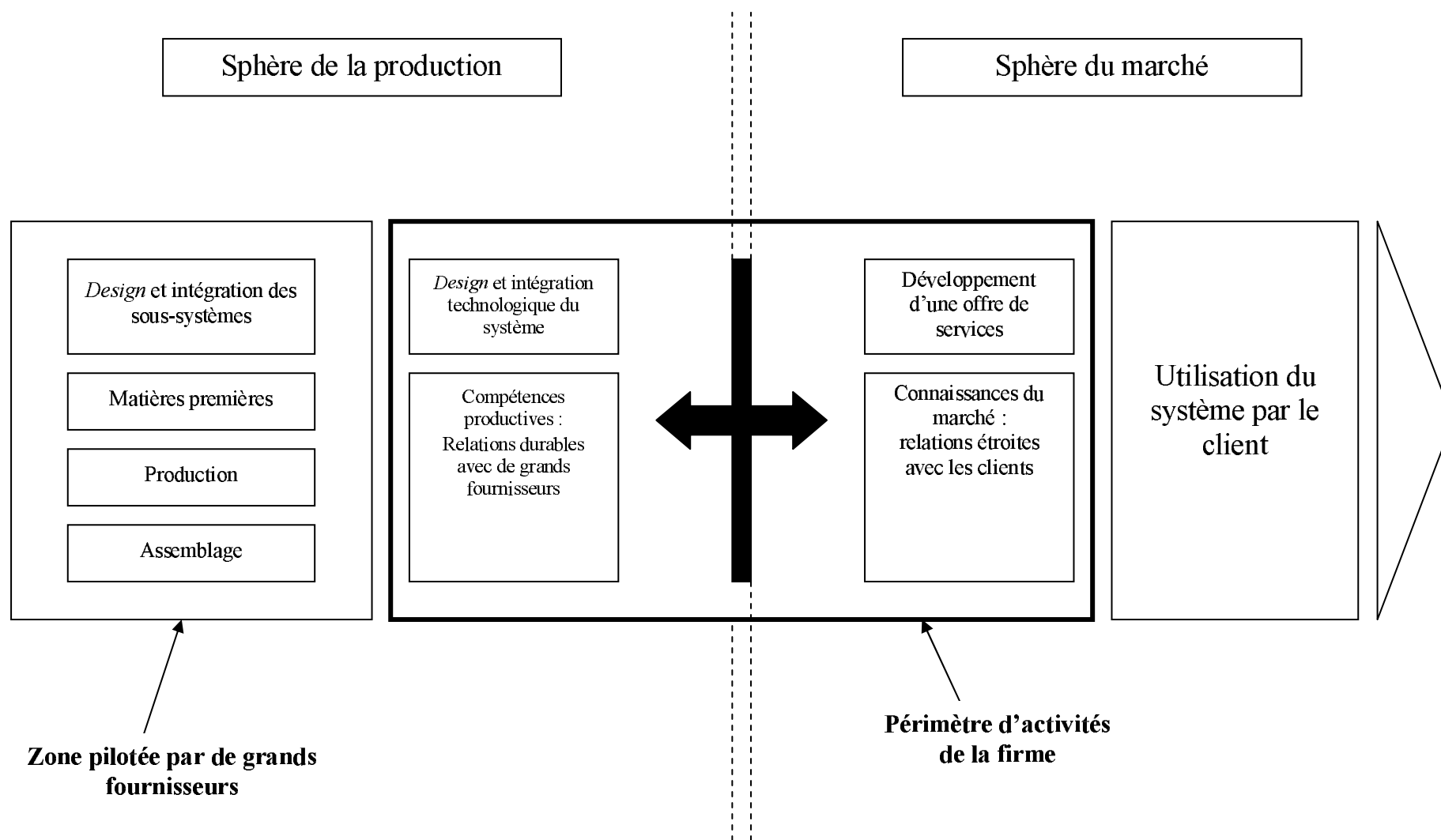
Dans une logique de croissance, l'attitude du fournisseur consiste à tenter d'étendre son rôle au-delà des fonctions qui lui sont traditionnellement confiées. Il s'agit alors de déterminer les gisements potentiels de valeur. Faut-il déléguer plus pour se concentrer sur un rôle d'intermédiation et de conception en se « débarrassant » d'un rôle logistique, prépondérant jusqu'alors ? Le système de production modulaire s'appuie sur l'existence de grands fournisseurs, compétents et solides financièrement. Les nouvelles architectures industrielles verticalisées font, de fait, émerger un nouvel acteur coordinateur central : « le fournisseur de premier rang ». L'entreprise pivot semble, en effet, s'être progressivement dessaisie d'une partie de sa fonction de coordination, en confiant à ce nouvel acteur, un éventail élargi d'activités (conception, production, financement). Le rôle de sous-traitant, traditionnellement attribué à ces acteurs de premier niveau, tend à évoluer vers une fonction d'intermédiation entre la tête de réseau et une architecture organisationnelle toujours plus étendue et complexe [Mazaud, 2006]. Ce nouvel acteur maîtrise la conception, le financement et le développement d'un sous-système à forte valeur ajoutée, mieux que ne pourrait le faire l'intégrateur. Il forme le nouveau nœud d'un réseau relationnel au sein duquel il sélectionne lui-même ses sous-traitants. En aval, il interagit avec l'intégrateur afin de co-spécifier certaines interfaces ainsi que le cahier des charges. En amont, il interagit avec ses propres fournisseurs de composants stratégiques, nécessaires au pouvoir de différenciation du sous-système dont il a la charge. Compte tenu de l'ensemble de ces éléments, Mazaud définit cette nouvelle entité comme un « partenaire stratégique qui, d'une part, co-conçoit en toute intelligence avec l'intégrateur le sous-système dont elle a la charge, en co-spécifiant les interfaces requises, et d'autre part développe une compétence stratégique et combinatoire, dans le cadre d'un réseau hiérarchisé » [ibid : 52].

