



**GREThA**

Groupe de Recherche en  
Économie Théorique et Appliquée

---

## **Quelles frontières géographiques pour le Technological Innovation System du véhicule à pile à combustible ? Une analyse du portefeuille des co-brevets des constructeurs automobiles**

***Vincent FRIGANT***

*GREThA, CNRS, UMR 5113, Université de Bordeaux*

[vincent.frigant@u-bordeaux.fr](mailto:vincent.frigant@u-bordeaux.fr)

***Stéphane MIOLLAN***

*GREThA, CNRS, UMR 5113, VIA-Inno, Université de Bordeaux*

[stephane.miollan@u-bordeaux.fr](mailto:stephane.miollan@u-bordeaux.fr)

***Maëlise PRESSE***

*GREThA, CNRS, UMR 5113, VIA-Inno, Université de Bordeaux*

[maelise.presse@u-bordeaux.fr](mailto:maelise.presse@u-bordeaux.fr)

***David VIRAPIN***

*GREThA, CNRS, UMR 5113, VIA-Inno, Université de Bordeaux*

[david.virapin@u-bordeaux.fr](mailto:david.virapin@u-bordeaux.fr)

***Cahiers du GREThA***

**n° 2017-20**

**December**

---

**GREThA UMR CNRS 5113**

Université de Bordeaux

Avenue Léon Duguit - 33608 PESSAC - FRANCE

Tel : +33 (0)5.56.84.25.75 - Fax : +33 (0)5.56.84.86.47 - [www.gretha.fr](http://www.gretha.fr)

**Quelles frontières géographiques pour le Technological Innovation System du véhicule à pile à combustible ? Une analyse du portefeuille des co-brevets des constructeurs automobiles**

**Résumé**

*Cet article entend contribuer aux débats concernant les échelles spatiales des Technological Innovation Systems (TIS). Une première partie explicite comment le débat sur la frontière géographique du TIS se positionne et montre comment d'un point de vue méthodologique les co-brevets constituent un outil pertinent pour appréhender un TIS et poser la question de son échelle spatiale. La suite de l'article étudie les co-brevets déposés par les 10 constructeurs automobiles sur le domaine du véhicule hybride sur la période 2000-2013. Sur la base de 3.250 co-brevets, nous construisons d'abord trois réseaux correspondant aux sous-périodes 2000-2004, 2000-2009, 2000-2013. Ensuite, nous calculons l'indice de nationalisation des réseaux de chaque constructeur. Enfin nous étudions la nature des organisations avec lesquelles sont bâties les collaborations. Les résultats montrent : 1) l'internationalisation des co-brevets s'accroît lentement sur la période ; après une première période d'extension des réseaux jusqu'en 2009, ces derniers se consolident ensuite ; 2) l'indice de nationalisation est plutôt élevé pour 5 constructeurs et très faibles pour trois autres démontrant l'hétérogénéité des pratiques et des frontières spatiales du TIS ; 3) cette hétérogénéité se retrouve pour ce qui concerne les types de partenaires mobilisés et leurs localisations. La dernière section tire des conclusions analytiques pour l'analyse des frontières géographiques de TIS .*

**Mots-clés:** Technological Innovation System, TIS, Véhicule à hydrogène, Géographie de l'innovation, Co-brevet, Automobile.

**Is the Fuel Cell Vehicle's Technological Innovation System built at a global or national scale? An analysis of carmakers' co-patents' portfolios**

**Abstract**

*This paper wishes to contribute to the Technological Innovation System (TIS) literature. More precisely, we study the geographic delineation issue of a focal TIS. In a first part, we discuss the geographic delineation debate in TIS framework, and we explain why co-patents are a good tool for mapping a TIS. Then considering the Fuel Cell Vehicle (FCV) as a focal TIS, we analyse 10 carmakers' co-patent networks in FCV technologies between 2000 and 2013. Our database includes 3,250 co-patents. First, we build the networks corresponding to the three periods 2000-2004, 2000-2009, and 2000-2013. Second, we measure the nationalization index of their networks. Third, we study with whom they have established formal collaborations. The results show: 1) the internationalization increased slowly during the time span. We observe an extension of the network until 2009 and then, a consolidation trend; 2) the nationalization index is rather strong for 5 carmakers, and very weak for 3 others; 3) carmakers call upon different kinds of partners, located, moreover, in different places. The final section learns the lessons from the empirical study.*

**Keywords:** Technological Innovation System, TIS, Fuel Cell Vehicle, Geography of innovation, Co-patent, Automobile.

**JEL:** O31, O33, L62

**Reference to this paper:** FRIGANT, V., MIOLLAN, S., PRESSE, M., VIRAPIN, D. (2017) Quelles frontières géographiques pour le Technological Innovation System du véhicule à pile à combustible ? Une analyse du portefeuille des co-brevets des constructeurs automobiles, *Cahiers du GREThA*, n°2017-20.  
<http://ideas.repec.org/p/grt/wpegrt/2017-20.html>.

## 1. Introduction

L'analyse des processus d'innovation, en particulier lorsqu'il s'agit de domaines technologiques émergents, a été, ces dernières années, fécondement renouvelée par les travaux mobilisant le concept de *Technological Innovation System* (TIS) (Bergek et al., 2008 ; Hekkert et al., 2007 ; Markard et Truffer, 2008) défini initialement comme "*a dynamic network of agents interacting in a specific economic/industrial area under a particular institutional infrastructure and involved in the generation, diffusion, and utilisation of technology*" (Carlsson et Stankiewicz, 1991, p.93). Depuis une dizaine d'années, les auteurs clés ont ainsi formalisé une démarche analytique dont l'objectif est de caractériser les acteurs en présence et leurs relations, leurs rôles fonctionnels, la qualité du fonctionnement du système, les facteurs dysfonctionnels et, pour finir les enjeux en termes de politiques publiques (pour une présentation didactique, cf. Bergek et al., 2008 ; Hekkert et al., 2011).

Ce cadre théorique entend proposer une méthode systématique et systémique d'analyse d'un champ technologique. Si ceci est sa force, se pose en permanence la question de la frontière du système : où commence et s'arrête le *focal technological system*? Dans un texte récent, Bergek et al. (2015) apportent des éléments de réponses concernant quatre composantes : les autres TIS, les secteurs industriels, les systèmes politiques et les territoires géographiques. Cependant, dans le même texte, ils soulignent que l'agenda de recherche demeure largement ouvert sur la manière de traiter les interactions entre ces composantes. C'est en particulier le cas sur la dimension géographique où il s'agit de progresser sur la compréhension de la manière dont : 1) les réseaux et les institutions sont encadrés dans les structures préexistantes dans un territoire donné (qu'il soit macro-régional, national, régional ou local) ; 2) un TIS se construit et plus précisément sur la manière dont les acteurs articulent leurs actions dans une perspective multi-scalaire. Le jeu des firmes multinationales rendant particulièrement prégnante cette dernière question.

Initialement le cadre théorique s'est construit en opposition avec les approches territorialisées de l'innovation comme les Systèmes Nationaux d'innovation (Lundvall, 1992), les Systèmes régionaux d'innovation (Cooke et al., 1997) ou encore les Milieux innovateurs (Crevoisier et Jeannerat, 2009.). En effet, pour Carlson et Stankiewicz (1991), il s'agissait de concevoir un cadre permettant de penser les articulations multi-niveaux des processus d'innovation. Et, en effet, *conceptuellement*, le cadre des TIS *ne présuppose pas* d'échelle spatiale pertinente (Coenen et al., 2012). Néanmoins, *pragmatiquement et de facto*, la plupart des travaux empiriques retiennent le niveau national pour délimiter géographiquement le TIS qu'ils étudient (Coenen et al., 2012 ; Bergek et al., 2015). Toutefois, conscients qu'il conviendrait d'articuler les échelles locales, nationales et transnationales, plusieurs travaux récents mobilisant ce cadre ont exploré cette question (Bento et Fontes, 2015; Quitzow, 2015; Gosens et al., 2015; Binz et al., 2014).

Cet article s'inscrit dans cet agenda de recherche en s'interrogeant sur la manière dont des firmes multinationales (co-)organisent leurs collaborations nationales et internationales lorsqu'il s'agit de développer un nouveau champ technologique. L'objectif est de mieux comprendre comment ces acteurs, multi-scalaires par essence, construisent leurs réseaux de coopération. Pour ce faire, l'étude porte sur 10 constructeurs automobiles mondiaux qui

cherchent à développer une nouvelle génération de voitures : les Fuel Cell Vehicles (FCV) – véhicules à pile à combustible. Ce travail s’inspire de la méthodologie déployée par Binz *et al.* (2014) qui étudiaient l’architecture des réseaux de co-publications scientifiques autour de la technologie de bioréacteur à membrane. Avec deux différences importantes toutefois. D’une part, notre approche part des firmes présentes dans le secteur et non d’un corpus de publications dont il s’agit de définir le réseau de co-auteurs (nature, localisation, etc). Cette démarche doit permettre de mieux caractériser l’hétérogénéité des comportements des firmes. D’autre part, Binz *et al.* positionnaient leur étude sur la partie la plus amont du processus de création de connaissances – les publications académiques ; cette étude se situe en aval de ce processus puisqu’il s’agit d’étudier les innovations produites à travers le prisme des brevets. Plus précisément, il s’agit d’étudier le portefeuille de co-brevets sur les technologies de véhicules à pile à combustible des 10 constructeurs sélectionnés, avec comme objectif de cartographier la structure et l’évolution, entre 2000 et 2013, du réseau formé par les 3 250 familles de brevets co-déposées par notre échantillon de constructeurs avec d’autres acteurs (concurrents, fournisseurs, universités...).

Le papier est structuré de la manière suivante. La section 2 explicite la manière dont est traité l’espace dans la littérature sur les TIS et l’apport de l’analyse des co-brevets pour étudier cette question. La section 3 présente les données utilisées et les indicateurs mobilisés. La section 4 présente les principaux résultats. La section 5 dégage les leçons issues de l’étude sur la question des frontières spatiales des TIS.

## **2. Les co-brevets : un outil pour caractériser les frontières spatiales des TIS**

### **2.1. La question de la frontière géographique des TIS**

En tant qu’approche systémique, la théorisation TIS se trouve confrontée au problème classique de la clôture du système étudié : quels éléments se situent à l’intérieur du système et quels éléments sont à l’extérieur ? Dans cette perspective, la question géographique se pose très directement parce qu’elle constitue un critère assez intuitif pour délimiter les frontières d’un système. Pour ne prendre qu’un exemple, la réflexion sur les institutions qui contribuent à freiner ou inciter le développement d’un domaine technologique est bien souvent menée à une échelle nationale qui apparaît d’emblée comme le niveau analytique pertinent. Mais ce faisant, l’attention peut se détourner des échelles supranationales et/ou infranationales qui malgré tout peuvent jouer un rôle dans la construction du TIS focal. C’est ce type de raisonnement qui suggère à Carlsson (1997) qu’il convient de considérer, pour des raisons d’opérationnalisation analytique, une frontière spatiale et d’extérioriser, en quelque sorte, le reste des éléments comme un « global technological opportunity set ».

