

« Briser le miroir » pour capter la valeur d'un écosystème en reconfiguration : une étude détaillée de la stratégie logicielle de Renault.

Azoulay, Alexandre

Université Côte d'Azur, CNRS, GREDEG UMR7321 France

alexandre.azoulay@univ-cotedazur.fr

Résumé :

L'équilibrage des mécanismes de création collective et de capture individuelle de valeur est un enjeu crucial au sein des écosystèmes d'affaires et résulte, selon l'approche structuraliste des écosystèmes (Adner, 2017), de la répartition des activités entre leurs membres. Or, les théories de la modularité soulignent, à travers « l'hypothèse du miroir » que l'architecture d'une innovation détermine la répartition des activités entre ces acteurs et que la modularisation de l'architecture permet d'optimiser leur coordination et leurs processus d'innovation, autrement dit leurs mécanismes collectifs de création de valeur. Toutefois, un écosystème d'affaires peut être contraint de se reconfigurer pour faire face à l'évolution des conditions de création et de capture de valeur. Comment évolue la symétrie entre architecture produit et structure d'alignement face aux nouveaux défis de création et de capture de valeur portés par la reconfiguration d'un écosystème ? Tel est le questionnement qu'adresse cette contribution à travers une étude de cas détaillée de la stratégie de Renault dans le domaine des logiciels automobiles embarqués. Sur la base d'un important panel de données collectées au sein de Renault, cette contribution relève que face aux nouveaux défis portés par la reconfiguration de son écosystème Renault s'efforce de briser la symétrie entre architecture et organisation afin d'internaliser de nouveaux mécanismes de capture de valeur. Nous concluons donc que cette symétrie repose sur un arbitrage entre optimisation de la coordination des acteurs et internalisation d'opportunités de capture de valeur.

Mots-clés :

Ecosystèmes d'affaires ; Reconfiguration ; Architecture ; Modularité ; Capture de valeur.

« Briser le miroir » pour capter la valeur d'un écosystème en reconfiguration : une étude détaillée de la stratégie logicielle de Renault.

INTRODUCTION

Dès sa première formulation par Moore (1993), la notion d'écosystème d'affaires porte l'ambition de constituer une unité d'analyse nouvelle pour comprendre les facteurs influençant la stratégie des entreprises dans des contextes hautement innovants. Un écosystème d'affaires dépasse les frontières d'une industrie donnée et peut être compris comme un groupement d'acteurs hétérogènes devant collaborer du fait de leurs complémentarités. Ces acteurs doivent faire face à deux enjeux principaux, souvent contradictoires : d'une part, un enjeu collectif d'optimisation des processus de création de valeur au niveau de l'écosystème et, d'autre part, un enjeu individuel de maximisation de la valeur capturée au niveau de chaque acteur. A travers son approche structuraliste, Adner (2017) propose d'envisager l'articulation de ces deux enjeux à travers l'analyse de la répartition des activités entre ces acteurs, qui constitue leur « structure d'alignement » et détermine leurs interdépendances.

Or, en management, les théories de la modularité soulignent, à travers « l'hypothèse du miroir », qu'il existe une symétrie forte entre la structure des activités de développement d'une innovation et l'architecture de celle-ci (Baldwin et Clark, 2000), définie comme sa structure interne et caractérisée par ses différents composants, leurs interactions et leurs interfaces. Cette symétrie permettrait aux acteurs de l'innovation d'améliorer leurs interactions, en réduisant leurs besoins et coûts de coordination, mais également d'accélérer l'innovation, en supportant une forte spécialisation de ces acteurs (Hao et al., 2017). Cette hypothèse est ainsi fréquemment invoquée pour expliquer comment les acteurs d'un écosystème parviennent à se coordonner de manière multilatérale et à optimiser leurs processus collectifs de création de valeur (Moore, 2006 ; Jacobides et al., 2018). Elle demeure toutefois muette en ce qui concerne l'impact de la symétrie entre organisation et architecture sur leur capacité de capture individuelle de la valeur.

Pourtant, cette problématique est d'autant plus critique que les écosystèmes d'affaires sont reconnus comme des groupes dynamiques et qui peuvent être contraint de se reconfigurer pour faire face à des chocs externes affectant la capacité de leurs membres à capturer la valeur de l'innovation (Adner, 2012 ; Teece, 2007, 2018). Comment évolue la symétrie entre archi-

teiture produit et structure d'alignement face aux nouveaux défis de création et de capture de valeur portés par la reconfiguration d'un écosystème ? Tel est le questionnement qu'adresse cette contribution à travers une étude de cas approfondie de la stratégie développée par Renault dans le domaine de l'électronique automobile, marqué par l'émergence rapide des véhicules connectés, autonomes, partagés et électriques.

1. REVUE DE LITTÉRATURE

1.1. LES ECOSYSTEMES D'AFFAIRES

L'enjeu concernant l'articulation des mécanismes de création et de capture de valeur anime la littérature sur les écosystèmes d'affaires depuis la première formulation du concept par Moore en 1993. A travers la formalisation de son approche « structuraliste » des écosystèmes, Adner (2017) propose une grille de lecture pour appréhender cet enjeu, centrée sur l'étude de la répartition des activités entre acteurs de l'écosystème.

1.1.1. L'alignement comme support de la coordination écosystémique.

Le principal constat supportant le développement de cette approche est qu'un innovateur peut rarement délivrer l'entière valeur de ses innovations seul (Teece, 1986 ; Chesbrough, 2006 ; Adner, 2012 ; Teece, 2018). De fait, pour être valorisée sur un marché une innovation dépend généralement d'actifs (Teece, 1986 ; Jacobides et al., 2006), de connaissances (Chesbrough, 2006 ; Clarysse et al., 2014) et/ou d'offres et innovations (Adner, 2012) complémentaires produits par d'autres acteurs spécialisés et souvent issus de secteurs différents (Moore, 2007). Dès lors l'innovateur et ces acteurs, généralement nommés « complémentateurs » (Adner et Kapoor, 2010 ; Kapoor, 2013), se trouvent fortement interdépendants lorsqu'il s'agit de faire se matérialiser une proposition de valeur autour de l'innovation. Par ailleurs Adner (2017) mais également Jacobides et al. (2018) insistent sur le fait que ces interdépendances sont multilatérales, autrement dit, elles ne peuvent pas être décomposées en un ensemble d'interdépendances bilatérales : chacun dépend de tous et inversement.

Ainsi, dans son approche structuraliste, Adner (2017) propose d'appréhender l'organisation d'un écosystème à travers la notion de « structure d'alignement », qu'il pose comme point focal praticable pour l'étude des écosystèmes et qu'il définit comme « la mesure dans laquelle il y a accord mutuel entre les membres concernant [leur] position et leurs flux [au sein de l'écosystème] » (Adner, 2017, p.42). Une structure d'alignement peut être décrite au travers de 4 éléments constitutifs : 1) Les activités nécessaires à la matérialisation d'une proposition de

valeur ; 2) Les acteurs prenant en charge ces activités ; 3) Les flux entre ces activités ; et 4) La position des acteurs, déterminée par les activités qu'ils endossent respectivement.

Il s'agit alors, en jouant sur la répartition des activités au sein de la structure d'alignement de modeler les interdépendances entre ces acteurs de manière à pouvoir coordonner l'ensemble de leurs contributions de manière multilatérale en assurant la continuité de leurs activités. Les écosystèmes d'affaires peuvent ainsi être considérés comme des « arrangements de créations de valeur interdépendantes » (Adner, 2017, p.56), qui ne sont pas seulement mises bout à bout mais reposent sur un effort collectif et délibéré de coordination et d'alignement. Leur structuration relève donc d'une logique de création collective de valeur que Edouard et Gratacap (2010) caractérisent comme l'édification d'un « modèle économique communautaire ».

1.1.2. Les structures d'alignement comme équilibre entre création et capture de valeur.

Toutefois, au-delà de cette dimension collective des écosystèmes, de nombreux auteurs soulignent également l'importance de considérer les ambitions individuelles des acteurs, notamment en ce qui concerne leur capacité à capter la valeur créée collectivement (Brandenburger et Nalebuff, 1995 ; Moore, 1996 ; Adner, 2017). En management de l'innovation, l'idée de capture de la valeur fait référence à la part des profits générés par une innovation qu'une entreprise est capable de s'accaparer et répond généralement de logiques d'exclusion, de protection des innovations, ou de contrôle de ressources clés (Teece, 1986 ; Ritala et al., 2013). Ces logiques diffèrent donc radicalement de celles de collaboration et de coordination, basées sur le partage de certains actifs tangibles (Iansiti et Levien, 2004) ou intangibles (Chesbrough, 2006 ; Dhanaraj et Parkhe, 2006 ; Clarysse et al., 2014).

Pourtant la cohabitation de ces deux logiques est inévitable et doit résulter d'un arbitrage complexe entre la maximisation de la valeur créée au niveau collectif et la maximisation de la valeur captée au niveau individuel (Brandenburger et Nalebuff, 1996). Dans certains cas il peut être plus intéressant de capter une part plus petite d'une valeur totale plus importante plutôt que de chercher à maximiser à tous prix sa propre part de valeur capturée. Cet arbitrage apparaît d'ailleurs d'autant plus critique qu'un acteur ne cherchant qu'à maximiser la valeur qu'il capture peut mettre en péril la survie d'autres acteurs et ainsi brider ou même faire échouer le processus collectif de création de valeur (Pierce, 2009 ; Malherbe, 2017). L'atteinte d'un bon équilibre entre création collective et captation individuelle de la valeur apparaît donc comme l'un des principaux enjeux de l'alignement.

Si divers apports soulignent que cet équilibre repose en grande partie sur des arrangements contractuels et sur la bonne délimitation des droits de propriété intellectuels (Teece, 1986 ; Ritala, 2013 ; Attour et Ayerbe, 2015 ; Azzam et al, 2017), Adner (2017), quant à lui insiste davantage sur la notion de « position » des acteurs comme déterminant de leur capacité à capter la valeur créée. Autrement dit, leurs opportunités de capture de valeur seraient déterminées par la nature des activités qu'ils endossent ainsi que par la structure de leurs interdépendances vis-à-vis des autres membres de l'écosystème (Jacobides et al., 2006, 2018 ; Hannah et Eisenhardt, 2018). Or, dans la littérature sur les écosystèmes, l'architecture d'un produit est régulièrement pointée comme un facteur déterminant la structure de ces interdépendances ainsi que la capacité de ces acteurs à se répartir les différentes activités de développement et de production tout en optimisant leurs mécanismes de coordination (Moore, 2006 ; Jacobides et al., 2018). Il convient donc désormais de nous intéresser au rôle des architectures produits dans l'alignement des acteurs d'un écosystème.