Conclusion : les firmes pivots glissent-elles vers l'aval ?

Le système modulaire s'appuie, à terme, sur des architectures industrielles caractérisées par la présence de fournisseurs « ultra-compétents », spécialisés dans des domaines de connaissances élargis, avec qui il est important de maintenir des relations étroites. Cette stratégie participe donc pleinement de la dynamique partenariale qui s'impose dans le cas de PSCo.

Il reste qu'avec la modularisation, les « pivots » tendent à se départir d'activités technologiques architecturales intermédiaires ainsi que d'une partie du rôle de coordination. Pour Davies [2004], ce mouvement de dé-intégration a pour contrepartie une focalisation sur des activités situées plus en aval de la chaîne de valeur. Ce glissement vers l'aval témoigne d'un effort consenti par les grandes entreprises pour accumuler des connaissances dans un domaine où elles en sont traditionnellement largement dépourvues, afin d'asseoir leur positionnement à l'interface de la sphère marchande et de la sphère productive (figure 11). Dans les secteurs de PSCo, la vente d'un produit peut s'accompagner de toute une série de services et d'activités liées à la satisfaction du client. Développer une offre de services suppose toutefois une parfaite connaissance du marché. « Engagée dans un étroit dialogue avec son client, la firme doit identifier les besoins liés au métier de ses clients et développer de nouvelles compétences afin de proposer des produits et des services individualisés... l'entreprise relève ce challenge en collaborant avec ses clients... » [Davies, 2004, p.733]. La « grande firme » met en place des services destinés à accompagner le client tout au long du cycle de vie du système. Ces services sont très variés : après-vente, maintenance, mais aussi formation à l'utilisation, services financiers, assuranciers, *consulting*... Airfirm, par exemple, prévoit un service de formation des pilotes à ses nouveaux engins.

Figure 11 : nouveau périmètre d'activités des « grandes firmes » dans les secteurs de PSCo



BIBLIOGRAPHIE

ASANUMA B. (1989), « Manufacturer – supplier in Japan and the concept of relation-specific skill », *Journal of Japanese and International Economies*, vol. 3 (1), pp1-30.

BALDWIN C.Y. et CLARK K.B. (2000), *Design rules: The power of modularity*, MIT Press, Cambridge, MA.

CATEL F. (2007), « Modularité et organisation industrielle: vers un isomorphisme entre produits et organisations ? », *Economie Appliquée*, vol. LX, n°2, pp183-207.

CHEW E. (1998), « Valeo sees increases in modular assembly », *Automotive News*, vol. 73(6792), pp1-5.

CHEW E. (1999), « Mannesmann VDO sees strong growth in cockpit modules », *Automotive News*, vol. 74(5842), p32.

CHEW E. (2002), « Bosch sees growth of modules », *Automotive News Europe*, vol. 7(9), p19.

CHEW E. (2003), « Faurecia sees strong growth from modules », *Automotive News Europe*, vol. 8(21), p16.

CHEW E. (2005), « HBPO sees big growth in front-end modules », *Automotive News Europe*, vol. 10(8), p6.