Toutefois, cette solution analytique devient difficilement intenable dès lors que l’on change de paradigme concernant la conception du rapport qu’entretiennent les agents aux lieux et à l’espace/aux espaces (Coenen *et al.*, 2012 ; Binz *et al.*, 2014). Les travaux récents sur la géographie de l’innovation et de la connaissance insistent en effet sur la double nature située des agents : ici et ailleurs. C’est ce qui renvoie à ce qu’on a pu appeler *the relational turn in economic geography* (Bathelt et Glückler, 2011 ; Boggs et Rantisi, 2003). Les agents

économiques sont encadrés dans des réseaux de connaissance et, même s'ils ont un ancrage local, ces agents établissent (potentiellement) des connections trans-locales (quelle que soit l'échelle spatiale considérée) pour capter des idées, des technologies, des savoirs et des droits de propriété. Les modalités de ces mises en relation sont nombreuses et ont été largement étayées dans la littérature récente : *international epistemic communities of technicians and scientists* (Amin et Roberts, 2008), *corporate networks of transnational firms* (Chaminade et Vang, 2008) ; *temporary proximity* lors de projets de développement technologique grâce à un « centre d'intégration technologique » réunissant les équipes projets issues de différents fournisseurs et de leur donneur d'ordres (Kotha et Srikanth, 2013), ou lors des *international trade fairs, exhibitions, conventions and conferences* (Bathelt et Schuldt, 2008 ; Maskell et al., 2006) ; *technology scouting units and crowdsourcing* (Maskell, 2014) ; mobilité durable sur le marché du travail (Trippel et Maier, 2010) et, plus généralement ici, des immigrants apportant leurs informations et connaissances et permettant une connexion avec leurs lieux d'origine (Lissoni, 2017 ; Miguélez, 2016). Ces travaux ne doivent cependant pas être mésinterprétés : les villes/régions/pays ne sont pas dotés des mêmes capacités à absorber et créer de nouvelles connaissances et innovations. Certaines connaissances (tacites) sont *sticky* (Von Hippel, 1994) et les phénomènes d'agglomération conservent un rôle clé : bien que la proximité géographique ne soit qu'un vecteur parmi d'autres pour favoriser l'émergence de connaissances et innovations (Boschma, 2005), les externalités de connaissances localisées continuent de jouer un rôle. Mais, dans tous les cas, c'est bien la compréhension des articulations pluridimensionnelles des agents situés dans des lieux de création des connaissances qui se trouve actuellement au cœur des agendas de recherches (Morano et Miguélez, 2012 ; Bathelt et Glücker, 2011).

Ce changement paradigmatique sur la manière de penser le rapport des acteurs à l'espace s'accompagne d'un changement d'outil méthodologique et conceptuel au profit de la notion de réseau (Coe et Yeung, 2015 ; Vicente, 2016). La notion de réseau permet de conceptualiser et représenter les relations entre des nœuds (les acteurs) localisés quelque part et connectés à d'autres lieux/acteurs (de manière plus ou moins intense, d'acteurs plus ou moins centraux ou périphériques) et cela sur plusieurs dimensions (cognitivement, productivement, financièrement, commercialement). En outre, le réseau lui-même est inscrit dans un plan vectoriel où on peut conceptualiser différents champs institutionnels (culturel, normatif, sectoriel...). D'emblée multi-scalaire, l'outil analytique du réseau permet de situer le « ici et ailleurs » des agents étudiés à travers plusieurs dimensions d'échange et évoluant simultanément dans plusieurs contextes institutionnels.

Toutefois, si les théoriciens des TIS sont sensibles à la charge conceptuelle et la force empirique de la figure du réseau, il reste que le cadre analytique du TIS doit progresser sur la manière dont il conceptualise les interactions entre le contexte géographique et les autres briques analytiques constitutives de son cœur théorique (Bergek et al., 2015 ; Hansen, Coenen, 2015). Il convient de mieux comprendre « *how geographical contexts matter and why* » (Coenen, 2015). C'est dans cette perspective que se situe cet article. Il vise à comprendre comment les multinationales, présentes « ici et ailleurs » par essence, construisent un type de réseau particulier : celui des innovations donnant lieu à des brevets.

## 2.2. Les co-brevets, un outil pour cartographier les réseaux d'innovation

Un co-brevet est une forme particulière de brevet où les propriétaires ou bénéficiaires partagent le droit de propriété d'un brevet donné déposé conjointement (Hagedoorn, 2003; Hagedoorn et al., 2003). Comme les brevets classiques, les co-brevets mesurent le résultat des efforts inventifs mais d'efforts particuliers : ils expriment le résultat d'une recherche collective. Ils sont ainsi souvent utilisés comme indicateur du succès des alliances en RD (*cf. infra*). Les co-brevets constituent une source d'information précieuse pour identifier des réseaux formels d'innovation dès lors que l'on peut identifier (et en particulier localiser) les différents ayants droit. De la même manière que Binz *et al.* (2014) utilisaient les co-publications pour cartographier les réseaux de production de connaissances, on peut utiliser les co-brevets pour cartographier les réseaux formels de création de nouvelles technologies (en l'occurrence d'une classe de technologies, celle liée au véhicule à pile à combustible dans cet article).

D'un point de vue théorique, les co-brevets sont des objets mal identifiés et peu étudiés ; les économistes s'interrogent encore sur cet objet qui conduit à se priver d'un monopole d'innovation tout en ouvrant la porte à des comportements de *moral hazard* (Hagedoorn, 2003) et alors que d'autres modes de gouvernance pourraient être adoptés (Fontana and Geuna, 2010). Pourtant factuellement, les études disponibles montrent que les co-brevets sont utilisés de manière croissante par les firmes (Hicks et Narin, 2001 ; Hagedoorn, 2003 ; Hashimoto *et al.*, 2012). A partir des données de l'USPTO, Hagedoorn (2003) montre ainsi que leur nombre a triplé entre 1989 et 1993 bien que, compte tenu de l'augmentation générale du nombre de brevets, leur poids reste stable (de l'ordre de 1.3% du total des brevets, ce qui correspond aux résultats antérieurs fournis par Hicks et Narin). Parallèlement, Hagedoorn montre qu'il existe une très forte hétérogénéité sectorielle : les secteurs caractérisés par un fort régime d'appropriabilité possèdent une plus forte propension à déposer des co-brevets. *A contrario*, l'industrie automobile (régime d'appropriabilité faible-moderé) mobilise modérément les co-brevets. Toutefois, on peut supposer que ces résultats ont sensiblement évolué depuis les années 1990 compte tenu de du recours croissant à l'externalisation dans cette industrie (Frigant et Jullien, 2014) et, en particulier, du développement des pratiques d'open innovation (Chesbrough, 2003). Ainsi, dans une étude récente un peu plus large puisqu'intégrant également les universités et les instituts de recherche, à partir des données des offices japonais (JPO), européen (EPO) et états-unien (USPTO), Hashimoto *et al.* (2012) établissent qu'ils représentent, respectivement, 7.8%, 6.3% et 3.5% du total des applications pour l'année 2009. S'intéressant à un domaine technologique précis, Lei *et al.* (2013) calculent, sur des données USPTO que les co-brevets dans la technologie de la cellule photovoltaïque sont passés de 2.0% sur la période 1981-1990 à 3.5% entre 2001-2010.

Les recherches en économie de l'innovation autour des co-brevets s'articulent autour de deux axes de recherche.

Le premier axe s'intéresse plutôt à des questions organisationnelles dans un contexte d'open innovation. Dans la mesure où l'analyse économique standard considère que le partage des droits de propriété est une solution sous-optimale car il accroît les risques de hold-up (Aghion et Bolton, 1992), une première question émerge autour du rôle et de

l'impact des co-brevets sur les performances des firmes. Plusieurs auteurs insistent sur les problèmes d'appropriabilité des résultats de la recherche ; problème essentiellement visible lorsque les co-ayants droit sont des firmes et moins lorsqu'il s'agit d'universités. Ainsi Belderbos *et al.* (2014) montrent à partir d'une étude sur 164 entreprises européennes, japonaises et américaines entre 1995 et 2003 que la performance financière des firmes est significativement négative (positive) lorsqu'elles co-brevettent avec d'autres firmes (des universités). La valeur des brevets, mesurée par le nombre de citations, suit la même relation. Mazzola *et al.* (2012) étudient la direction des processus d'open innovation (*inbound, outbound or coupled*) de 105 entreprises enregistrées au Nasdaq dans le secteur *Industrial Machinery and Component* entre 2001 et 2010. Ils montrent que le nombre de co-brevets développés avec d'autres organisations est positivement lié, à la fois, aux performances d'innovation et financière. Une deuxième série de travaux s'intéresse à la performance des alliances inter-firmes. Kim et Song (2007) étudient la performance de 2 952 alliances nouées entre 1988 et 1995 dans l'industrie pharmaceutique. Ils soulignent le rôle de liens antérieurs entre les firmes parmi les facteurs déterminant la probabilité d'aboutir à un co-brevet. En ce sens, ils étendent les résultats de l'étude pionnière de Hagedoorn *et al.* (2003) montrant le rôle des effets d'apprentissage en matière de *joint patenting* à la base d'un processus cumulatif de recours aux co-brevets. Dans une veine similaire, Lin *et al.* (2012) cherchent à comprendre les déterminants du succès des alliances en matière de création de nouvelles technologies. Etudiant les mécanismes constitutifs de la capacité d'absorption, ils utilisent les co-brevets comme un proxy de la performance des alliances de RD. Agostini et Caviggioli (2015) étudiant les co-brevets des constructeurs automobiles Ford, Volkswagen, Toyota et BMW déposés auprès de l'EPO, montrent que les co-brevets dépendent du type de partenaires (fournisseurs, filiales) et de la complexité de la technologie en jeu. Ce travail suggère qu'on peut s'attendre pour les véhicules à pile à combustible à un nombre relativement important de co-brevets compte tenu de la complexité technologique du produit.

Le deuxième axe de recherche exploite plutôt la dimension informationnelle des co-brevets. Le co-brevet est un outil d'analyse révélant des relations entre agents dont il s'agit de tirer parti pour étudier des problèmes spécifiques. Ainsi, Petruzzelli (2011) utilise les co-brevets pour déterminer les facteurs qui contribuent à accroître les collaborations entre universités et entreprises. Fritsch et Kudic (2016) étudient les réseaux d'inventeurs ayant co-déposé en Allemagne de l'Ouest entre 1961 et 2005 dans le domaine des technologies laser, afin d'étudier les processus de structuration des réseaux de RD. Plus précisément, ils montrent que l'hypothèse d'attachement préférentiel qui permet classiquement d'expliquer l'émergence d'un schéma typique de réseaux de RD n'est pas vérifiée. Un autre champ d'application privilégié concerne les analyses géographiques. En exploitant les données sur la localisation des déposants et les domaines technologiques, plusieurs auteurs mobilisent les co-brevets (en complément d'autres variables) afin de tester l'existence de *spatial spillovers* (eg. Wanzenböck *et al.*, 2014), la performance des régions (Lecoq et Van Looy, 2009) ou encore définir des profils typiques de région en matière d'ouverture (Moreno et Miguélez, 2012). A partir des données PCT du WIPO et étudiant les co-brevets au niveau des inventeurs, Miguélez (2016) s'intéresse aux *international spillovers* de connaissance en analysant l'influence des réseaux de diasporas entre pays industrialisés et économies émergentes/en développement. Ce travail illustre d'ailleurs nos propos précédents sur

l'approche relationnelle de l'économie géographique car il confirme que les immigrés constituent autant de nœuds de réseaux connectant le « ici et ailleurs ». Lei *et al.* (2013) étudient également les réseaux internationaux qui se construisent entre 1971 et 2010 dans les technologies de cellule photovoltaïque à partir des données de l'USPTO. Bien que leur cartographie des relations internationales soit fragile (à cause d'une part d'un traitement indifférencié des données sur une si longue période alors que les règles d'enregistrement ont changé à l'USPTO et d'autre part de la domination des entreprises américaines dans la base), ils montrent au double niveau des bénéficiaires et des inventeurs, une progression significative des co-brevets internationaux (22.1% sur la période 2001-2010).