1.2. ROLES DES ARCHITECTURES PRODUIT DANS L'ALIGNEMENT

Ulrich (1995) définit l'architecture d'un produit comme « le schéma selon lequel la fonction du produit est associée à ses composants physiques » (Ulrich, 1995, p.420). Elle détermine donc la structure interne d'un produit et peut généralement être décrite à travers trois éléments principaux : 1) ses différents composants et leurs fonctions ; 2) les interfaces entre chacun des composants ; et 3) les flux entre chacun de ces composants (Ethiraj et Posen, 2014 ; Baldwin 2015). Pour un produit donné d'innombrables architectures peuvent être envisagées (Ulrich, 1995) qui peuvent chacune porter des implications différentes sur l'organisation des activités d'innovation selon un principe appelé « hypothèse du miroir » dans la littérature en management (Colfer et Baldwin, 2016) et qu'il convient maintenant de détailler.

1.2.1. L'hypothèse du reflet et modularité.

L'hypothèse du miroir s'est construite sur la base de travaux menés en théories des organisations (Baldwin et Clark, 2000), en théories de la conception (Ulrich, 1995) mais également en ingénierie informatique (Conway, 1968), et qui s'accordent pour conclure qu'il existe une symétrie entre l'architecture d'un produit et l'organisation des acteurs qui le développent.

Selon ces travaux, l'architecture d'un produit constitue une structure informationnelle qui influence l'organisation des entreprises (Sanchez et Mahoney, 1996). Elle détermine les frontières des groupes de travail, qui ont tendance à se calquer sur les frontières des composants,

la nature et l'intensité des échanges entre ces groupes, en fonction des interfaces entre composants, mais également les filtres cognitifs de ces groupes, leur permettant de juger de l'importance ou non d'une information en fonction des interdépendances entre composants (Henderson et Clark, 1990). La principale vertu d'une telle symétrie réside dans le fait d'optimiser les interactions entre équipes en minimisant l'intensité et la complexité de leurs transferts.

A cet égard, la modularisation de l'architecture peut apparaître comme une stratégie de conception idéale (Baldwin et Clark, 2000). Concevoir une architecture modulaire consiste dans le fait de réunir les composants fortement interdépendants au sein de sous-systèmes appelés modules (Ulrich, 1995). Cette manœuvre vise à minimiser les interdépendances entre modules et à les maîtriser à travers la standardisation de leurs interfaces (Ethiraj et Posen, 2014). Dès lors qu'elles sont standardisées, ces interfaces embarquent des « règles de conception » qui régissent les flux entre modules, et assurent leur compatibilité (Baldwin et Clark, 2000). Elles permettent ainsi de créer des zones au sein de la structure informationnelle où les besoins d'échanges entre équipes sont moindres et clairement identifiés (Baldwin, 2007). Ainsi, ces règles de conception, communiquées à l'ensemble des groupes de travail, constituent des routines d'interactions assurant leur bonne coordination sur une base implicite (Hao et al., 2017). Enfin, ces interfaces, définies dès la phase de conception architecturale du produit, permettent un développement simultané et parallèle de chaque module dès lors qu'elles restent stables et que les groupes de travail s'y conforment (Sanchez et Mahoney, 1996).

Les travaux supportant cette hypothèse concluent donc généralement que la symétrie entre une architecture modulaire et la structure d'une organisation permet d'optimiser la coordination des activités d'innovation (Sanchez et Mahoney, 1996 ; Baldwin et Clark, 2000), notamment dans un contexte d'innovation inter-organisationnelle, comme nous le développons dans ce qui suit.

1.2.2. Les vertus inter-organisationnelles de la modularité.

En premier lieu, cette symétrie permet de réduire les coûts liés à la coordination des différents acteurs impliqués dans le processus d'innovation (Baldwin et Clark, 2000) en réduisant leurs besoins de coordination explicite (Hao et al., 2017). Baldwin (2007) explique notamment ce phénomène par le fait qu'aux frontières des modules, « les coûts banaux » - liés aux transferts d'informations nécessaires pour définir, compter et compenser l'objet d'une transaction – sont minimales du fait des interfaces standardisées des modules, qui réduisent les besoins de trans-

fert d'information. La modularité permet ainsi l'apparition de marchés intermédiaires, aux frontières des modules, où les coûts de transactions sont moindres (Baldwin, 2007 ; Langlois, 2006). Langlois (2002, 2003) souligne ainsi, à travers l'idée d'une « main évanescence » que la modularisation permet la constitution de vastes réseaux d'innovations supportés par des coûts de coordinations minimales.

L'architecture modulaire propose ainsi un schéma spécifique de division du travail entre les acteurs, qui les pousse à se spécialiser sur le développement de modules et à concourir sur ces marchés intermédiaires (Jacobides et al., 2006). Dès lors qu'ils s'y conforment ces acteurs se trouvent « lâchement couplés » (Orton et Weick, 1990), ce qui leur permet de se concentrer sur le développement de leur propre trajectoire d'innovation tout en s'assurant de la cohérence de leurs activités vis-à-vis des objectifs collectifs, via leur respect des règles de conceptions (Moore, 2006 ; Brusoni et Prencipe, 2013). Ce couplage lâche permet ainsi le développement d'un modèle d'innovation « combinatoire » - basé sur l'assemblage, a posteriori, de modules développés indépendamment par des acteurs spécialisés, selon une méthode de « mixing & matching » - et supporte une accélération des dynamiques d'apprentissage (Sanchez et Mahoney, 1996), l'amélioration rapide de la performance des modules (Moore, 2007 ; Brusoni et Prencipe, 2007; Ethiraj et Posen, 2014) et, par conséquent, une accélération de l'innovation (Chesbrough et Prencipe, 2008). D'autre part, il améliore également la gestion collective des problèmes complexes, en permettant l'exploration rapide de diverses solutions (Brusoni et Prencipe, 2013) et permet une meilleure persistance, adaptabilité et performance du réseau d'acteurs (Orton et Weick, 1990). Ce modèle d'innovation modulaire a notamment joué un rôle crucial dans l'expansion rapide de l'industrie informatique (Baldwin et Clark, 2000).

Certains auteurs soulignent toutefois que les différentes technologies cohabitant dans un produit peuvent avoir des rythmes de développement différents et que leurs interdépendances sont difficilement prévisibles (Brusoni et al., 2001). Il est donc difficile de prévoir des interfaces qui anticipent l'ensemble de ces interdépendances. Pour compenser ces difficultés, un acteur peut se positionner comme « intégrateur de système » en se spécialisant sur les activités de gestion des problèmes liés à ces interdépendances lors de l'intégration des modules (Brusoni et Prencipe, 2001). Dans ce cas, l'organisation des acteurs reflète d'avantage les différents niveaux de l'architecture plutôt que les frontières des modules : l'intégrateur se spécialise sur les activités d'intégration du système, ses fournisseurs sur l'intégration des modules et leurs fournisseurs sur le développement des composants (Frigeant et Jullien, 2014). Ce type de symétrie est généralement observé dans le cas du développement de produits complexes,

multi-technologiques, comme dans le secteur automobile (MacDuffie, 2013 ; Jacobides et al., 2016) ou le secteur aéronautique (Brusoni et al., 2001 ; Edouard et Gratacap, 2010) par exemple, où il conduit à la structuration de « systèmes d'offres » complexes (Koenig, 2012).

1.3. LA RECONFIGURATION DES STRUCTURES D'ALIGNEMENT.

Aux vues de ce qui précède, l'architecture du produit développé au sein d'un écosystème influence sa structure d'alignement en déterminant la répartition des activités entre acteurs ainsi que la nature et l'intensité des flux entre celles-ci. Plus particulièrement la modularisation de l'architecture permet d'optimiser le processus collectif de création de valeur en accélérant l'innovation et en réduisant les coûts et efforts de coordination multilatérale. Pour certains auteurs, elle constitue ainsi une condition indispensable à la constitution d'écosystèmes viables (Moore, 2006 ; Jacobides et al., 2018). Une tension peut toutefois apparaître dans cette relation de symétrie, notamment si l'écosystème est contraint de se reconfigurer pour faire face à une situation de rupture technologique ou commerciale.

La reconfiguration d'un écosystème se caractérise par « un changement dans le schéma d'interactions entre les éléments du système » (Adner, 2012, p.177). Autrement dit, elle consiste en une modification de la répartition des activités au sein de la structure d'alignement qui peut s'opérer à travers l'intégration, la suppression, la combinaison, la séparation ou le déplacement d'activités au sein de la structure d'alignement (Adner, 2012). Il s'agit donc ici de considérer un écosystème déjà constitué et d'en modifier la structure d'alignement. Dedehayir et al. (2017) proposent, en ce sens, d'approcher la reconfiguration des écosystèmes en considérant deux éléments contextuels, d'une part les caractéristiques de la structure d'alignement existante et d'autre part le type de rupture à laquelle elle se trouve confrontée.

Des reconfigurations de la structure d'alignement peuvent intervenir tout au long des quatre étapes du cycle de vie d'un écosystème telles qu'identifiées par Moore (1996) : sa naissance, son développement, son leadership et son auto-renouvellement. Lors des trois premières étapes elles peuvent être nécessaires pour atteindre une structure d'alignement viable (Malherbe, 2017 ; Dattée et al., 2019), pour résoudre de nouveaux problèmes techniques ou commerciaux (Hannah et Eisenhardt, 2018 ; Lu et al., 2014), ou encore pour impliquer de nouveaux partenaires dans l'écosystème (Rong et Shi, 2015). Il s'agit donc ici d'ajuster ou de renforcer une structure d'alignement en place ou en construction (Rong et Shi, 2015). Au contraire, dans l'étape d'auto-renouvellement d'un écosystème, une reconfiguration de la structure d'alignement est généralement nécessaire pour adapter l'écosystème à une rupture forte

due à « la montée en puissance de nouveaux écosystèmes et innovations qui mettent en péril des [écosystèmes d'affaires] matures » (Moore, 1996, p.231). Une innovation de rupture peut par exemple occasionner un basculement de paradigme technologique (Dosi, 1982), ou l'apparition de nouveaux modèles économiques modifier radicalement les conditions de marché. Dans les deux cas, les conditions de valorisation des différentes activités de la structure d'alignement, de même que les conditions de capture de valeur des acteurs qui les portent, s'en trouvent radicalement altérées (Teece, 2007) et l'équilibre entre création collective et capture individuelle de valeur porté par la structure d'alignement en place devient obsolète. Il peut alors être nécessaire de transiter d'une structure d'alignement éprouvée et communément admise vers une nouvelle structure d'alignement portant un nouvel équilibre entre création collective et capture individuel de valeur.