CHUNG M.K. (2002), « The way of modularization strategy by Hyundai », *Dixième rencontre internationale du GERPISA*, 6-8 juin, Paris, France.

DAVIES A. (2004), « Moving base into high value integrated solutions: A value stream approach », *Industrial and Corporate Change*, vol.13, n° 5, pp727-756.

DYER J.H., CHO D.S. et CHU W. (1998), « Strategic supplier segmentation: the next best practice in supply chain management », *California Management Review*, vol. 40(2), pp57-77.

FOURCADE F. et MIDLER C. (2003), «La modularisation automobile: enjeux et conditions de mise en œuvre pour les équipementiers de premier rang », *Onzième rencontre internationale du GERPISA*, 11-13 juin, Paris, France.

FREDRIKSSON P. (2002), « Modular assembly in the car industry – an analysis of organization form's influence on performance », *European Journal of Purchasing and Supply Management*, n°8, pp221-233.

- FREDRIKSSON P. (2006), « Operations and logistics issues in modular assembly processes : cases from the automotive sector », *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 17(2), pp168-186.
- FREDRIKSSON P. (2006a), « Mechanisms and rationales for the coordination of a modular assembly system : the case of Volvo cars », *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 26(4), pp350-370.
- FRIGANT V. (2005), « Vanishing hand versus systems integrators : une revue de la littérature sur l'impact organisationnel de la modularité », *Revue d'économie industrielle*, n° 109, pp29-52.
- GEREFFI G., HUMPHREY J. et STURGEON T. (2005), « The governance of global value chains », *Review of international Political Economy*, vol. 12(1), pp78-104.
- HOBDAY M. (1998), « Product complexity, innovation and industrial organization », *Research Policy*, 26, pp689-710.
- KECHIDI M. (2006), « Dynamique des relations verticales dans l'industrie aéronautique: une analyse de la sous-traitance d'Airbus », *Cahiers du GRES*, n°10, Université de Montesquieu-Bordeaux 4.
- KOCHY F.B. (2006), « Opel's modular assembly techniques », *SAE technical paper series*.
- KINUTANI H. (1997), « Modular Assembly in Mixed-Model Production at Mazda », in SHIMOKAWA K., JUERGENS U. et FUJIMOTO, T. (eds), *Transforming Automobile Assembly* Springer, Berlin, pp94-108.
- LAM A. (2004), « Organizational Innovation », in FAGERBERG J., MOWERY D.C. et NELSON R. (eds), *Oxford handbook of innovation*, Oxford University Press, pp115-147.
- MACDUFFIE J.P. et HELPER S. (2006), « Collaboration in supply chains, with and without trust », *The Corporation as a Collaborative Community*, in ADLER P. et HECSHER C. (eds), Oxford University Press, pp355-416.
- MAZAUD F. (2006), « De la firme sous-traitante de premier rang à la firme pivot : une mutation de l'organisation du système productif Airbus », *Revue d'Economie Industrielle*, vol. 113(1) pp 45-60.
- PERSSON M. et AHLSTROM P. (2005), « Managerial issues in modularizing complex products » *Technovation*, vol. 26(11), pp1201-1209.

PIRES S.R.I. (1998), « Managerial implications of the modular consortium model in a Brazilian automotive plant », *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 18 (3), pp221-32.

ULRICH K.T. (1995), « The role of product architecture in the manufacturing firm », *Research Policy*, vol. 24(3), pp419-440.

ULRICH K.T. et EPPINGER S.D. (2004), *Product Design and Development*, 3^{ème} édition, McGraw Hill.

VAN HOEK R.I. et WEKEN H.A.M. (1998), « The impact of modular production on the dynamics of supply chains », *The International Journal of Logistics Management*, vol. 9(2), pp35-50.

WARBURTON M. et SAKO M. (1999), « Report on the modularization and outsourcing project », *Conférence IMVP*, 6-7 octobre, Boston, MA.

WILHELM B. (1997), « Platform and modular concepts at Volkswagen: their effects on the assembly process », in SHIMOKAWA K., JUERGENS U., et FUJIMOTO T. (eds), *Transforming Automobile Assembly*, Springer, Berlin, pp146-156.

WILSON A. (2001), « Demand grows for corner modules », *Automotive News*, vol. 75(5931), p6.

ZAGNOLI P. et PAGANO A. (2001), « Modularization, knowledge management and supply chain relations : the trajectory of a European commercial vehicle assembler », *Actes du GERPISA*, n°32, pp45-64.