Ces derniers travaux illustrent l'apport méthodologique d'utiliser les co-brevets pour identifier et caractériser les réseaux internationaux de collaborations. Ils permettent de saisir l'existence de connexions, l'intensité des collaborations, la position des acteurs, de mesurer le poids relatif des collaborations internationales mais aussi leur évolution dans le temps. Combinées aux méthodologies d'analyse des réseaux, les données sur les co-brevets permettent donc d'identifier les nœuds, les relations de coopération et de qualifier les degrés d'internationalisation. Mais encore faut-il que les co-brevets soient un outil pertinent pour l'analyse même des TIS.

## **2.2. Les co-brevets, un outil pour caractériser le TIS véhicule à pile à combustible**

En suivant Bergek *et al.* (2008), nous considérons le TIS véhicule à pile à combustible en tant que produit/artefact (par opposition à un domaine de connaissance). En effet, la problématique cruciale du véhicule à hydrogène est d'ordre compétitif. Son développement est conditionné à sa faculté à s'imposer face à des produits concurrents à deux niveaux : voiture à pile à combustible vs. voitures thermique, hybride et électrique (Sushandoyo *et al.*, 2012); automobiles vs. autres modes assurant la mobilité individuelle (système de transport public, car-sharing...). Ainsi positionnés, on comprend que, d'emblée, les acteurs impliqués dans son émergence sont nombreux et de natures diverses :

- constructeurs avec leurs stratégies produits et leurs croyances idiosyncrasiques (Dijk et Montalvo, 2012) ;
- fournisseurs de technologies complémentaires concernant aussi bien le produit voiture lui-même que les éléments connexes comme le système de rechargement ;
- puissances publiques (locales et/ou nationales) dans leurs stratégies d'inciter les consommateurs (ou non) à acheter ce type de véhicules et à accompagner (ou non) le développement des infrastructures supports (ce qui ne renvoie pas uniquement à des questions financières mais aussi réglementaires en matière de normes de sécurité, d'urbanisme, etc.) ;
- ONG et notamment associations environnementales dans leurs stratégies de défense d'un « monde sans automobile » ou « avec moins d'automobiles mais plus propres ».

L'émergence du véhicule à pile à combustible relève donc de défis technologiques (lever les verrous clés, améliorer les performances du produit), économiques (générer des économies d'échelle mais aussi de gamme et de substitution avec les autres productions automobiles), de guerre de standard (quelle(s) norme(s) pour les infrastructures de

recharge ?, etc.), de politique industrielle et de l'innovation mais aussi de politique du bien-être (inclusion/exclusion sociale, pollution, etc.). L'ensemble de ces arbitrages étant eux-mêmes soumis à la résilience des autres systèmes avec lequel le TIS véhicule à pile à combustible interagit<sup>1</sup>.

L'avènement de la voiture à hydrogène est dès lors hautement problématique et nous formulons le postulat que son avenir sera en grande partie déterminé par la capacité des constructeurs (et de chacun des constructeurs pris individuellement dans le champ concurrentiel) à construire l'écosystème technico-économique permettant son développement (**son** écosystème qui correspond à **sa** solution technologique dans sa trajectoire individuelle) ce qui repose notamment sur leur capacité à convaincre d'autres acteurs à s'engager dans l'aventure du véhicule à hydrogène. Ce postulat est théoriquement fondé sur les travaux étudiant la manière dont s'effectue la construction sociale de l'industrie automobile (Jullien et Smith, 2011 ; Jullien *et al.* 2015). Les règles et normes qui entourent le fonctionnement du marché automobile sont en effet le fruit d'un processus complexe de conflit-coopération où différents acteurs (firmes –constructeurs, équipementiers, fournisseurs, producteurs des carburants...-, organisations de la société civile, institutions politiques formelles, etc..) porteurs eux-mêmes d'intérêts hétérogènes (constructeurs possédant un avantage comparatif sur certains types de modèles par rapport à d'autres [diesel vs. essence, électrique vs. thermique, modèle de gamme supérieure vs. modèle de gamme inférieure] ; Etats souhaitant soutenir leurs constructeurs nationaux s'opposant entre eux éventuellement et Etats non constructeurs d'automobiles...) défendent des positions contrastées auprès des instances de définition du cadre institutionnel et dans les lieux où se construisent les argumentations de légitimation des décisions politiques mais aussi dans les espaces où se médient les questions jugées essentielles à traiter (quels enjeux clés pour la société ? par exemple, lutte contre le CO2 vs. lutte contre les particules fines pour prendre une controverse actuelle (Klebaner, 2018)). Dans cette perspective, un des enjeux des opérateurs de l'automobile (quel que soit leur place dans l'industrie) consiste à construire des coalitions dont un premier enjeu est de fédérer autour de leur position d'autres acteurs et un second enjeu est d'envoyer un signal aux autres firmes, organisations et institutions régulatrices et supports des industries. Les co-brevets participent de cette construction d'une coalition formelle et à ce titre, ils constituent un vecteur de la construction du TIS véhicule à pile à combustible.

En effet, les co-brevets répondent à un double objectif : 1) accéder à des ressources complémentaires ; 2) contribuer à la structuration des alliances entre acteurs. La littérature sur les co-brevets s'inscrit souvent dans le « *paradox of openness* », *i.e.* d'un côté la création de nouvelles technologies est favorisée par l'ouverture mais de l'autre l'exploitation commerciale de l'innovation requiert l'appropriation (Laursen et Salter, 2014). D'un côté, les co-brevets révèlent une collaboration fructueuse issue d'une combinaison de ressources complémentaires, de l'autre ils génèrent des problèmes de contrôle des droits de propriété (Delerue-Vidot et Lejeune, 2012).

---

<sup>1</sup> Que l'on pense à la baisse récente du prix du pétrole qui re-questionne les calculs antérieurs de rentabilité entre véhicules non thermiques et thermiques

Toutefois, ce dilemme n'est peut-être pas le plus crucial lorsqu'on s'interroge sur une technologie émergente. En effet, les travaux sur les TIS soulignent qu'un domaine technologique est confronté à une multitude d'enjeux : verrous technologiques, croyance/anticipation des acteurs en la technologie/marché, barrières réglementaires, etc. Dans un tel contexte, notre hypothèse est que les co-brevets possèdent une autre fonction que celles d'accéder à des ressources externes complémentaires non possédées en interne : ils ont fonctionnellement un rôle à jouer dans la construction du TIS. Cette hypothèse permet également de reconsidérer la perception des *joint patents as a second best* (Hagedoorn, 2003) traditionnellement soulignée car insistant sur les enjeux en matière de contrôle des droits de propriété (Aghion et Bolton, 1992 ; Delerue-Vidot et Lejeune, 2012). S'il ne s'agit pas de nier que des problèmes de hold-up puissent exister, l'hétérogénéité des droits de propriété attachés aux co-brevets (Hashimoto et al., 2012) alors même que le nombre de dépôts augmente en valeur absolue et relative dans l'ensemble des offices, suggère que ce problème est moins prégnant que ce qui est traditionnellement considéré. On peut d'ailleurs renverser l'argumentation : face aux incertitudes technologiques, économiques et politiques pesant sur le devenir des voitures à hydrogène, les acteurs mobilisent de manière stratégique le co-brevet pour marquer des territoires conjoints, pour former des coalitions formelles entre acteurs co-brevetant ensemble. Un co-brevet est un moyen de verrouiller deux (ou plus) acteurs (constructeur(s) et fournisseur(s) d'énergie par exemple) sur une trajectoire technologique, et donc un moyen de réduire l'incertitude liée à l'hétérogénéité des choix technologiques. A un autre niveau, un co-brevet envoie un signal aux autres acteurs du TIS sur l'émergence d'un consensus sur un choix technologique et/ou montre que deux (ou plus) acteurs croient suffisamment en son avenir pour s'engager en commun dans une trajectoire donnée. Dans une lecture plus politique, la nécessité de convaincre les gouvernements de soutenir le développement des véhicules à pile à combustible (car autant le prix du produit lui-même que les coûts des infrastructures liées sont très élevés) encourage également au dépôt de co-brevets entre acteurs nationaux. En effet, en impliquant des acteurs situés dans des positions différentes le long de la chaîne de valeur (universités réputées, constructeurs, grands fournisseurs de l'automobile, fournisseurs d'énergie et d'infrastructures de recharges,...), les co-brevets envoient un signal sur le degré d'engagement crédible des industriels et leur capacité à faire coalition autour d'eux, et ce faisant contribue à légitimer une intervention publique visant à enclencher le marché par un soutien public direct et/ou indirect<sup>2</sup>.

Si on accepte cette interprétation des co-brevets comme, à la fois, le résultat d'un effort conjoint d'innovation, un signal envoyé aux autres entreprises sur la trajectoire d'innovation et une coalition formelle d'acteurs cherchant à peser sur la sphère institutionnelle, alors, l'analyse des co-brevets constitue un outil précieux pour l'analyse d'un TIS. Outre que comme les brevets (Bergek *et al.*, 2008 : 413), leur analyse contribue à l'identification des acteurs impliqués dans le TIS étudié<sup>3</sup>, nous souhaitons insister ici sur le fait que l'identification des réseaux de co-brevets participe à une meilleure description du « *functional pattern of the TIS* » (Bergek *et al.*, 2008).

---

<sup>2</sup> L'engagement politique du gouvernement français en faveur du véhicule électrique tient en partie au fait que Renault s'est engagé à produire sa gamme électrique en France.

<sup>3</sup> Nous n'insistons pas sur ce point parce que notre approche consiste à démarrer l'analyse depuis des acteurs pré-identifiés (les constructeurs) et donc n'utilise pas cette dimension informationnelle du brevet.