Or, dans un tel contexte, la symétrie entre architecture et organisation peut apparaître néfaste. De fait, il est reconnu que l'architecture d'un produit est longue et complexe à transformer (Henderson et Clark, 1990 ; Fixson et Park, 2008). Dans le cas d'architectures modulaires la tâche apparaît d'autant plus ardue que les connaissances concernant le fonctionnement des composants sont segmentées et distribuées entre les acteurs et que l'apprentissage au niveau architectural est largement bridé (Sanchez et Mahoney, 1996 ; Brusoni et al., 2007, 2009). La symétrie forte entre une architecture modulaire et une structure d'alignement peut ainsi contraindre cognitivement les acteurs de l'écosystème et réduire leur capacité à s'adapter à une rupture technologique ou commerciale, voir même à en identifier les origines (Henderson et Clark, 1990 ; Fixson et Park, 2008). Elle peut donc entraver la reconfiguration de la structure d'alignement si ses membres se trouvent enfermés dans ce « piège de la modularité » (Chesbrough et Kusunoki, 2001). Une stratégie de « symétrie partielle », peut toutefois permettre d'éviter ce piège, en alignant l'organisation des activités sur l'architecture produit tout en conservant des connaissances plus vastes concernant les modules (Brusoni et al., 2001). Certains auteurs proposent également de considérer cette symétrie de manière dynamique et soulignent qu'il peut être stratégique de la « briser » pour s'adapter lorsque les technologies évoluent rapidement (McDuffie, 2013 ; Colfer et Baldwin, 2016).

2. MANQUES DE LA LITTÉRATURE ET QUESTION DE RECHERCHE

Il apparaît finalement que dans un contexte d'évolution des conditions de création et de capture de valeur, la pertinence d'une symétrie entre architecture produit et structure d'alignement peut être largement remise en question. Pire, cette symétrie peut même empê-

cher les acteurs de l'écosystème de s'adapter à ces changements en les enfermant dans une organisation obsolète des activités d'innovation. Or, ni les théories de la modularité, ni la littérature sur les écosystèmes d'affaires ne nous permet d'envisager l'évolution de cette symétrie dans un tel contexte. Il s'agit là d'un réel manque, qui apparaît d'ailleurs d'autant plus critique que l'hypothèse du miroir n'envisage pas l'impact de cette symétrie sur la capacité individuelle des acteurs à capter la valeur de l'innovation. De fait lorsqu'un écosystème doit se reconfigurer pour s'adapter à des ruptures technologiques ou commerciales importantes, ses membres sont amenés à repenser complètement l'équilibre entre mécanismes de création et de capture de valeur. Dans un tel contexte, n'envisager que la relation entre cette symétrie et la coordination des acteurs relève d'une myopie qui peut se révéler dramatique, tant pour le chercheur dans son analyse des faits que pour le praticien dans sa prise de décision. Par ailleurs, le phénomène de reconfiguration des écosystèmes d'affaires, lui-même, ne demeure pour l'heure que très peu étudié alors même que de nombreux auteurs soulignent qu'il est crucial dans leur succès et leur longévité (Moore, 1996 ; Adner, 2012 ; Rong et Shi, 2014). Cette contribution ambitionne donc de combler ces manques en adressant la problématique suivante : Comment évolue la symétrie entre architecture produit et structure d'alignement face aux nouveaux défis de création et de capture de valeur portés par la reconfiguration d'un écosystème ? A cette fin, elle se concentre sur l'étude des mutations en cours concernant les structures d'alignement entre le constructeur automobile Renault et ses partenaires dans le domaine de l'électronique embarquée automobile. La section qui suit introduit le contexte de l'industrie automobile et l'organisation des activités de développement dans ce domaine.

3. CONTEXTE EMPIRIQUE : ORGANISATION DES ACTIVITES DE DEVELOPPEMENT DANS L'ELECTRONIQUE AUTOMOBILE.

Cette section présente brièvement le contexte de l'industrie automobile avant de se concentrer plus spécifiquement sur les processus de développement des calculateurs électroniques embarqués dans les véhicules (ECUs) puis sur les ruptures récentes dans ce domaine.

3.1. CONTEXTE GENERALE DE L'INDUSTRIE AUTOMOBILE.

Depuis la fin des années 1990 l'industrie automobile suit globalement une trajectoire de désintégration verticale rythmée par trois phénomènes. D'une part les constructeurs automobiles (OEM) ont eu tendance à sous-traiter la conception et la production d'un nombre croissant de pièces de leurs véhicules (Fixson et al., 2005; Jacobides et al., 2016). D'autre part les straté-

gies d'intégration verticale des fournisseurs de ces OEMs ont conduit à l'émergence de « méga-fournisseurs » capables de prendre en charge la sous-traitance de ces activités au niveau mondial (Frigant et Layan, 2009 ; Frigant et Jullien, 2014). Enfin, les OEMs ont eu tendances à adopter des principes modulaires de conception des produits et d'organisation de leurs activités (McDuffie, 2013; Frigant et Jullien, 2014 ; Jacobides et al., 2016). Ces trois phénomènes, profondément liés et complémentaires ont conduit au développement d'un schéma de division du travail à l'échelle de l'industrie basés sur trois grands types d'acteurs : les OEMs, responsables de la conception et de l'assemblage des véhicules ; les équipementiers (Tiers 1), responsables de la conception et de l'assemblage de composants complexes et de sous-systèmes ; et les fournisseurs spécialisés (Tiers 2), responsables de la conception et de la production de petits composants. Toutefois, dans le domaine mécanique, « cœur de métier » des constructeurs, cette division du travail et les compétences grandissantes des Tiers 1 ont été la source de relations parfois ambiguës, voir conflictuelles entre OEMs et Tiers 1 dues à la crainte des OEMs de perdre leur pouvoir au sein de l'industrie et leur capacité à capturer la valeur de leurs produits (Fixson et al., 2005 ; Jacobides et al., 2016). Cette crainte a finalement conduit à une certaine dé-modularisation des architectures mécaniques des véhicules et à l'entretien de relations très étroites entre OEM et Tiers 1 (Jacobides et al., 2016). Au contraire dans le domaine de l'électronique embarquée les OEMs se sont, jusqu'à très récemment, largement reposés sur les compétences de leurs réseaux de fournisseurs, ne considérant pas que les activités de développement électronique faisaient partie de leur « cœur de métier ».

3.2. ORGANISATION DES ACTIVITES DANS LE DOMAINE DE L'ELECTRONIQUE EMBARQUEE

L'architecture « Electrique et Electronique » (E/E) d'un véhicule réunit l'ensemble des composants électriques et électroniques embarqués dans les véhicules et décrit la manière dont ils interagissent, au travers de flux d'énergie ou de données, pour réaliser les fonctions d'un véhicule. Parmi ces composants figurent les calculateurs (appelés ECUs, pour « Electronic Control Unit »), des sous-systèmes embarqués qui gèrent les différentes fonctions numériques des véhicules. Ces ECUs, qui concentrent donc l'intelligence du véhicule, se composent d'une partie matérielle (*hardware*) qui réunit l'ensemble de leurs composants physiques et d'une partie logicielle (*software*) qui détermine la manière dont les composants électroniques doivent se comporter et interagir pour réaliser leurs fonctions. Ces ECUs introduits dans les véhicules, dans les années 1950, pour réaliser des fonctions relativement simples et localisées – gestion du klaxon, du chauffage ou encore de l'autoradio – s'y sont multipliés ces deux der-

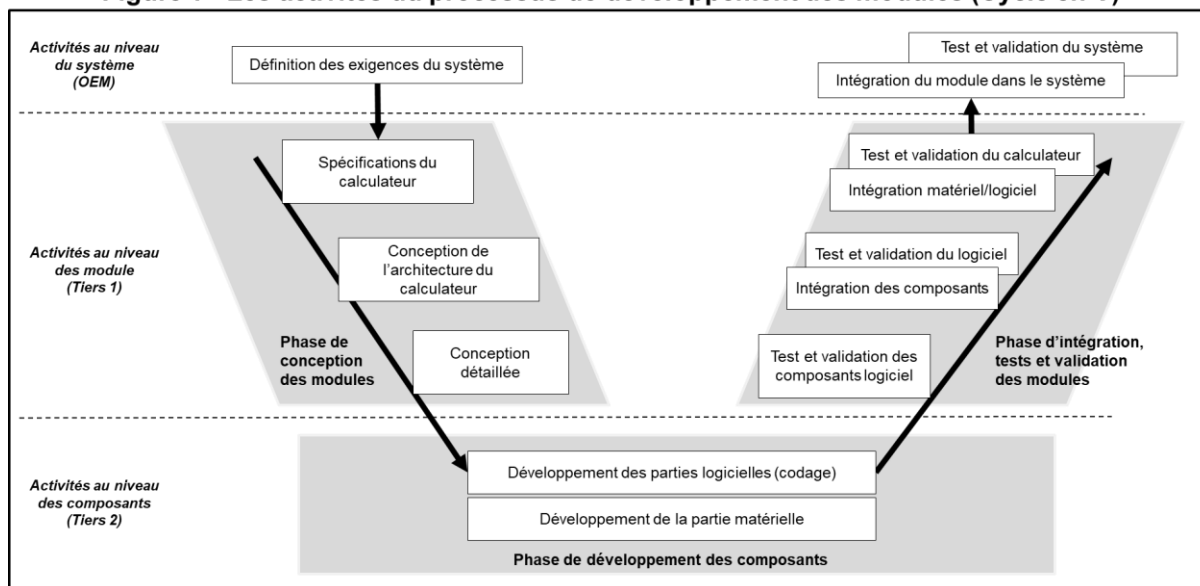
nières décennies et supportent des fonctions de plus en plus complexes. Aujourd'hui, un véhicule comporte généralement entre 80 et 100 ECUs supportant des fonctions allant du GPS au freinage d'urgence en passant par le limiteur de vitesse. Chez Renault, chacun de ces ECUs fait partie intégrante de l'un des 43 systèmes fonctionnelles définis par le constructeur, qui, chacun, réunit l'ensemble des organes mécaniques et électroniques des véhicules participant à la réalisation d'un ensemble de fonctions proches et interdépendantes, tels que le « système de freinage arrière » ou encore le « système multimédia » par exemple. Cette multiplication des ECUs s'explique notamment par l'approche incrémentale adoptée par de nombreux constructeurs, selon laquelle « une nouvelle fonction = un nouveau calculateur » et qui les a conduits à concevoir des architectures E/E modulaires au sein desquelles chaque ECU est conçu comme un module indépendant ayant sa fonction propre et unique.