Ainsi, les co-brevets contribuent à l'identification du *type of knowledge development*. L'étude des domaines dans lesquels déposent les acteurs permet de comprendre vers où s'orientent les efforts collectifs. L'analyse des citations et la construction d'arbres de citations notamment peuvent permettre de reconstruire des trajectoires de développement technologiques et/ou d'identifier les technologies cœurs d'un champ technologique, comme le font Ha *et al.* (2015) sur le cas de 1 469 brevets<sup>4</sup> Fuel Cell Vehicles déposés à l'USPTO entre 1991 et 2010. De manière similaire, les co-brevets permettent de saisir *the influence on the direction of search*. Outre l'analyse des domaines de dépôts, l'analyse des réseaux de collaborations ici est particulièrement intéressante. L'identification des co-bénéficiaires permet de voir entre qui se nouent des coalitions d'intérêt et dans quelles directions s'orientent the « *visions, expectations and belief in growth potential* » (Bergek *et al.*, 2008 : 415). *The entrepreneurial experimentation* sera plutôt perceptible grâce à un suivi longitudinal des co-brevets visant à repérer l'entrée de nouveaux acteurs dans le développement du véhicule à pile à combustible. A partir d'une liste prédéfinie de mots clés ou de codes de la Classification Internationale des Brevets (CIB), on peut repérer à quel moment certains acteurs entrent dans le domaine technologique et en s'alliant avec qui. *The market formation* n'est pas directement appréhendable par les co-brevets (et brevets). On peut toutefois, en avoir une approximation en utilisant la courbe en S : on admet généralement que lorsqu'une technologie émerge, elle se traduit par une première phase où le nombre de brevets déposés et le nombre de déposants s'accroissent simultanément. Traduisant à la fois la croyance croissante des acteurs dans la crédibilité de la technologie et l'exploration de différentes solutions technologiques mais aussi l'approfondissement des sous-domaines liés dans le cas de produits complexes. Puis s'enclenche une phase de retournement sur ces deux dimensions signalant une forme de maturité de la technologie et du produit qui correspond à sa commercialisation. Si on accepte l'hypothèse que les co-brevets suivent le même type de trajectoire, on peut utiliser les co-brevets pour interpréter l'état de la trajectoire technologique du TIS. *The process of legitimisation* peut aussi être éclairé indirectement par les co-brevets. En analysant le type d'acteurs intégrés dans leurs réseaux de collaborations par les principaux promoteurs de la technologie, on peut comprendre comment ils cherchent à nouer des coalitions (politiques) visant à légitimer le véhicule à pile à combustible. Ainsi, un constructeur déposant avec des fournisseurs et des distributeurs d'hydrogène envoie un signal sur la maturité du produit et sur son enjeu économique aux yeux des gouvernements nationaux. Il montre que l'ensemble des technologies liées au produit font consensus, ce qui devrait accroître son pouvoir d'influence sur les autorités publiques. Enfin, les co-brevets peuvent aussi aider à mieux saisir *the resource mobilization*. C'est en particulier le cas pour ce qui concerne les *complementary assets* (qui renvoient dans le cadre théorique des TIS aux produits et services liés ainsi qu'au réseau d'infrastructure), soit à partir d'une analyse des *backward citations* des co-brevets déposés, soit à partir des acteurs impliqués dans le réseau de collaborations.

Deux précisions importantes. En premier lieu, il ne s'agit nullement de soutenir ici que l'analyse des co-brevets remplace les autres outils méthodologiques habituellement utilisés pour étudier les TIS. Nombre de dimensions de l'analyse des TIS ne peuvent pas être captées par les co-brevets. La démarche monographique, mêlant analyse qualitative fine et outils

---

<sup>4</sup> Leur requête semble toutefois assez restrictive ce qui explique le faible nombre de brevets identifiés.

quantitatifs, demeure au cœur de la méthodologie empirique. Les co-brevets ne permettent d'observer certaines dimensions que de manière indirecte et, en outre, sont muets sur certaines autres. Notre proposition est plus modeste : étudier les co-brevets constitue une brique de compréhension du fonctionnement du TIS. C'est pourquoi parmi les 6 étapes identifiées par Bergek *et al.* (2008), nous considérons que l'analyse des co-brevets complète l'analyse des étapes 2 et 3, l'identification des *structural components and functions*. Il s'agit donc d'une brique parmi d'autres, peut-être pas la plus essentielle, mais une brique qui mérite d'être intégrée parmi les outils d'analyse. En deuxième lieu, et *a contrario*, l'analyse des co-brevets peut révéler des éléments du fonctionnement d'un TIS difficilement perceptibles autrement. Ainsi, l'étude du réseau des collaborations permet de caractériser le réseau formel de collaborations en matière de RD des principaux acteurs impliqués dans la construction d'une technologie donnée. Il peut ainsi apporter des éléments précieux de compréhension de la manière dont se constituent les frontières géographiques de la création des innovations attachées au TIS focal. C'est cette question que nous explorerons dans les sections suivantes.

### 3. Données et méthodologie

L'objectif de cet article étant de comprendre comment s'établissent les frontières géographiques d'un TIS porté par des multinationales, l'échantillon de firmes retenues recouvre les 10 principaux constructeurs automobiles mondiaux. Une hypothèse sous-jacente est que les véhicules à pile à combustible ne pourront être introduits que par des *incumbents*. Actuellement, aucune autre entreprise ne développe de projets de tels véhicules et donc cette hypothèse est réaliste. En prenant les 10 premiers groupes mondiaux<sup>5</sup>, l'essentiel des acteurs portant le TIS focal appréhendé dans son aspect artefact<sup>6</sup> est dès lors couvert. Précisons enfin que les données ont été agrégées au niveau Groupe automobile, même si dans une étape intermédiaire certaines marques ont été dissociées afin de faciliter la désambiguïsation dans les bases manipulées (exemple, tableau 1). Les 10 groupes retenus (13 marques) sont Audi-Volkswagen<sup>7</sup>, BMW, Daimler, Groupe PSA (Peugeot Citroën), Renault-Nissan, Ford, General Motors, Hyundai-Kia, Honda, Toyota.

#### 3.1. Construction de la base de données

La base des co-brevets a été constituée selon le modèle de recherche représenté par la figure 1.

Les données initiales proviennent de la base FAMPAT Orbit de Questel. Travailler sur des données d'offices particuliers (USPTO, EPO, JPO) ou une base internationale (PCT), aurait en effet introduit des biais domestiques puisqu'on sait que les firmes déposent en premier lieu dans leur office et utilisent la procédure PCT plutôt pour des brevets de forte valeur. Ainsi, Friestsch and Schmoch (2010) utilisent FAMPAT de Questel pour éviter ces biais.

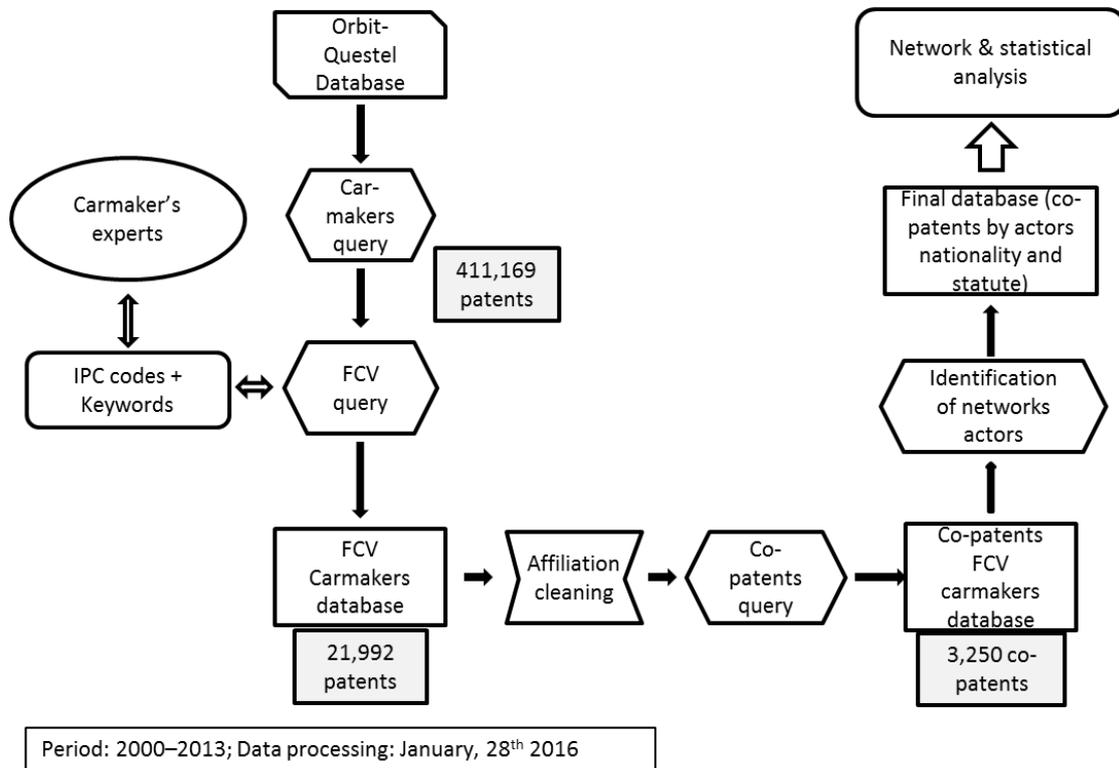
<sup>5</sup> FIAT Chrysler n'est pas introduit dans cette analyse car la fusion de deux firmes amorcée en 2009 par une prise de participation minoritaire rend l'analyse de la nationalité du groupe complexe.

<sup>6</sup> Le TIS FCV appréhendé en tant que connaissance conduirait à devoir introduire d'autres acteurs.

<sup>7</sup> Dans la recherche, les autres grandes filiales du groupe VW, Seat et Skoda, ont été considérées mais elles ne possèdent aucun brevet dans les FCV.

Notons que le traitement en familles de brevets permet d'éviter les doublons/triplons liés au dépôt dans deux/trois offices.

Figure 1. Modélisation de la construction de la base de données



La période retenue va de 2000 à 2013. Le choix de la période s'explique par le fait que les constructeurs ont considérablement accentué leurs efforts en matière de RD sur les véhicules à pile à combustible durant cette période qui voit arriver les premiers prototypes proches des modèles commercialisés il y a peu (cf. annexe 1). Les brevets sont datés d'après l'année de priorité car il est d'usage de considérer qu'elle correspond à la date la plus proche de l'innovation. Compte tenu de notre objectif, elle constitue la meilleure date possible pour identifier l'engagement des acteurs dans une collaboration de recherche. Notons que le changement de règles de publications auprès de l'USPTO en 2001 amène un très léger biais pour les premières années des données. Le recueil des données a été borné en 2013 pour tenir compte des délais entre soumissions et publications (18 mois en moyenne) et des délais de mise à jour de la base Orbit.

La première requête consistait à extraire tous les brevets des constructeurs. On parvient ainsi à un total de 411 169 brevets déposés entre 2000 et 2013. Sur cette sous-base initiale, une requête sur les technologies de pile à combustible a été réalisée. Cette requête fut construite de manière itérative avec des experts d'un constructeur automobile français. En effet, les stratégies de recherche fondées sur l'usage des seuls mots clés donnent des résultats trop larges. Une première requête fut réalisée sur la base de « concepts » Fuel Cell et de « codes » tels qu'ils sont proposés par la Classification Internationale des Brevets (IPC). Sur un échantillon de brevets identifiés, les experts ont produit des retours et la requête a été affinée. La requête finale a été validée par un expert du constructeur qui a comparé la

totalité des brevets référencés dans notre base pour son entreprise par rapport aux brevets que ce constructeur possède sur les technologies Fuel Cell vehicle. Dès lors, la requête a été lancée sur l'ensemble de la sous-base des brevets des 13 constructeurs obtenant ainsi une sous-base de 22 272 brevets FCV. Cette sous-base a été ensuite retraitée afin de travailler au niveau des 10 groupes de constructeurs et les doublons furent éliminés de sorte que la base « finale » comprend 21 992 brevets (Figure 2, Annexe 2 pour les détails des codes).

**Figure 2.** Requête Fuel Cell Vehicle



L'étape suivante a consisté à nettoyer la base : vérification des noms des entreprises et de leurs affiliations. Ce travail a été réalisé manuellement, ligne par ligne.

A partir de là, les co-brevets, compris comme un brevet déposé par au moins deux ayants droit, ont été extraits de la sous-base FCV. Au niveau agrégé des groupes, 3 250 co-brevets ont été identifiés. Dans la perspective de la construction de la matrice des relations entre acteurs, deux solutions se présentent pour traiter les co-brevets détenus par plus de deux acteurs. Soit on traite chaque collaboration comme une relation unique (whole count method), soit on divise le nombre de collaborations par le nombre de co-proprétaires (fractional counting). En suivant Lei *et al.* (2013) (p.431-432), une pondération de 1 est attribuée à chaque couple de bénéficiaires afin de mieux capter la diversité (potentielle) des collaborations.

La dernière étape consiste à identifier la nationalité et la nature des partenaires<sup>8</sup>. Pour ce faire, nous avons procédé de manière manuelle : chaque partenaire a été identifié à partir de la base Zephyr, de l'agrégateur de presse Factiva et en dernier ressort d'une recherche internet.

### 3.2. Principaux indicateurs utilisés

Nous utilisons deux grands types d'indicateurs. Les premiers visent à caractériser la structure du réseau. Il s'agit de décrire la forme générale du réseau étudié ainsi que les comportements distinctifs des acteurs composant le réseau.

**La centralité de degré (Degree Centrality)** est la mesure de l'importance dans un réseau d'un individu par rapport à ses plus proches voisins. Elle est déterminée par le nombre de liens (connexions) d'un individu. Un individu dont la centralité de degré est élevée, collabore avec un grand nombre d'individus du réseau.

$$C^{deg}(v_i) = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N d_{ij} \quad (1)$$

<sup>8</sup> Contrairement à certaines études qui travaillent au niveau des inventeurs, nous retenons comme unité d'analyse les relations entre des organisations. En effet, notre objectif est de mettre en avant un réseau formel de collaborations traduisant des efforts collectifs de recherche mais aussi des coalitions d'intérêt. Cette approche par les organisations bénéficiaires convient donc à notre objectif de recherche.

$$C^{deg}(v_i) \in ]0; 1] ;$$

$N$  : nombre total d'individus dans le réseau

$d_{ij}$  : lien d'un individu  $i$  avec un individu  $j$

**La centralité de degré pondéré (Weighted Degree Centrality)** est la mesure de l'importance dans un réseau d'un individu par rapport à ses plus proches voisins. Elle est déterminée par le nombre de liens d'un individu pondéré par le nombre d'interactions avec ce même individu. Un individu dont la centralité de degré pondéré est élevée co-dépose un nombre important de brevets avec un grand nombre d'individus du réseau.

$$C^{weideg}(v_i) = \sum_{j=1}^N d_{ij} * w_{ij} \quad (2)$$

$$C^{weideg}(v_i) \in ]0; +\infty[$$

$w_{ij}$  : le nombre de brevets co-déposés de l'individu  $i$  avec l'individu  $j$

**La centralité de proximité (Closeness Centrality)** est la mesure de la proximité entre deux nœuds d'un réseau. C'est le nombre minimum de degrés (collaborations) qu'un individu  $i$  doit réaliser pour rencontrer un individu  $j$  en l'état actuel du réseau.

$$C^{pro}(v_i) = \frac{N-1}{\sum_{j=1}^N d_{min\{ij\}}} \quad (3)$$

$$C^{pro}(v_i) \in ]0; 1]$$

**La centralité d'intermédiation (Betweenness Centrality)** est la mesure de l'importance d'un individu qu'il est nécessaire de rencontrer pour faire se joindre deux nœuds quelconques dans un réseau. Elle se mesure par le nombre de plus courts chemins (chemins géodésiques) passant par un nœud  $i$ . Une centralité d'intermédiation proche de 0 signifie que l'individu  $i$  est peu influent sur les autres acteurs du réseau. A l'inverse, l'indicateur proche de 1 traduit une influence importante de l'individu  $i$  sur les autres individus du réseau.

$$C^{int}(v_i) = \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N \frac{g(v_i)_{jk}}{g_{jk}} \quad (4)$$

$g(v_i)_{jk}$  : Le nombre de plus courts chemins entre les individus  $j$  et  $k$  passant par  $i$

$g_{jk}$  : Le nombre de plus courts chemins entre les individus  $j$  et  $k$

$$C^{int}(v_i) \in ]0; 1]$$

**L'excentricité (Eccentricity)** mesure la distance depuis un nœud de départ vers le nœud le plus loin dans le réseau. Une excentricité faible (proche de 1) traduit une proximité élevée d'un individu  $i$  avec tous les individus  $j$  du réseau. A l'inverse, un individu dont l'excentricité est élevée, révèle une position périphérique de l'individu dans le réseau.

$$ecc(v_i) = \max d(i, j) \quad (5)$$

$d(i, j)$  : le nombre de degrés de séparation entre un individu  $i$  et un individu  $j$

$$ecc(v_i) \in [1; +\infty[$$

**Le diamètre (Diameter)** mesure la distance maximum des individus les plus éloignés du réseau. Le diamètre permet d'apprécier l'étendue du réseau. Si le diamètre augmente alors le réseau s'étend avec l'arrivée de nouveaux acteurs en périphérie du réseau (avec une excentricité élevée), à l'inverse de nouvelles connexions consolident le réseau existant.

$$D = \max ecc(v_i) \quad (6)$$

$$D \in [1; +\infty[$$

Dans une seconde étape, à partir de l'indice E-I proposé par Krackhardt et Stern (1988), un "**Indice de nationalisation**" est calculé. Il est défini comme le ratio du nombre de liens entre acteurs à l'intérieur du pays ( $L_i$ ) moins les liens externes entre acteurs ( $L_e$ ) divisé par la somme des liens (internes et externes). L'équation 7 donne une mesure directe de l'importance moyenne des interactions domestiques dans le réseau d'un constructeur. Cette valeur varie de -1 à +1. Un score positif indique que le nombre de liens nationaux est supérieur au nombre de liens internationaux. Lorsque le ratio est égal à 0, ceci signifie que les co-brevets internationaux sont aussi nombreux que les co-brevets nationaux. Si le score est négatif, alors les collaborations internationales sont plus nombreuses que les collaborations nationales.

$$Ni_{Oem} = \frac{\sum_i^L Li - \sum_e^L Le}{\sum_i^L Li + \sum_e^L Le} \quad (7)$$

$L$  : links among firms of the network

$$Ni_{oem} \in [-1; +1]$$

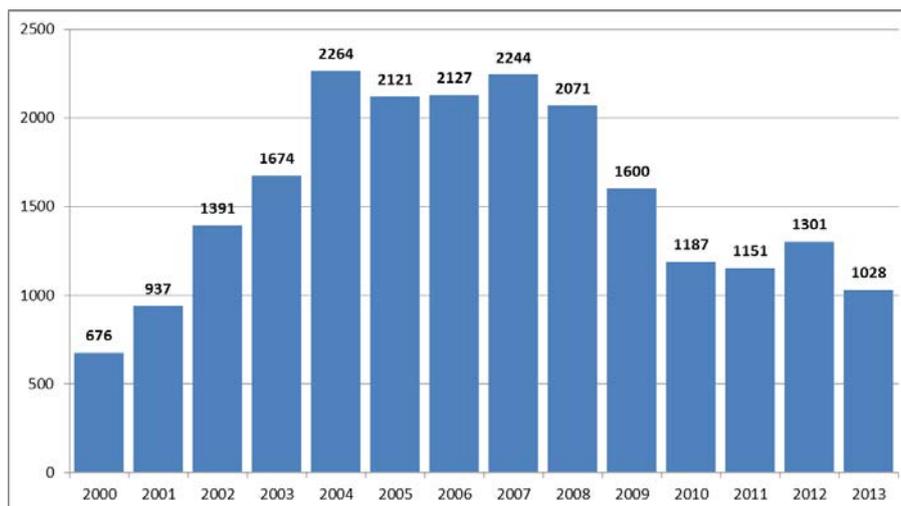
Ces différents indicateurs vont permettre tout d'abord de caractériser la structure générale du réseau et son évolution dans le temps puis de mesurer le niveau d'internationalisation des acteurs et là encore son évolution dans le temps

## 4. Résultats

### 4.1. Statistiques descriptives sur des dépôts de brevets et co-brevets FCV

Trois périodes peuvent être distinguées lorsqu'on observe les dépôts annuels de brevets FCV des 10 groupes de constructeurs automobiles (cf figure 3). Le début de la décennie 2000 est marqué par une forte augmentation du nombre de dépôts jusqu'en 2004 : de 676 dépôts en 2000, on atteint 2 264 en 2004. La deuxième période correspond aux années 2005-2009, où les efforts inventifs se stabilisent à un haut niveau. La troisième période (2010-2013) correspond à un deuxième plateau où le nombre de dépôts annuels oscille entre 1 028 et 1 301. Ces trois périodes seront celles mobilisées par la suite pour cartographier les comportements des firmes.

**Figure 3.** Nombre de dépôts annuels de brevets pour les 10 constructeurs



*Source : Données FAMPAT-Orbit, Requête et graphique : auteurs*

Le poids de chacun des constructeurs dans cette évolution diffère sensiblement. En matière de volume, les plus importants déposants de brevets liés aux technologies FCV sont les constructeurs japonais. Toutefois, si on ne peut nier que ces derniers investissent largement dans ces technologies, rappelons que les pratiques de dépôts de brevets des entreprises japonaises (fragmentation des brevets, dépôts sans demandes suivies d'examens, fort taux d'abandon) relativisent cette domination (Flamand, 2016). Cependant, l'analyse du poids que ces technologies représentent dans le portefeuille de brevets des constructeurs confirme le fort intérêt des japonais pour les FCV puisque 10,4% des familles déposées sur la période par Nissan portent sur ces technologies ; viennent ensuite Honda (7,7%) et Toyota (7,3%). L'intérêt est moindre chez les autres constructeurs même s'il convient de noter les forts investissements de Daimler et General Motors, en volume et en pourcentage (resp. 1 080 familles soit 4,5% et 1 304 soit 6,4%). Côté Audi-Volkswagen, Audi s'est vu confié la responsabilité de développer les FCV au sein du groupe avec un portefeuille de 330 familles ce qui représente 4,5% du total de ses brevets. Les autres constructeurs éprouvent un intérêt nettement moindre, en volume et en pourcentage, même si on doit noter le cas particulier de Hyundai qui détient un volume important de brevets (3 941) bien que celui-ci représente un poids faible dans son portefeuille total (2,0%).

Les comportements en matière de co-brevets sont très disparates. Trois groupes se dessinent. Ford, Groupe PSA et Audi-Volkswagen développent plus de la moitié de leur technologies FCV par le biais de co-brevets. Notons que le poids des collaborations dans les FCV semblent bien plus élevé que les calculs de Agostini et Caviggioli (2015) réalisés pour Ford et Volkswagen sur une période plus récente (post-2004) à partir de données EPO sur l'ensemble des domaines technologiques : Ford co-dépose 10% de ses brevets et Volkswagen 16,5% suggérant que ces deux constructeurs sont plus ouverts aux collaborations en matière de FCV. Toutefois, comme pour le Groupe PSA, les deux constructeurs détiennent un petit portefeuille ce qui se reflète dans le faible poids des technologies FCV dans leur portefeuille total.