Depuis les années 1990, chez Renault, les développements matériels et logiciels des ECUs sont traités simultanément, au cours d'un même processus de conception et développement systématique appelé « cycle en V » et composé de 3 phases principales : une phase de conception, une phase de développement et de codage, et enfin une phase d'intégration, de test et de validation. Chacune de ces phases comporte un ensemble d'activités à réaliser successivement. L'entrée dans la phase de conception se fait à travers la formulation des « exigences système » qui traduisent la manière dont le calculateur doit interagir avec les autres modules et organes mécaniques du système pour réaliser une fonction donnée. Sur cette base sont ensuite définies, aux niveaux matériel et logiciel, les spécifications du calculateur, puis son architecture et enfin ses principes de conception détaillés. Sur la base de ces derniers sont alors développées les parties matérielles du calculateur ainsi que ses composants logiciels (codage). Peut alors débuter la phase d'intégration, de tests et de validation à travers le test et la validation de chaque composant logiciel individuellement ; l'intégration de ces composants en un seul logiciel ; le test et la validation de celui-ci ; l'intégration du logiciel sur le matériel électronique ; le test et la validation de l'ensemble matériel/logiciel ; l'intégration du calculateur au sein du système ; et enfin, le test et la validation du système. La figure 1 ci-dessous propose une vue synthétique de ce cycle de développement des calculateurs.

Ne considérant pas le développement des ECUs comme faisant partie de leur cœur de métier, les OEMs se sont longtemps concentrés sur les activités de conception, d'intégration et de validation au niveau des systèmes et ont délégué la plupart des activités de conception et de développement des calculateurs aux Tiers 1. Ces Tiers 1 faisant eux-mêmes appel aux Tiers 2 pour le développement et la production de composants matériels ou logiciels spécifiques.

Nous rentrerons dans les détails de ce modèle dans ce qui suit mais notons dès à présent qu'il illustre parfaitement le modèle « d'intégrateur de système », tel qu'identifié dans la revue de littérature.

Figure 1 - Les activités du processus de développement des modules (Cycle en V)



3.3. MUTATIONS ET RUPTURES DANS L'INDUSTRIE AUTOMOBILE.

Aujourd'hui, l'industrie automobile vit l'une des ruptures les plus radicales de son histoire à travers l'émergence des véhicules Connectés, Autonomes, Partagés et Electriques (CASE). Ces quatre nouveaux attributs des véhicules partagent le point commun de reposer en grande partie sur des technologies numériques issues des secteurs de l'informatique, de l'internet et du mobile qui convergent avec celles automobiles autour des véhicules CASE. Cette rupture, est principalement impulsée par des nouveaux entrants dans l'industrie – tels que Google, Apple, ou encore Uber, pour ne citer qu'eux – et conduit à un « basculement de paradigme technologique » (Dosi, 1982), d'une trajectoire d'innovation centrée autour de technologies mécaniques vers une trajectoire centrée autour de technologies numériques. Ce basculement pose d'importants défis pour les constructeurs automobiles qui jusqu'alors ont eu tendance à considérer les logiciels des véhicules comme simple supports de leurs fonctions mécaniques et à en négliger le caractère stratégique. En premier lieu il accroît l'importance des activités de développement logiciel, jusqu'alors portée par les Tiers 2 et conduit à l'entrée de nombreux acteurs dans ce domaine, accélérant l'innovation. D'autre part, il tend à accroître le caractère stratégique des interactions entre les véhicules et des systèmes numériques externes nouvellement complémentaires (système d'exploitation des smartphones, villes intelligentes, infras-

structures, etc...). Enfin, le développement rapide de nouveaux services de mobilité tels que l'autopartage ou les VTC, par exemple, offre de plus en plus d'importances aux opérateurs de mobilités, à leurs systèmes de gestion de flotte et à leurs plateformes et applications, qui se posent comme intermédiaires entre le constructeur et le client final. L'ensemble de ces éléments remettent en question le rôle des OEMs, notamment en tant que point de contact principal avec le consommateur, mais aussi la structure de leurs écosystèmes respectifs en venant modifier les conditions de capture de valeur des acteurs « traditionnels » de l'industrie du fait de nouvelles complémentarités, de nouveaux services et de nouveaux modèles économiques portés par les nouveaux entrants. Plusieurs de nos interviewés évoquent ainsi la peur des constructeurs de devenir de simples « plieurs de tôle » et de perdre leur position centrale dans les propositions de valeur portées par ces ruptures s'ils ne parviennent pas à s'adapter et à reprendre le contrôle sur les activités de développement des logiciels des véhicules.

En 2017, pour cette face à ces nouveaux enjeux, Renault a racheté à Intel deux centres de développement logiciel situés en France, à Toulouse (31) et Sophia Antipolis (06). Pour constituer sa nouvelle filiale, Renault Software Labs. A travers cette filiale, composée d'environ 400 architectes logiciel, Renault ambitionne de reconfigurer ses structures d'alignement avec ses partenaires dans le domaine de l'électronique automobile.

4. METHODOLOGIE.

Ces travaux s'inscrivent dans le cadre d'un programme de recherche de 3 ans débuté en décembre 2018 en collaboration avec Renault Software Labs (RSL), filiale du constructeur automobile français Renault et responsable d'une partie des activités de conception des logiciels de l'alliance Renault-Nissan-Mitsubishi. L'objectif de ce programme de recherche est de comprendre le rôle que jouent les architectures produit dans la reconfiguration des écosystèmes d'affaires. Ce contexte me permet d'interagir étroitement avec les ingénieurs de RSL dans une posture d'observation participante.

4.1. DESIGN DE RECHERCHE

Cette contribution mobilise une approche inductive prenant appui sur étude de cas détaillée. Une approche inductive se justifie aisément ici par la nature du questionnement et du manque adressé. De fait, ma revue de littérature m'a permis de pointer les limites théoriques de l'hypothèse du miroir dans le contexte de la reconfiguration des écosystèmes d'affaires. Il s'agit donc ici, à travers l'observation de faits dans ce contexte précis, de parvenir à dégager

de nouvelles articulations conceptuelles et hypothèses afin d'enrichir notre compréhension théorique du phénomène de reconfiguration des écosystèmes d'affaires. A cette fin, une étude de cas paraît tout à fait indiquée. La méthode de l'étude de cas est idéale pour confronter des observations contradictoires, voir même paradoxales, afin de souligner et dépasser les limites des théories existantes et de proposer de nouvelles théories et/ou hypothèses (Eisenhardt, 1989). D'autre part, cette contribution se concentre sur l'étude de transformations actuelles, observées sans aucun contrôle sur l'environnement et répond ainsi à l'ensemble des trois critères, qui, selon Yin (2009), fondent la pertinence d'employer une étude de cas.

4.2. COLLECTE DES DONNEES.

Mes interactions étroites avec les ingénieurs de RSL m'ont permis de déployer un vaste dispositif de collecte de données sur une période de 10 mois découpée en 3 phases. En premier lieu (phase 1), des données secondaires ont été collectées à travers : la lecture de vingt-quatre rapports d'experts de l'industrie parus depuis 2017 ; une revue systématique des parutions dans 3 journaux spécialisés dans l'électronique automobile depuis 2017 (Telematic News, Safe Car News, Usine Digitale-Mobilité) et la lecture de nombreux rapports d'analyse internes à Renault concernant les tendances technologiques et de marchés dans l'industrie. Ensuite (Phase 2), une série de 14 entretiens semi-directifs avec des ingénieurs de RSL (8) et des membres de l'équipe stratégie de RSL (6) a été menée pour mieux comprendre l'architecture E/E des véhicules, la structure de l'écosystème Renault et sa stratégie dans le domaine de l'électronique automobile. Ces données primaires ont également été complétées par la collecte de documents officiels internes à Renault concernant ses processus, son organisation et l'architecture E/E de ses véhicules. J'ai également eu accès, à cette étape, au portefeuille de projets RSL ainsi qu'aux documents de cadrage technique et organisationnel de ces projets. Enfin (phase 3), 6 nouveaux entretiens semi-directifs ont été menés avec des employés impliqués dans la gestion de partenaires sur des projets (3) ou impliqués dans le cadrage de projets à venir (3). Par ailleurs, j'ai régulièrement eu l'occasion de participer à diverses réunions de travail au sein de RSL qui m'ont permis de constituer un important recueil de notes de terrain, dont notamment des réunions hebdomadaires au sein de l'équipe stratégie, traitant de l'évolution des différents projets, ainsi que des réunions bi-hebdomadaire animées par la « Chief Technical Officer » de RSL et traitant des « technology roadmaps » de RSL.

4.3. ANALYSE DES DONNEES.

L'analyse des données s'est également effectuée en 3 phases, succédant chacune des 3 phases de collecte. L'analyse conjointe des données issues de ma première phase de collecte m'a permis d'identifier les principaux acteurs dans le domaine de l'électronique automobile, les principales tendances technologiques et commerciales dans ce domaine ainsi que l'organisation des activités de Renault et RSL, leurs partenaires dans ce domaine et l'évolution de l'architecture E/E des véhicules. Ces données ont donc principalement constitué des éléments de cadrage me permettant de mieux comprendre le contexte des activités de RSL, la stratégie de Renault, et l'organisation des processus de développement des ECUs. L'analyse des entretiens menés lors de la deuxième phase de collecte m'a permis d'identifier quatre différents modèles d'alignement régissant les relations entre Renault et ses partenaires dans le développement des ECUs. Ces entretiens, complétés par les documents de cadrage techniques et organisationnels des différents projets m'ont alors permis de décrire avec précision ces quatre modèles d'alignement. En ligne avec l'approche structuraliste des écosystèmes formulée par Adner (2017), les principales unités d'analyse retenues pour décrire ces différents modèles ont été : les activités, les flux entre activités et les acteurs endossant ces activités. Par ailleurs, les activités et flux décrits dans le « cycle en V » que j'ai détaillé dans ce qui précède, m'ont servi d'unités communes pour décrire ces quatre modèles d'alignement sur une même base. Enfin, grâce aux entretiens menés lors de ma troisième phase de collecte, complétés par mes notes de terrain, j'ai pu identifier : d'une part les différents facteurs stratégiques et/ou organisationnels justifiant l'emploi de l'un ou l'autre de ces modèles d'alignement ; et d'autre part, les moyens de coordination mis en place pour supporter les processus de développement dans chacun des quatre modèles. Par ailleurs, la diversité de mes sources et types de données m'a permis, à chaque étape de ce processus d'analyse, de trianguler mes données et de m'assurer de leur pertinence. Enfin, les résultats de l'analyse ont été soumis à deux membres de l'équipe stratégie de RSL afin d'en valider la pertinence et la non-confidentialité. La section suivante présente les résultats de cette recherche.