**Tableau 1.** Portefeuille de brevets des constructeurs (en famille, unités et %) – 2000-2013

	Country	# family patents (all technologies)	# family patents in FCV tech.	% FCV family patents /total family patents	# Co-patents in FCV tech.	% co-patents in FCV tech.
AUDI	Germany	7,305	330	4.5%	285	86.4%
BMW	Germany	10,096	152	1.5%	30	19.7%
Daimler	Germany	23,675	1,080	4.6%	278	25.7%
Ford	USA	14,408	417	2.9%	249	59.7%
General Motors	USA	20,280	1,304	6.4%	44	3.4%
Honda	Japan	51,344	3,941	7.7%	289	7.3%
Hyundai	South-Korea	82,893	1,632	2.0%	379	23.2%
Kia Motors	South-Korea	12,418	274	2.2%	272	99.3%
Nissan	Japan	38,217	3,974	10.4%	150	3.8%
Groupe PSA	France	10,814	96	0.9%	42	43.8%
Renault	France	9,227	202	2.2%	12	5.9%
Toyota	Japan	119,006	8,687	7.3%	1,492	17.2%
Volkswagen	Germany	11,486	183	1.6%	8	4.4%
Audi-Volkswagen	Germany	-	513	-	293	57.1%
Renault-Nissan	Japan <sup>(1)</sup>	-	4,168	-	154	3.7%
Hyundai-Kia	South-Korea	-	1,634	-	379 <sup>(2)</sup>	23.2%

**Notes :**

(1) Compte tenu de la domination de Nissan dans le développement des FCV (illustré ici par le nombre de brevets mais aussi par le fait que Renault ne possède pas de projet en propre de commercialiser de telles voitures), nous considérons le groupe Renault-Nissan comme japonais.

(2) Le cas de Kia Motors illustre l'intérêt de travailler au niveau groupe car la totalité de ses brevets FCV sont déposés avec Hyundai ce qui explique que le total de co-brevets du groupe Hyundai-Kia soit identique à celui de Hyundai seul.

**Source :** Données FAMPAT-Orbit ; **Requête et calculs :** auteurs

Daimler, Hyundai-Kia, BMW et Toyota utilisent les co-brevets de manière assez intensive (resp. 25,7%, 23,3%, 19,7% et 17,2%). Le taux de Toyota apparaît assez proche des résultats fournis par Hashimoto *et al.* (2012) qui montrent à partir de données du JPO qu'en 2009, 24% des brevets déposés par Toyota sont des co-dépôts. Sur le seul code IPC H01M (*Batteries for direct conversion of chemical energy into electrical energy*), les co-brevets représentent 30% du total des brevets déposés par Toyota<sup>9</sup> au JPO entre 2000 et 2002, taux qui décline ensuite jusqu'à atteindre les 15% en 2007 et remonter à près de 20% en 2009 (Hashimoto *et al.*, 2012). Agostini et Caviggioli (2015) fournissent des résultats assez proches pour Toyota (18.7%) et BMW (18.9%) suggérant que le comportement des deux constructeurs ne diffère guère par rapport à leur pratique générale d'innovation (tous domaines technologiques confondus). Notons cependant que BMW est nettement moins impliqué que Daimler, Hyundai-Kia et Toyota en matière de dépôts de brevets sur les technologies FCV. Ceci s'explique probablement par la volonté de BMW de rattraper son

<sup>9</sup> Précisons enfin que Toyota a décidé de libérer en mars 2015, 5 680 brevets qu'il détenait sur les FCV. L'objectif est d'encourager la diffusion des technologies FCV afin que ses concurrents puissent développer des voitures à hydrogène au moment où Toyota lance la commercialisation de la Mirai.

retard récemment comme l'illustre la signature d'un accord de collaboration en juin 2012 avec Toyota visant le développement, notamment des technologies FCV. Enfin, Honda, General Motors, et Nissan-Renault recourent faiblement aux co-brevets (resp. 7,3%, 3,4% and 3,7%) alors qu'ils se montrent plutôt intéressés par le développement des FCV si on en croit leur nombre de brevets déposés.

#### 4.2. La structure du réseau de co-brevets et son évolution dans le temps

L'analyse de la structure du réseau par les indicateurs de centralités vise à comprendre l'évolution du réseau de co-dépôts de brevets et la position relative de chacun des constructeurs dans le réseau. Globalement, une première phase d'expansion est observable entre la première et la deuxième période. Une phase de consolidation du réseau des constructeurs s'observe entre la deuxième et la troisième période.

Le diamètre (D) du réseau permet d'apprécier la distance la plus longue entre les déposants les plus éloignés du réseau. Cet indicateur s'associe avec celui mesurant l'excentricité ( $ecc(v_i)$ ) qui permet d'apprécier la position relative des constructeurs par rapport aux autres constructeurs dans le réseau. Entre les deux premières périodes, la taille du réseau augmente (D = 9 en 2000-2005 / D = 10 en 2000-2009) avec l'arrivée en périphérie du réseau de PSA et de Hyundai-Kia qui ont une excentricité élevée ( $ecc(v_{PSA}) = 9$  ;  $ecc(v_{HYUNDAI-KIA}) = 9$ ). Leur position s'explique par une connexion au réseau global *via* un volume de collaborations faibles et *via* l'intermédiaire d'autres acteurs essentiellement publics. Ainsi, PSA se connecte au réseau des constructeurs par ses co-dépôts de brevets avec le CNRS. Hyundai-Kia se connecte au réseau *via* ses travaux avec l'université de Pennsylvanie. La Betweenness centrality ( $C^{int}(v_i)$ ) permet de mesurer l'influence des acteurs dans le réseau. Entre la première et la deuxième période Toyota devient très influent par ses collaborations ( $C^{int}(v_i) = 0,607$ ) par rapport aux autres constructeurs. Toyota est à la fois, au centre d'une multitude de projets au Japon visant à développer le véhicule à pile à combustible, et a intégré en 1999 le *California Fuel Cell Program* (CAFCP) qui lui permet de se connecter à d'autres acteurs internationaux. Ce double mouvement lui a permis d'étendre significativement son réseau et de développer de fortes compétences dans le domaine de la voiture à hydrogène ce qui s'illustre par le volume de ses dépôts de brevets et de ses collaborations.

**Tableau 2.** Indicateurs de la structure du réseau

	Weighted Degree			Eccentricity		
	2000-2004	2000-2009	2000-2013	2000-2004	2000-2009	2000-2013
AUDI-VOLKSWAGEN	136	279	413	5	6	4
BMW	28	39	42	6	5	5
DAIMLER	90	309	345	6	6	6
FORD	71	271	306	6	7	6
GENERAL MOTORS	28	45	54	8	7	5
HONDA	182	305	329	7	5	6
HYUNDAI-KIA	x	78	142	x	9	6
PSA	x	36	46	x	9	7
RENAULT-NISSAN	53	137	174	6	7	5
TOYOTA	373	1255	1653	7	5	5

	Degree Centrality			Closeness Centrality			Betweenness Centrality		
	2000-2004	2000-2009	2000-2013	2000-2004	2000-2009	2000-2013	2000-2004	2000-2009	2000-2013
AUDI-VOLKSWAGEN	0,055	0,050	0,046	0,345	0,384	0,431	0,271	0,146	0,098
BMW	0,050	0,041	0,040	0,260	0,328	0,343	0,279	0,128	0,072
DAIMLER	0,077	0,064	0,056	0,257	0,261	0,317	0,094	0,094	0,086
FORD	0,095	0,064	0,054	0,248	0,248	0,297	0,122	0,070	0,061
GENERAL MOTORS	0,118	0,095	0,090	0,188	0,312	0,360	0,235	0,291	0,173
HONDA	0,164	0,134	0,125	0,291	0,336	0,330	0,264	0,223	0,187
HYUNDAI-KIA	x	0,053	0,084	x	0,202	0,312	x	0,113	0,178
PSA	x	0,014	0,012	x	0,198	0,215	x	0,006	0,005
RENAULT-NISSAN	0,164	0,158	0,161	0,322	0,323	0,371	0,255	0,241	0,250
TOYOTA	0,282	0,329	0,335	0,319	0,425	0,475	0,481	0,607	0,604

Notes :

(1) PSA et HUNDAI-KIA ne sont pas connectés au réseau global des constructeurs en première période. Les indicateurs ne peuvent être comparés en première période pour ces deux acteurs.