5. RESULTATS

L'analyse de mes données m'a permis de mettre en lumière qu'à travers la constitution de RSL, Renault s'efforce de reconfigurer ses structures d'alignement concernant le développement des ECUs. J'ai ainsi pu identifier 4 modèles d'alignement types qui régissent les relations entre Renault et ces partenaires autour de ces activités : le modèle « Black Box » qui représente le modèle d'alignement dominant depuis les années 1980 et les modèles « White

Box Buy » (WBB), « White Box Make » (WBM) et « Continuous Integration » (CI) qui sont des nouveaux modèles d'alignement permis en grande partie par la création de RSL et son expertise en dans l'architecture logiciel. Cette section décrit ces différents modèles d'alignement et en détaille les implications organisationnelles et stratégiques.

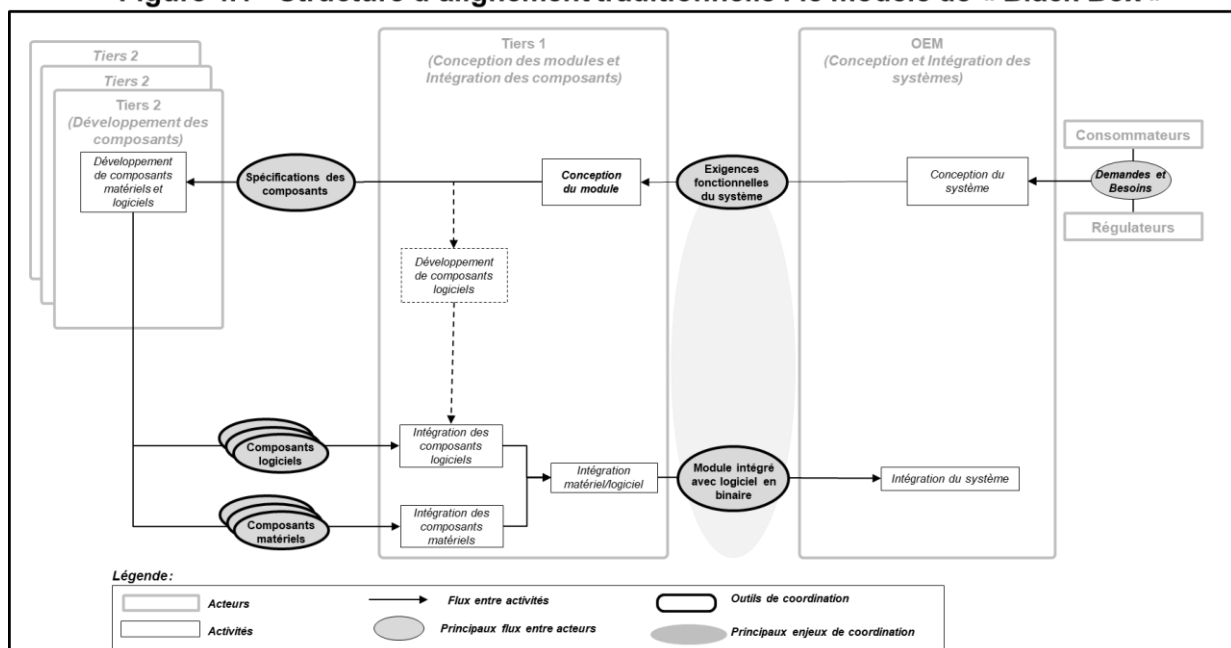
5.1. STRUCTURE D'ALIGNEMENT « TRADITIONNELLE » : LE MODELE « BLACK BOX ».

Le premier modèle d'alignement employé pour le développement d'ECUs est caractérisé par nos interviewés comme modèle de « Black Box ». Dans ce modèle dès lors que l'OEM identifie de nouveaux besoins fonctionnels, il conçoit les adaptations nécessaires de ses systèmes fonctionnels et formule son besoin en termes de nouveau calculateur au Tiers 1 sous forme d'exigences système. Ces exigences système détaillent le rôle du nouveau calculateur au sein du système fonctionnel ainsi que ses interactions vis-à-vis des autres calculateurs et composants électroniques ou mécaniques, autrement dit, ses interfaces. Celles-ci constituent des « règles de conception », communiquées au Tiers 1, qui prend alors en charge l'ensemble des activités de conception, de développement et d'intégration au niveau du calculateur. Cependant le Tiers 1 se concentre généralement sur la conception et l'intégration du module et délègue une grande partie du développement des composants matériels et logiciels à des fournisseurs spécialisés, appelés Tiers 2. L'ensemble intégré matériel/logiciel constituant le module est alors soumis à l'OEM pour intégration, test et validation au sein du système fonctionnel. Cette structure d'alignement reflète donc les différents niveaux de l'architecture E/E selon un modèle d'intégrateur de système. Les besoins de coordination entre OEM, Tiers 1 et Tiers 2 sont ici maîtrisés via la formulation des spécifications des interfaces attendus pour les modules, dans le cas des OEMs, ou des composants dans le cas des Tiers 1. La figure 4.1 schématise cette structure d'alignement en « Boite Noire ».

Dans ce schéma d'alignement, les calculateurs étant délivrés comme « Black Boxes », l'OEM ne connaît pas la composition matérielle précise du calculateur ni son architecture. D'autre part, la partie logicielle du calculateur ne lui est délivrée qu'en langage binaire, ce qui constitue une protection par le secret pour le Tiers 1, et accroît la dépendance de l'OEM vis-à-vis de celui-ci, source de nombreuses contraintes. En premier lieu, en cas de problèmes lors de l'intégration du module au sein du système, l'OEM est contraint de solliciter le Tiers 1 pour des prestations de modification, généralement nombreuses et coûteuses. D'autre part, lors de l'industrialisation d'un calculateur il est contraint de ne se fournir qu'auprès du Tiers 1 ayant développé le module et ne peut donc pas faire jouer la concurrence pour réduire ses coûts

d'achat. Enfin, le manque de visibilité sur le code des calculateurs empêche l'OEM d'envisager le développement de nouvelles fonctions de manière incrémentale sur un calculateur déjà existant. Chaque nouvelle fonctionnalité donne ainsi lieu la re-conception complète d'un calculateur existant ou au développement d'un nouveau calculateur. Cette situation est d'autant plus dommageable pour l'OEM que, selon nos interviewés, les Tiers 1 ont l'habitude de réutiliser certains composants logiciels d'un ECU à l'autre, tout en refacturant, pourtant, l'ensemble des développements. Conscient de cette pratique, l'OEM est cependant incapable de s'en prémunir dans ce modèle, n'ayant pas connaissance de l'architecture du logiciel. Si ce modèle correspond à un modèle d'alignement « traditionnel », il est aujourd'hui principalement employé dans le cas d'ECUs réalisant des fonctions basiques, très normées, régulées et standardisés ou dont les technologies sont éprouvées et n'évoluent que peu.

Figure 4.1 - Structure d'alignement traditionnelle : le modèle de « Black Box »

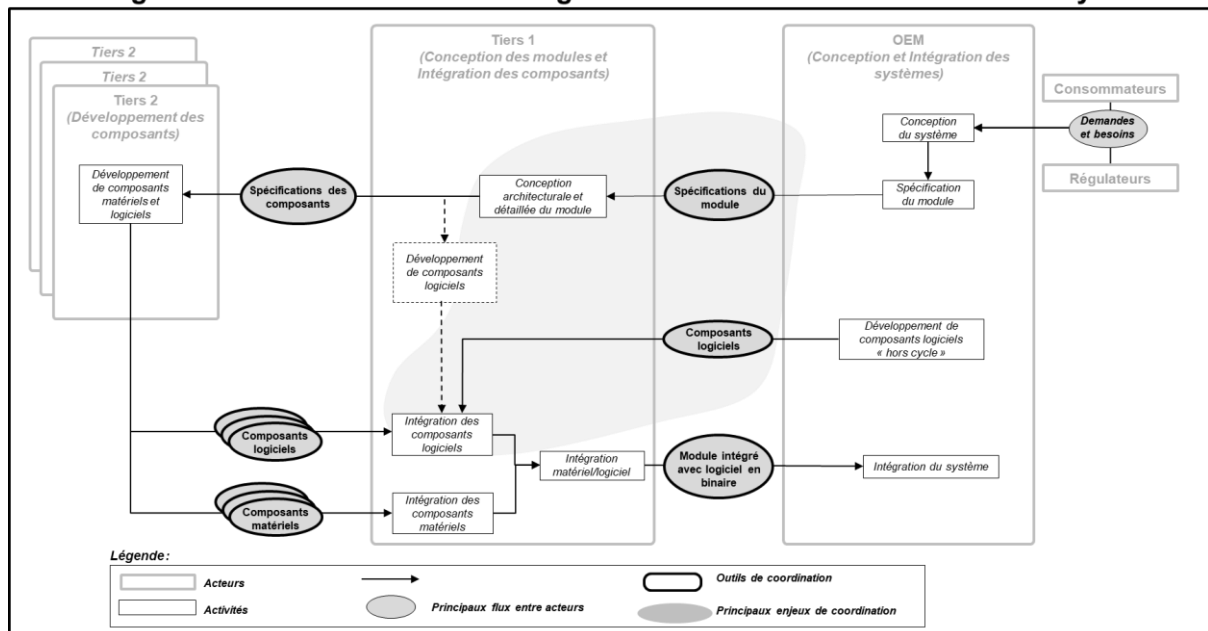


5.2. NOUVELLES STRUCTURES D'ALIGNEMENT : LE MODELE « WHITE BOX BUY ».

La structure d'alignement caractérisée comme « White Box Buy » est proche du modèle de « Black Box » décrit dans ce qui précède : l'OEM est responsable de la conception et de l'intégration au niveau système, le Tiers 1 est responsable de la conception, de l'intégration du calculateur et les Tiers 2 responsables d'une grande partie du développement des composants. La principale différence avec le modèle de Black Box est que l'OEM prend ici en charge la conception et le développement de certains composants logiciels qui devront être intégrés par le Tiers 1 au sein du module. Ce modèle de collaboration déroge donc à la symétrie entre

structure d'alignement et architecture, puisque l'OEM intègre ici des activités de développement au niveau des modules à travers le développement de certains composants logiciels. La figure 4.2 illustre la structure d'alignement dans une logique de « White Box Buy ».

Figure 4.2 - Nouveau schéma d'alignement : le modèle de « White Box Buy »



Ce modèle induit un besoin de coordination explicite plus fort entre OEM et Tiers 1, notamment autour des phases de conception et d'intégration du module. De fait, en plus de spécifier les interfaces du module au sein du système, l'OEM doit s'assurer du bon fonctionnement de son composant au sein du module. Pour ce faire, l'OEM et le Tiers 1 doivent collaborer étroitement lors des phases de conception architecturale et d'intégration des modules. Ces collaborations prennent corps au travers d'équipes dédiées chez l'OEM et le Tiers 1 interagissant ponctuellement afin de gérer d'éventuels ajustements de l'architecture du module et des composants. Pour autant, dans ce modèle, le module est également délivré entièrement intégré avec le logiciel en version binaire, comme dans le cas des « Black Boxes ».