Diameter	2000-2005	2000-209	2000-2013
	9	10	8



Figure 4b. Réseau des co-brevets sur la période 2000-2009

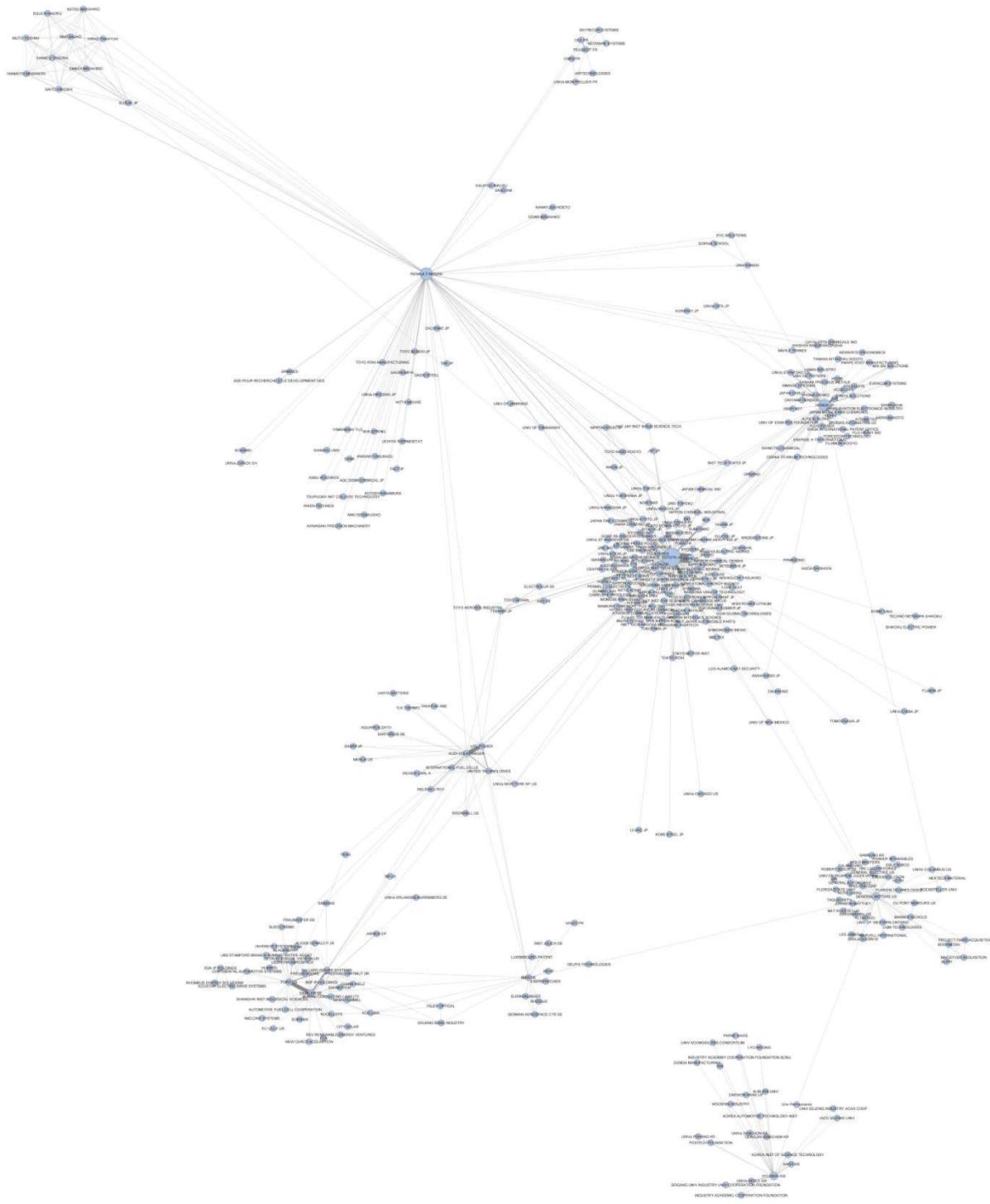
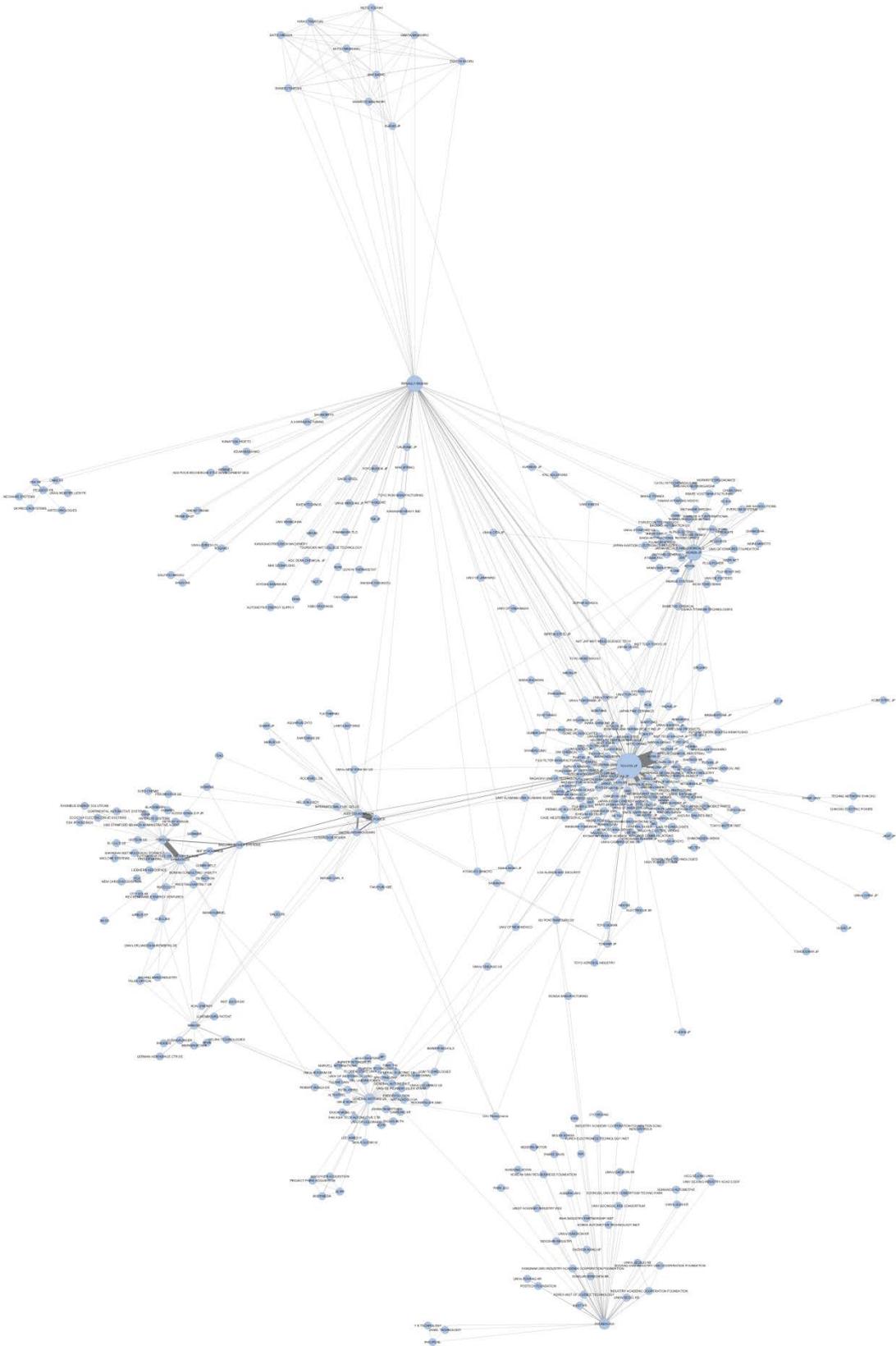


Figure 4b. Réseau des co-brevets sur la période 2000-2013



La troisième période se caractérise par une consolidation du réseau comme en témoigne la diminution globale du diamètre ( $D = 8$ ). L'arrivée de nouveaux acteurs dans le réseau renforce les relations déjà existantes notamment autour de Renault-Nissan, Toyota et Hyundai-Kia. Chez ces trois constructeurs on observe une augmentation conjointe du Degree Centrality et du Weighted Degree. Les collaborations de Hyundai-Kia se focalisent essentiellement sur des acteurs coréens. L'indicateur de Closeness centrality  $[(C)]^{\text{pro}}(v_i)$  montre la proximité d'un acteur auprès de l'ensemble des acteurs du réseau. Audi-Volkswagen ( $C^{\text{pro}}(v_{\text{AUDI}}) = 0,431$ ) a une proximité avec l'ensemble des acteurs du réseau aussi importante que celle de Toyota  $[(C)]^{\text{pro}}(v_{\text{TOYOTA}}) = 0,475$ ). Cela s'explique notamment par des collaborations importantes d'Audi avec Toyota et UTC Power, un spécialiste de la Fuel Cell. Pour leur part, Ford et Daimler ont construit leur propre communauté. En effet, leur Degree centrality et leur Eccentricity sont stables dans le temps alors que leur Weighted degree augmente, ce qui signifie une augmentation des co-dépôts de brevets avec des acteurs déjà présents auparavant dans leur réseau. De plus, leur Betweenness centrality diminue ce qui traduit leur moindre influence dans le réseau par rapport aux autres constructeurs. La consolidation des acteurs dans cette communauté s'explique par le fait que Ford et Daimler sont des pionniers du domaine. Ils ont notamment co-déposé des brevets avec Ballard Power System qui leur a apporté les solutions technologiques pour développer les technologies liées au véhicule à pile à combustible.

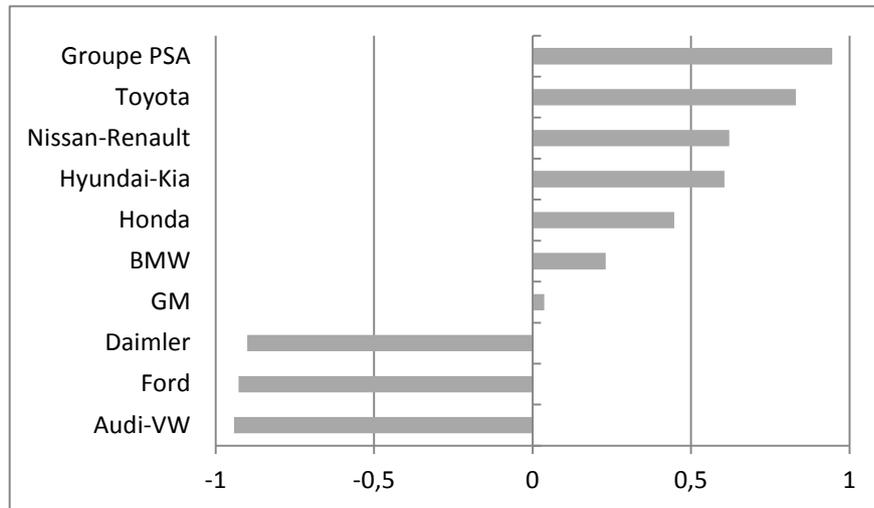
#### **4.3. L'indice de nationalisation**

L'indice de nationalisation évalue si le réseau de chaque constructeur est plutôt orienté vers des collaborations domestiques ou internationales. La figure 5 confirme l'idée d'un comportement très hétérogène des constructeurs. Dans l'ensemble, les co-brevets sont plutôt déposés avec des partenaires domestiques. 6 constructeurs sur 10 possèdent un indice  $Ni_{\text{oem}}$  positif. Une opposition se dessine néanmoins entre constructeurs asiatiques et les autres. Toyota, Nissan-Renault et Hyundai-Kia apparaissent très tournés vers l'extérieur (respectivement 0,83, 0,62 et 0,60) et dans une moindre mesure Honda (0,44). *A contrario*, Audi-Volkswagen (-0,94), Ford (-0,92) et Daimler (0,90) ont bâti un réseau quasiment exclusivement tourné vers des partenaires étrangers. General Motors (0,03) et BMW (0,23) se situent dans une position intermédiaire avec un réseau légèrement dominé par les collaborations internationales. Le Groupe PSA se rapproche des constructeurs asiatiques mais de manière exacerbée puisque son réseau est quasiment exclusivement national (0,94) ; cependant il convient de rappeler que l'intérêt de PSA pour les technologies FCV est faible dans l'absolu (contrairement aux japonais) et son nombre de co-brevets également.

Afin d'apprécier la dynamique temporelle de l'indice de nationalisation, trois indices ont été calculés pour chacune des sous-périodes (*cf.* figure 6). 7 des 10 constructeurs ont accru leur ouverture à l'international de leur réseau sur la période. Pour Audi-Volkswagen, Ford et Daimler, il s'est agi d'ouvrir un réseau déjà largement tourné vers l'extérieur. Pour Hyundai-Kia et Toyota, il s'est agi de davantage ouvrir un réseau encore très largement tourné vers des collaborations domestiques. En revanche, GM et BMW semblent avoir changé de stratégie : alors que leurs collaborations étaient sur la période 2000-2004 davantage domestiques (surtout pour BMW,  $Ni_{\text{BMW},2000/04} = 0,46$ ), sur la période récente ce sont les collaborations internationales qui dominent ( $Ni_{\text{GM},2010/13} = -0,33$  ;  $Ni_{\text{BMW},2010/13} = -0,33$ ). Les trois autres constructeurs ont suivi une trajectoire inverse renforçant le caractère

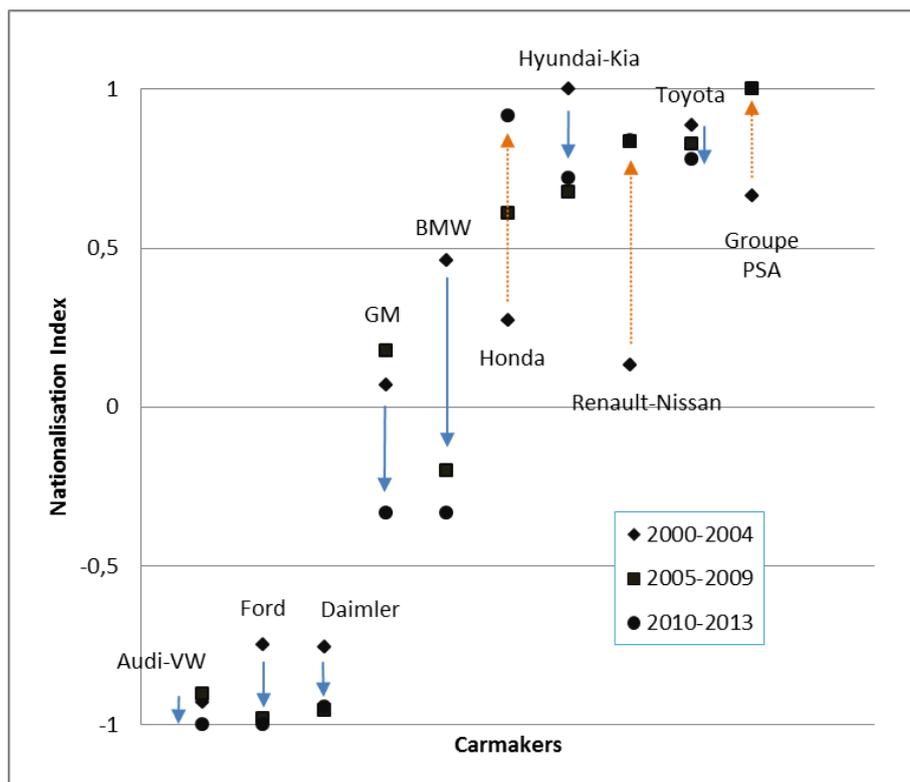
national de leurs collaborations : si pour PSA, sur des petits effectifs rappelons-le, le recentrage domestique partait d'un niveau élevé, pour Honda et Renault-Nissan il s'agit d'un renforcement très net des collaborations nationales ( $Ni_{\text{Honda, 2010/13}} = 0,917$  ;  $Ni_{\text{Renault-Nissan, 2010/13}} = 0,838$ ).