Ce modèle repose sur la volonté, de la part de l'OEM, d'internaliser et de contrôler certains composants logiciels jugés comme stratégiques, soit du fait de leur caractère critique au sein du système, soit du fait de leur potentiel de réutilisation et/ou d'améliorations rapides. Ces composants logiciels peuvent d'ailleurs être développés « hors cycle » par l'OEM, c'est à dire qu'ils ne sont pas développés dans le cadre du développement d'un module spécifique et peuvent être modifiés et améliorés indépendamment du module dans son intégralité. Ces développements internes et parfois hors cycle de composants logiciels permettent ainsi à l'OEM de maîtriser l'évolution de ce composant et de le réutiliser, soit au sein de différents modules, soit

dans les différentes générations d'un même ECU. Ce modèle est ainsi mobilisé dans le cas de composants logiciels hautement réutilisables afin, d'une part, d'éviter la refacturation de leur développement par le Tiers 1 et, surtout, d'en contrôler les déclinaisons et évolutions.

5.3. NOUVELLES STRUCTURES D'ALIGNEMENT : LE MODELE « WHITE BOX MAKE ».

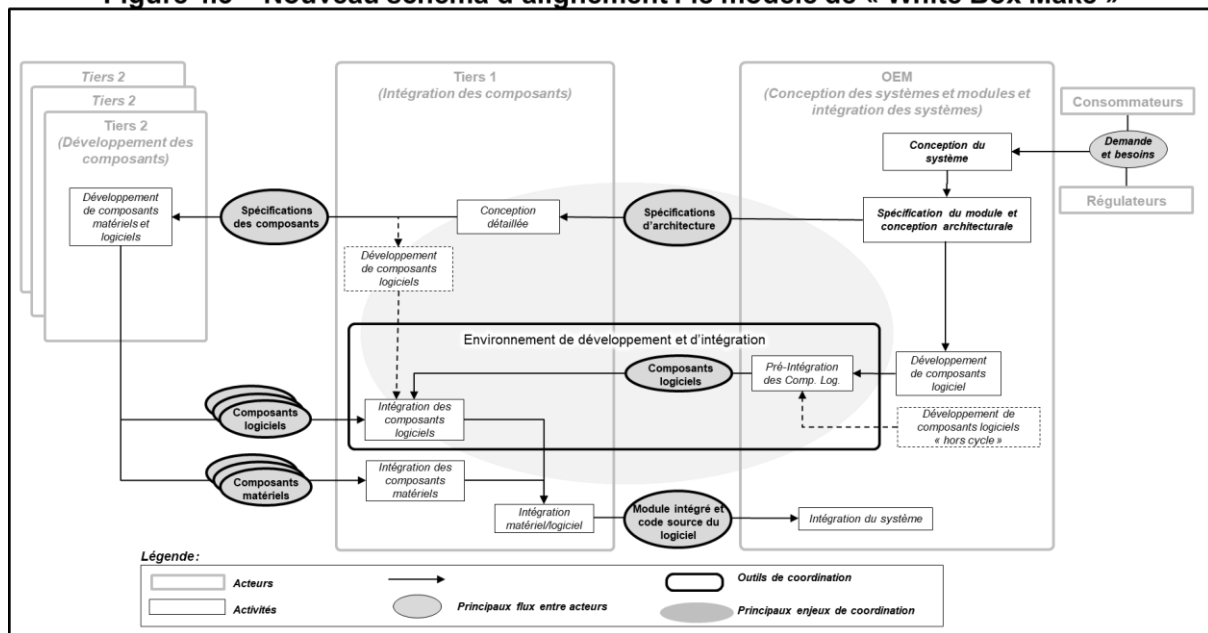
Dans le modèle « White Box Make », l'OEM intègre cette fois la conception architecturale des logiciels, une part plus importante des activités de développement des composants logiciels mais également certaines activités de pré-intégration des composants logiciels. Le Tiers 1 est donc ici responsable de la conception détaillée, sur la base des spécifications d'architecture fournies par l'OEM, du développement des composants restants mais également de l'intégration des composants logiciels et de l'intégration logiciel/matériel. Comme dans les modèles précédents, les Tiers 2 prennent en charge le développement de certains composants matériels et logiciels. Toutefois dans ce modèle l'OEM peut interagir directement avec les Tiers 2 et d'autres développeurs de logiciels complémentaires du fait de sa maîtrise de l'architecture logicielle du module. Dans certains projets l'architecture logicielle est même conçue en collaboration avec ces partenaires qui participent également aux phases d'intégration. Ce modèle présente donc une asymétrie encore plus forte entre structure d'alignement et architecture puisque l'OEM se trouve fortement impliqué dans le développement des modules et des composants. La Figure 4.3 schématise la structure d'alignement telle qu'envisagée dans un modèle de « White Box Make ».

Dans ce modèle, les moyens de coordination explicites entre OEM et Tiers 1 se trouvent encore accrus et d'autant plus lorsque OEM et Tiers 2 interagissent directement. Dans certains projets, en plus d'équipes dédiées, le Tiers 1 met notamment en place un environnement de développement et d'intégration commun et ouvert à l'ensemble des partenaires afin de faciliter les interactions entre équipes et de mieux maîtriser les processus de pré-intégration et d'intégration. Ce modèle relève donc d'avantage d'un co-développement des modules.

Ici, contrairement aux modèles précédents, le Tiers 1 délivre, après intégration, le code source du logiciel à l'OEM, autrement dit, une version lisible et modifiable dont l'architecture et les principes de conception détaillés sont connus par l'OEM. Il peut ainsi en réutiliser des parties et le faire évoluer au fil des générations de calculateurs. Selon les arrangements contractuels passés entre OEM et Tiers 1, l'OEM peut même internaliser le code développé par le Tiers 1. Les structures d'alignement en « White Box Make » constituent donc un pas supplémentaire vers le contrôle des logiciels par Renault et reposent sur une asymétrie encore plus forte entre

architecture et structure d'alignement. Il est généralement mobilisé lorsque les fonctions supportées par un ECU évoluent rapidement, lorsqu'un partenariat direct avec un fournisseur de composants logiciels s'avère particulièrement stratégique pour Renault ou que cet ECU assure une connexion entre le véhicule et un système complémentaire particulièrement stratégique. Dans ces trois cas, connaître et contrôler l'architecture logicielle de l'ECU permet à Renault de mieux maîtriser ses interactions, tant sur un plan relationnel que technique.

Figure 4.3 – Nouveau schéma d'alignement : le modèle de « White Box Make »



5.4. DE L'INTEGRATION « BIG BANG » A LA « CONTINUOUS INTEGRATION ».

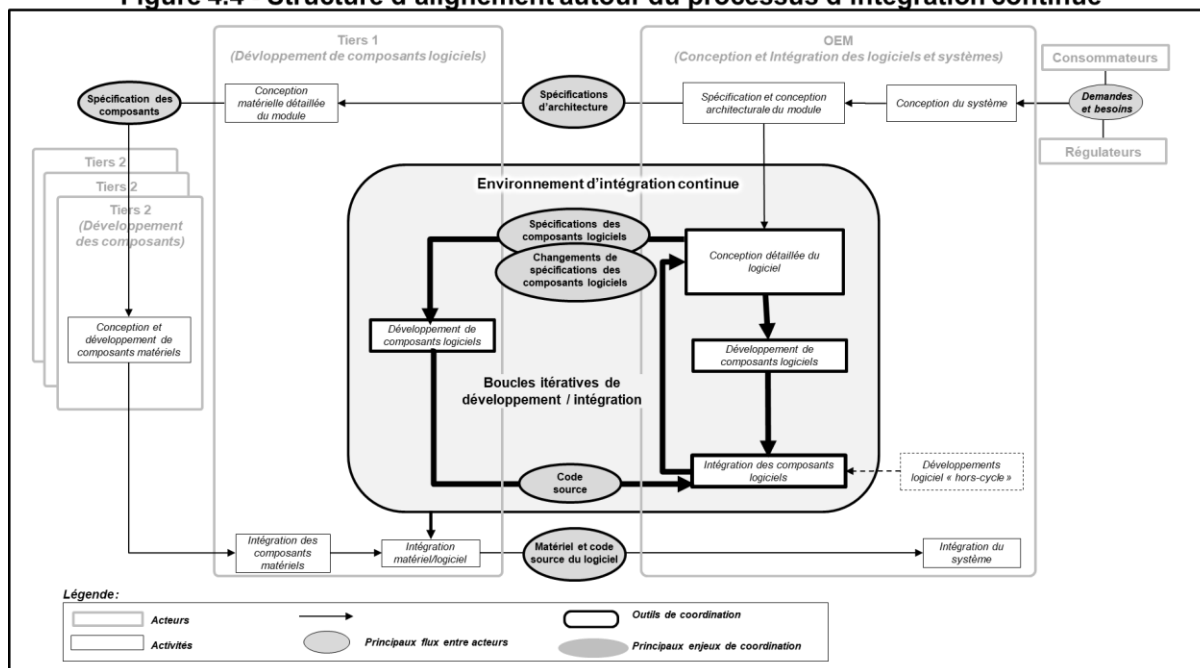
Le quatrième modèle d'alignement, caractérisé comme un modèle de « Continuous Integration » (CI) repose sur une transformation plus profonde des activités d'intégration des logiciels. De fait, le modèle d'intégration suivant la logique du cycle en V – qualifié de « Big Bang Integration » - suppose le développement complet de l'ensemble des composants logiciels puis leur intégration simultanée. Cette approche de l'intégration conduit généralement à l'apparition de bugs et dysfonctionnements imprévus en fin de cycle, dû à la mauvaise identification et/ou gestion des interdépendances entre composants lors des phases de conception. Elle peut donc être source d'importants surcoûts et retard pour les constructeurs. Afin de pallier à cette problématique, Renault s'est investi dans la mise en place d'un processus de « Continuous Integration » qui envisage les phases du processus de développement du module de manière cyclique et itérative. De fait, il s'agit ici d'organiser la conception, le développement et l'intégration des composants logiciels de manière incrémentale : l'un après l'autre, chaque composant est conçu, développé, intégré, testé et validé au sein d'une même base de

code évoluant à mesure des cycles d'intégration. Si un problème survient lors de l'intégration d'un composant, sa source est ainsi plus facilement identifiable et le composant peut repasser par des phases de conception et de développement correctrices plus rapides.

Cette méthode d'intégration induit également une structure d'alignement spécifique entre l'OEM et ses partenaires. De fait, dans ce modèle l'OEM est responsable de la conception des modules et de l'intégration des logiciels, ainsi que d'une grande partie de leur développement tandis que les Tiers 1 restent responsables du développement de certains composants logiciels, de la conception matérielle et de l'intégration matériel/logiciel. Ce modèle permet également à Renault de collaborer directement avec des fournisseurs de logiciels complémentaires autour des activités de conception, de développement et d'intégration des composants. Ici la symétrie entre l'architecture modulaire et la structure d'alignement est donc entièrement brisée.

De plus, ces cycles plus courts et itératifs induisent des échanges plus fréquents entre équipes à travers la formulation de demandes de modification et la transmission des nouvelles versions du code corrigé. Les activités de l'OEM et de ses partenaires se trouvent donc étroitement couplées. Afin de gérer au mieux ces problématiques de coordination, Renault a développé un environnement d'intégration continue, embarquant ce nouveau processus dans son fonctionnement et ses interfaces et sur lequel les équipes peuvent collaborer et interagir tout au long des cycles de développement et d'intégration. La figure 4.4 illustre la structure d'alignement conçu selon le modèle de « Continuous Integration ».

Figure 4.4 - Structure d'alignement autour du processus d'intégration continue



Dans ce modèle Renault exerce un contrôle presque total sur l'évolution de son logiciel, ce qui lui permet de mieux maîtriser les interdépendances entre composants logiciels, de l'adapter avec flexibilité et rapidité mais également d'en décliner différentes versions en fonction de ses besoins. Ainsi cette logique d'amélioration incrémentale lui permet de réduire ses coûts de développement et de répondre plus rapidement aux évolutions des demandes et besoins fonctionnels. Ce modèle est privilégié dans le cas de fonctionnalités particulièrement complexes et/ou critiques, pour lesquels aucun bug ne peut être toléré et dont le développement doit être traçable et contrôlable.

5.5. LE CHOIX DU MODELE D'ALIGNEMENT COMME EQUILIBRAGE ENTRE CREATION ET CAPTURE DE VALEUR.

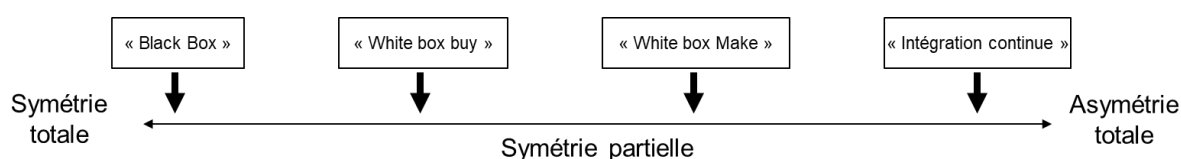
Tels que nous venons de les décrire, ces quatre modèles d'alignement se distinguent finalement sur 3 critères principaux : la répartition des activités entre Renault et ses partenaires lors du développement des modules, les moyens de coordination mis en place pour supporter leurs interactions, et le niveau de contrôle exercé par Renault sur les logiciels. Le tableau ci-dessous synthétise les quatre modèles d'alignement en fonction de ces 3 critères.

		Activités									Moyens de coordination mis en place	Nature des logiciels transmis à l'OEM
		Def des exigences système	Spécification de l'ECU	Conception architecturale	Conception détaillée	Dev. des comp. logiciels	Dev. des comp. matériels	ITV composants logiciel*	ITV composants matériels*	ITV matériel/logiciel*		
Black Box	OEM	X								X	- Interfaces des modules (règles de conception)	Code en binaire
	Tiers 1		X	X	X			X	X	X		
	Tiers 2					X	X					
White Box Buy	OEM	X				X				X	- Interfaces des modules et composants - Equipes dédiées avec interactions ponctuelles	Code en binaire comprenant des composants modifiables
	Tiers 1		X	X	X			X	X	X		
	Tiers 2					X	X					
White Box Make	OEM	X	X	X		X				X	- Spécification d'archi. et interfaces des comp. - Equipes dédiées avec interactions fréquentes - Environnement d'intégration dédié (Tiers 1)	Code source modifiable
	Tiers 1				X			X	X	X		
	Tiers 2					X	X					
Intégration continue	OEM	X	X	X		X		X		X	- Interfaces des composants (dynamique) - Equipes dédiées avec interactions constantes - Environnement et processus dédiés (OEM)	Code source modifiable avec historique des versions et contrôle de l'intégration
	Tiers 1				X				X	X		
	Tiers 2					X	X					

* ITV = Intégration, Tests et Validation X = activités qui dérogent de la symétrie

Par ailleurs la décision d'employer l'un ou l'autre de ces modèles d'alignement relève d'une décision prise pour chaque ECUs au cas par cas. Ainsi, au sein de la même architecture certains ECUs sont développés en Black Box, d'autres en White box Make ou Buy et d'autres selon un modèle de Continuous Integration. Le choix du modèle d'alignement pour un ECUs donné résulte ici d'un arbitrage entre la nécessité de minimiser des besoins de coordinations

entre partenaires et le niveau de contrôle que souhaite exercer l'OEM sur les composants logiciels de l'ECU en fonction de 4 critères principaux : 1) la réutilisabilité des composants logiciels ; 2) l'évolutivité des fonctions supportées par l'ECU ; 3) le caractère stratégique de certaines interactions avec des partenaires ou systèmes complémentaires ; et 4) le niveau de criticité des fonctions portées par le logiciel en question. Chacun des quatre modèles d'alignement propose un équilibre différent de ces deux facteurs. Enfin, chacun de ces modèles représente un degré plus ou moins fort de symétrie entre architecture et structure d'alignement, tel que présenté dans le schéma ci-dessous.



Ces nouveaux modèles d'alignement attestent donc que Renault est prêt à accroître ses besoins et coûts de coordination avec ses fournisseurs dans le but d'améliorer son contrôle sur les logiciels de ses véhicules. Nos interviewés justifient notamment cette dynamique par une « migration de la valeur, du véhicule comme objet vers le logiciel comme support des applications et services liés aux véhicules ». Ils insistent également sur la crainte de l'OEM de devenir « un simple plieur de tôle » qui serait incapable, s'il ne contrôle pas ses logiciels, de conserver son rôle central dans l'écosystème face aux « géants » du logiciel, du mobile et de l'internet, nouveaux entrants dans l'écosystème.

6. DISCUSSION DES RESULTATS

Ces résultats montrent que l'effort de reconfiguration de son écosystème entrepris par Renault repose en grande partie sur le fait de briser la symétrie entre architecture et organisation.

Dans leur récente revue de la littérature concernant l'hypothèse du miroir, Colfer et Baldwin (2016) identifient une vingtaine d'études traitant de stratégies visant à briser cette symétrie. Dans l'ensemble de ces études, toutefois, c'est l'architecture qui s'affranchit du cadre organisationnel en place dès lors qu'une architecture plus performante est découverte. Mes résultats offrent un constat inverse, où c'est l'organisation des acteurs qui s'affranchit du cadre modulaire de l'architecture. Cette étude participe donc à la construction d'une vue dynamique de la symétrie entre organisation et architecture produit (Colfer et Baldwin, 2016). Elle nous éclaire également quant au rôle des architectures produits dans la reconfiguration des écosystèmes.

En l'occurrence, l'architecture en place joue un rôle de modération de la stratégie de reconfiguration, puisque l'impossibilité de la faire évoluer radicalement à court terme contraint les acteurs de l'écosystème à dégrader leurs mécanismes de coordination.

Par ailleurs, ici cette stratégie s'explique principalement par l'entrée de nouveaux acteurs dans l'écosystème, issues d'industries complémentaires, et qui ouvrent de nouvelles trajectoires d'innovation autour du véhicule. Celles-ci remettent en cause le modèle économique « traditionnel » des acteurs historiques de l'écosystème en accélérant la migration de la valeur du produit « automobile » vers les services qu'il supporte, basés sur les technologies logicielles. L'objectif de cette stratégie de Renault n'est donc pas tant d'accroître la performance technique du produit mais plutôt d'internaliser de nouveaux actifs (logiciels réutilisables) permettant, d'une part, de contrôler ces nouvelles trajectoires et, d'autre part, de capturer la valeur issue des innovations qu'elles portent. Ce cas pointe donc l'importance de considérer des facteurs stratégiques en plus de ceux organisationnels (coordination, coûts de transaction, etc...) lorsqu'il s'agit d'envisager la symétrie entre architecture et organisation. Plus précisément, deux éléments ressortent de ce cas à ce sujet. D'une part, le degré de symétrie doit relever d'un arbitrage entre amélioration des conditions de coordination et internalisation de mécanismes de capture de valeur. D'autre part, cet arbitrage reflète des conditions de création et de capture de valeur ponctuelles, qui peuvent varier dans le temps et induire le besoin d'un nouvel arbitrage en fonction des mouvements d'acteurs et de leurs trajectoires d'innovation. Ces résultats illustrent donc bien le fait qu'une telle symétrie doit être pensée comme un choix stratégique, comme le supposent Baldwin (2014) ou encore Jacobides et al (2006), et non pas seulement comme un choix organisationnel comme le proposent généralement les théories de la modularité (Sanchez et Mahoney, 1996 ; Baldwin et Clark, 2000).

Par ailleurs, notons que l'entrée nouveaux acteurs complémentaires conduit à une reconfiguration de la structure d'alignement entre Renault et ses partenaires « traditionnels ». Autrement dit, un mouvement à un endroit de l'écosystème induit une réaction à un autre endroit de l'écosystème. En plus d'illustrer parfaitement le caractère multilatéral des relations écosystémiques, ce phénomène améliore notre compréhension de la dynamique de reconfiguration des écosystèmes d'affaires. De fait, il ne s'agit pas simplement ici de reconfigurer la structure d'alignement pour intégrer de nouveaux acteurs dans l'écosystème. Il s'agit plutôt de repenser, de bout en bout, la structure d'alignement afin d'adapter le flux entier d'activités à l'entrée de ces acteurs dont les contributions perturbent l'équilibre multilatérale entre création et capture de valeur. Ce point remet d'ailleurs en cause l'idée récente selon laquelle les fron-

tières d'un écosystème sont uniquement déterminées par les relations de complémentarité et doivent exclure les relations verticales de la firme focale tel que supposé par Jacobides et al. (2018). Elle conforte, au contraire une approche des écosystèmes comme « arrangements de création de valeur interdépendantes » (Adner, 2017, p.56) et enrichie les discussions concernant la gestion des complémentateurs qui, en l'occurrence, ne repose pas uniquement sur une relation bilatérale mais sur une adaptation multilatérale de la structure d'alignement.

7. CONCLUSION, APPORTS ET FUTURES RECHERCHES

Nous pouvons conclure de cette étude que le degré de symétrie entre architecture produit et structure d'alignement doit résulter d'un arbitrage entre optimisation des mécanismes multilatéraux de coordination (création de valeur) et internalisation d'actifs stratégiques pour la firme focale (capture de valeur). Par ailleurs, cet arbitrage ne demeure pertinent que tant que les conditions de création et de capture de valeur restent stables. Une évolution de ces conditions peut induire une variation de ce degré de symétrie.

Cette étude propose donc 2 principaux apports théoriques. D'une part elle participe du développement des théories de la modularité dans le contexte d'écosystèmes d'affaires en supportant le développement d'une vue dynamique de « l'hypothèse du miroir », qu'elle nourrit également en prouvant que le degré de symétrie entre architecture et organisation ne doit pas relever que d'une logique organisationnelle mais également stratégique. D'autre part, elle participe aux discussions concernant la dynamique des écosystèmes d'affaires et de leur structure d'alignement en se concentrant sur leur phase de reconfiguration, ce qui est, pour l'heure, très rare dans la littérature. Elle souligne d'une part que dans cette phase la firme focale peut dégrader volontairement les conditions de coordination des acteurs en vue d'intégrer de nouvelles opportunités de capture de valeur. Elle pointe également la portée profondément multilatérale de ce phénomène de reconfiguration en soulignant qu'un changement à un endroit de l'écosystème (entrée de nouveaux complémentateurs) induit une modification à un autre endroit de l'écosystème (relations avec les sous-traitants historiques).

Toutefois si elle relève l'intérêt pour la firme focale de contrôler certains actifs réutilisables, cette étude ne s'intéresse pas à la manière dont la firme les mobilise, ni à l'implication d'un tel contrôle sur l'évolution du produit et de son architecture. Ici réside la principale limite de cette contribution. De fait, le caractère réutilisable et évolutif de ces actifs et la volonté de la firme focale de les exploiter comme tel portent l'opportunité de faire évoluer l'architecture du produit afin de le rendre, lui-même plus évolutif. Ainsi, il est fort à parier que le phénomène

que nous venons de décrire, ne constitue qu'une étape de la reconfiguration de la structure d'alignement, certainement suivie d'innovations architecturales permettant d'établir une nouvelle symétrie entre architecture et structure d'alignement. Il conviendrait donc, dans des recherches futures d'observer comment la firme focale peut faire évoluer et assoir sa position au sein de la structure d'alignement à travers une transformation de l'architecture produit.

REFERENCES :

- Adner, R., 2017. Ecosystem as Structure: An Actionable Construct for Strategy. *Journal of Management* 43, 39–58.
- Adner, R., 2012. *The wide lens : What successful innovators see that others miss*. Penguin group, New York.
- Adner, R., Kapoor, R., 2010. Value creation in innovation ecosystems: how the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. *Strategic Management Journal* 31, 306–333.
- Attour, A., Ayerbe, C., 2015. Le management amont et aval des droits de propriété intellectuelle au sein des écosystèmes-plateformes naissants. *Systèmes d'information & management* 20, 47.
- Attour, A., 2014. Quel leader et business model ouvert pour les écosystèmes-plateformes de type NFC ? *Management & Avenir* 73, 33.
- Azzam, J.E., Ayerbe, C., Dang, R., 2017. Using patents to orchestrate ecosystem stability: the case of a French aerospace company. *International Journal of Technology Management* 75, 97–120.
- Baldwin, C.Y., 2014. Bottlenecks, Modules and Dynamic Architectural Capabilities 53.
- Baldwin, C.Y., 2007. Where do transactions come from? Modularity, transactions, and the boundaries of firms. *Ind Corp Change* 17, 155–195.
- Baldwin, C.Y., Clark, K.B., 2000. *Design Rules : The power of modularity*, The MIT Press.
- Bengtsson, M., Kock, S., 2000. "Coopetition" in Business Networks—to Cooperate and Compete Simultaneously. *Industrial Marketing Management* 29, 411–426.
- Brandenburger, A., Nalebuff, B., 1995. *The Right Game: Use Game Theory to Shape Strategy*. Harvard Business Review.
- Brusoni, S., Marengo, L., Prencipe, A., Valente, M., 2007. The value and costs of modularity: a problem-solving perspective. *European Management Review* 4, 121–132.
- Brusoni, S., Prencipe, A., 2013. The Organization of Innovation in Ecosystems: Problem Framing, Problem Solving, and Patterns of Coupling, in: *Collaboration and Competition in Business Ecosystems, Advances in Strategic Management*. Emerald Group Publishing Limited, pp. 167–194.
- Brusoni, S., Prencipe, A., 2001. Unpacking the Black Box of Modularity: Technologies, Products and Organizations. *Industrial and Corporate Change* 10, 179–205.
- Chesbrough, H., Prencipe, A., 2008. Networks of innovation and modularity: a dynamic perspective. *International Journal of Technology Management* 42, 414.
- Chesbrough, H.W., 2006. *Open innovation : The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business Review Press, Boston.
- Clarysse, B., Wright, M., Bruneel, J., Mahajan, A., 2014. Creating value in ecosystems: Crossing the chasm between knowledge and business ecosystems. *Research Policy* 43, 1164–1176.

- Colfer, L.J., Baldwin, C.Y., 2016. The mirroring hypothesis: theory, evidence, and exceptions. *Industrial and Corporate Change* 25, 709–738.
- Dattée, B., Alexy, O., Autio, E., 2018. Maneuvering in Poor Visibility: How Firms Play the Ecosystem Game when Uncertainty is High. *Academy of Management Journal* 61, 466–498.
- Dedehayir, O., Ortt, R., Seppänen, M., 2017. Disruptive change and the reconfiguration of innovation ecosystems. *Journal of Technology Management & Innovation* 12, 9–21.
- Dhanaraj, C., Parkhe, A., 2006. Orchestrating Innovation Networks. *Academy of Management Review* 31, 659–669.
- Dosi, G., 1982. Technological paradigms and technological trajectories. *Research Policy* 11.
- Edouard, S., Gratacap, A., 2011. Proposition d'un modèle d'intelligence collective pour les écosystèmes d'affaires. *Management Avenir* n° 46, 177–199.
- Fjeldstad, Ø.D., Snow, C.C., Miles, R.E., Lettl, C., 2012. The architecture of collaboration. *Strategic Management Journal* 33, 734–750.
- Frigant, V., Jullien, B., 2014. Comment la production modulaire transforme l'industrie automobile. *Revue d'Economie Industrielle* 145.
- Gawer, A., Cusumano, M.A., 2014. Industry Platforms and Ecosystem Innovation. *Journal of Product Innovation Management* 31, 417–433.
- Gawer, A., Cusumano, M.A., 2002. Platform Leadership: How Intel, Microsoft, and Cisco Drive Industry Innovation. Harvard Business School Press, Boston.
- Hao, B., Feng, F., Frigant V., 2017. Rethinking the 'mirroring' hypothesis : implications for technological modularity, tacit coordination and radical innovation.
- Hannah, D.P., Eisenhardt, K.M., 2018. How firms navigate cooperation and competition in nascent ecosystems. *Strategic Management Journal* 39, 3163–3192. *R&D Management* 47.
- Henderson, R.M., Clark, K.B., 1990. Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms. *Administrative Science Quarterly* 35, 9.
- Iansiti, M., Levien, R., 2004. The Keystone Advantage: What the New Dynamics of Business Ecosystems Mean for Strategy, Innovation, and Sustainability. Harvard Business Press.
- Jacobides, M.G., Cennamo, C., Gawer, A., 2018. Towards a theory of ecosystems. *Strategic Management Journal* 39, 2255–2276.
- Jacobides, M.G., Knudsen, T., Augier, M., 2006. Benefiting from innovation: Value creation, value appropriation and the role of industry architectures. *Research Policy* 35, 1200–1221.
- Jacobides, M.G., MacDuffie, J.P., Tae, C.J., 2016. Agency, structure, and the dominance of OEMs: Change and stability in the automotive sector. *Strategic Management Journal* 37, 1942–1967.
- Kapoor, R., 2013. Collaborating with Complementors: What Do Firms Do?, in: *Collaboration and Competition in Business Ecosystems, Advances in Strategic Management*. Emerald Group Publishing Limited, pp. 3–25.
- Langlois, R.N., 2002. Modularity in technology and organization. *Journal of Economic Behavior and Organization*.
- Langlois, R.N., 2003. The Vanishing hand : the changing dynamics of industrial capitalism. *Industrial and Corporate Change* 12, 2 p.351-385.
- Langlois, R.N., 2006. The secret life of mundane transaction costs. *Organization studies* 27(9).

- MacDuffie, J.P., 2013. Modularity-as-Property, Modularization-as-Process, and ‘Modularity’-as-Frame: Lessons from Product Architecture Initiatives in the Global Automotive Industry. *Global Strategy Journal* 3, 8–40.
- Malherbe, M., 2017. Enjeux de l’évolution de l’architecture relationnelle d’un écosystème d’affaires. *Revue française de gestion* N° 264, 61–79.
- Moore, J.F., 2006. Business Ecosystems and the View from the Firm. *The Antitrust Bulletin* 51, 31–75.
- Moore, J.F., 1996. *The death of competition : Leadership & strategy in the age of business ecosystems*. Harper Collins, New York.
- Moore, J.F., 1993. *Predators-and-Prey-A-New-Ecology-of-Competition.pdf*. Harvard business review.
- Orton, J.D., Weick, K.E., 1990. Loosely Coupled Systems: A Reconceptualization. *The Academy of Management Review* 22.
- Pierce, L., 2009. Big losses in ecosystem niches: how core firm decisions drive complementary product shakeouts. *Strategic Management Journal* 30, 323–347.
- Posen, H.E., Ethiraj, S.K., 2013. Do Product Architectures Affect Innovation Productivity in Complex Product Ecosystems?, in: *Collaboration and Competition in Business Ecosystems*, Advances in Strategic Management. Emerald Group Publishing Limited, pp. 127–166.
- Ritala, P., Agouridas, V., Assimakopoulos, D., Gies, O., 2013. Value creation and capture mechanisms in innovation ecosystems: a comparative case study. *International Journal of Technology Management* 63, 244.
- Rong, K., Shi, Y., Shang, T., Chen, Y., Hao, H., 2017. Organizing business ecosystems in emerging electric vehicle industry: Structure, mechanism, and integrated configuration. *Energy Policy* 107, 234–247.
- Sanchez, R., Mahoney, J.T., 1996. Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design. *Strategic Management Journal* 17, 63–76.
- Teece, D.J., 2018. Profiting from innovation in the digital economy: Enabling technologies, standards, and licensing models in the wireless world. *Research Policy* 47, 1367–1387.
- Teece, D.J., 2007. Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal* 28, 1319–1350.
- Teece, J., 1986. Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy 21.
- Ulrich, K., 1995. The role of product architecture in the manufacturing firm. *Research Policy* 24, 419–440.
- Ulrich, K.T., Seering, W.P., 1990. Function sharing in mechanical design. *Design Studies* 11, 12.