**Figure 5.** Indice de nationalisation par constructeur (2000-2013)



*Source : Données FAMPAT-Orbit ; Requête et calculs : auteurs*

**Figure 6.** Evolution des indices de nationalisation par sous-période



*Source : Données FAMPAT-Orbit ; Requête et calculs : auteurs*

Au total, l'analyse des indices de nationalisation dessine quatre groupes de constructeurs :

- très tournés vers l'international et accentuant ce comportement : Audi-Volkswagen, Ford et Daimler
- globalement tournés vers des collaborations domestiques mais ayant choisi récemment une stratégie d'ouverture forte : GM et BMW
- tournés vers de collaborations domestiques et amplifiant ce mouvement au fil du temps : Honda, Renault-Nissan, PSA.
- orientés vers des collaborations domestiques mais cherchant à internationaliser leur réseau au fil des périodes : Hyundai-Kia et Toyota.

#### **4.4. Une analyse des co-déposants selon leur nationalité et leur domaine d'activité**

L'analyse des trois réseaux soulignait que les attitudes des constructeurs différaient concernant le type de collaborations recherchées. Le tableau 3 permet d'explorer plus en détail cette question. Les constructeurs se distinguent à la fois par le type d'acteurs avec lesquels ils collaborent et par le lieu où ils vont rechercher le partenaire considéré.

Les trois constructeurs allemands se caractérisent par une forte collaboration entre eux, alors qu'au contraire, Ford et GM ne collaborent pas entre eux, ainsi que les constructeurs asiatiques, si on fait abstraction des quelques relations entre Renault-Nissan et Toyota. Pourtant, Ford privilégie les collaborations avec les autres constructeurs (77,1% de ses liens impliquent un autre constructeur automobile) ce qui est également le cas de Daimler (69,6%). Les liens avec d'autres constructeurs représentent pour Renault-Nissan, Toyota, GM, Hyundai-Kia moins de 2% de leurs liens totaux.

Hyundai-Kia, Renault-Nissan, GM, PSA -et dans une moindre mesure BMW- semblent prioriser les relations avec des universités ou instituts de recherche (respectivement 75,0%, 44,8%, 31,5%, 91,9% - et 23,1% du total de leurs relations). Toutefois, ces collaborations sont nouées à des échelles géographiques différentes. Alors que BMW et PSA nouent ces relations exclusivement avec des partenaires nationaux (nous avons souligné le rôle du CNRS pour ce dernier dans l'analyse réseau), GM et Renault-Nissan n'hésitent pas à chercher des collaborations à l'international. Les autres constructeurs asiatiques, Toyota, Hyundai-Kia et Honda sont également assez tournés vers les universités étrangères, et Ford a pour sa part déposé uniquement avec des universités étrangères. *A contrario*, Audi-VW et Daimler sont tournés très largement vers les organismes de recherche domestiques.

Un résultat surprenant concerne les collaborations avec les fournisseurs spécialisés sur les technologies FCV. Quatre constructeurs collaborent largement avec ces fournisseurs alors que les autres les ignorent quasiment. Ainsi presque les trois-quarts des relations de collaboration d'Audi-Volkswagen impliquent de tels fournisseurs localisés exclusivement à l'étranger, et plus précisément en Amérique du Nord. Ford, Daimler et BMW collaborent également assez intensément avec ce type d'acteurs (respectivement 14,4%, 19,7%, 10,3%) avec une domination du recours à des fournisseurs nord-américains là encore.

Toyota qui présentait la caractéristique d'être l'acteur central du réseau global, possède la spécificité de nouer le nombre le plus élevé de relations avec des fournisseurs

spécialisés de l'automobile (64,5% de ses relations). Ceux-ci étant par ailleurs exclusivement japonais. Ces résultats sont cohérents avec deux éléments dégagés par la littérature. D'une part, la proposition de Hagedoorn (2003) qu'une firme co-brevette davantage avec des partenaires déjà connus, d'autre part avec les travaux sur les relations interfimes au Japon qui soulignent la stabilité des relations au sein des Kereitsu (Fujimoto, 1999). Cette proximité envers ses fournisseurs domestiques se retrouve également chez Honda puisque 18,8% des collaborations sont nouées avec des fournisseurs automobiles et, là encore, essentiellement japonais. BMW se démarque également par un appel important à ce type d'acteurs (41,0%) mais il n'hésite pas à mobiliser des fournisseurs étrangers, contrairement à son compatriote Daimler quasiment exclusivement tourné vers son tissu de fournisseurs national. Toutefois, Daimler recherche peu ce type de collaboration comme Ford, alors que Audi-VW et PSA négligent totalement ce type de collaboration.

Enfin les autres fournisseurs majeurs de la chaîne de valeur du véhicule à pile à combustible (*electric and electronic components manufacturers, chemical specialists, energy and metal providers*) sont les partenaires privilégiés de Honda (58,7% de ses relations). Toutefois, pour ce type de fournisseurs Honda est moins tourné vers son réseau domestique : 22% de ces liens sont tissés avec des fournisseurs étrangers, très majoritairement situés en Amérique du Nord où Honda va rechercher des compétences auprès d'entreprises spécialisées en Chimie. Ces autres fournisseurs jouent aussi un rôle relativement important pour Renault-Nissan (24,1%), GM (20,4%), Toyota (18,5%) et dans une moindre mesure Hyundai-Kia (9,9%). Ici, il s'agit d'aller chercher des technologies complémentaires assez éloignées des cœurs de compétences technologiques des constructeurs mais aussi de nouer des coalitions formelles visant à renforcer la crédibilité des véhicules hydrides, avec un poids des collaborations internationales comme cible prioritaire pour GM (70% des connexions de ce type), importants pour Renault-Nissan (12%) et Hyundai-Kia (29%), et de manière attendue faible pour Toyota (9%).

**Tableau 3.** Nature des co-déposants par nationalité et par domaine d'activité (% des liens, 2000-2013)

		Other OEM	Auto Suppliers	University /Research institute	Specialised FCT firms	Suppliers	Other sectors /und.
PSA	National	0,0%	0,0%	94,4%	2,8%	0,0%	2,8%
	Int.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	Und.	-	-	-	-	-	-
	Total	0,0%	0,0%	91,9%	2,7%	0,0%	5,4%
Audi-VW	National	8,3%	0,0%	16,7%	0,0%	66,7%	8,3%
	Int.	4,0%	0,0%	0,8%	75,1%	0,5%	19,6%
	Und.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	Total	4,1%	0,0%	1,2%	72,4%	2,4%	19,9%
BMW	National	16,7%	41,7%	37,5%	4,2%	0,0%	0,0%
	Int.	7,1%	35,7%	0,0%	21,4%	7,1%	28,6%
	Und.	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Total	12,8%	41,0%	23,1%	10,3%	2,6%	10,3%
Daimler	National	17,6%	11,8%	5,9%	23,5%	17,6%	23,5%
	Int.	73,4%	0,3%	0,3%	19,8%	0,6%	5,6%
	Und.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	Total	69,6%	0,9%	0,6%	19,7%	1,4%	7,8%
Ford	National	0,0%	27,3%	0,0%	0,0%	27,3%	45,5%
	Int.	81,1%	0,0%	1,0%	14,8%	1,7%	1,4%
	Und.	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	75,0%
	Total	77,1%	1,0%	1,0%	14,4%	2,6%	3,9%
GM	National	0,0%	11,1%	40,7%	3,7%	11,1%	33,3%
	Int.	5,6%	16,7%	27,8%	0,0%	38,9%	11,1%
	Und.	0,0%	0,0%	11,1%	0,0%	11,1%	77,8%
	Total	1,9%	11,1%	31,5%	1,9%	20,4%	33,3%
Honda	National	0,0%	25,6%	4,2%	0,0%	63,0%	7,1%
	Int.	0,0%	1,1%	24,1%	4,6%	49,4%	20,7%
	Und.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	Total	0,0%	18,8%	9,4%	1,2%	58,7%	11,9%
Renault Nissan	National	0,7%	12,3%	47,8%	0,0%	26,1%	13,0%
	Int.	8,0%	12,0%	44,0%	0,0%	20,0%	16,0%
	Und.	0,0%	0,0%	9,1%	0,0%	9,1%	81,8%
	Total	1,7%	11,5%	44,8%	0,0%	24,1%	17,8%
Toyota	National	0,1%	70,5%	9,1%	0,0%	18,2%	2,1%
	Int.	11,9%	0,0%	28,4%	17,9%	19,4%	22,4%
	Und.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	57,1%	42,9%
	Total	1,0%	64,5%	10,6%	1,5%	18,5%	3,9%
Hyundai Kia	National	0,0%	13,2%	76,3%	0,0%	8,8%	1,8%
	Int.	6,3%	12,5%	50,0%	0,0%	25,0%	6,3%
	Und.	0,0%	0,0%	75,0%	0,0%	0,0%	25,0%
	Total	0,7%	12,0%	73,2%	0,0%	9,9%	4,2%

Note: Und.: underterminated; Int.:international; Univ: University

Source : Données brevets FAMPAT-Orbit ; données acteurs divers, *Requête et calculs* : auteurs

## **5. Conclusion: leçons concernant la frontière géographique des TIS**

L'objectif de cet article était d'examiner comment les constructeurs automobiles structurent leurs réseaux formels d'innovation en utilisant les données sur les co-brevets comme outil d'identification des acteurs participant à leur réseau. En considérant, le véhicule à pile à combustible (FCV) comme un TIS, c'est donc l'examen de frontières géographiques du TIS bâti par des firmes d'emblée multinationales, donc intégrées multiscalairement dans l'espace mondial, que nous voulions questionner. En considérant ces acteurs particuliers, il s'agissait de tester la robustesse de l'hypothèse *opérationnellement* mobilisée d'une domination de l'échelle nationale telle qu'elle est retenue dans la plupart des études empiriques sur les TIS comme le souligne (regrette) Coenen (2015), en partant d'entreprises dont on pouvait présumer qu'elles étaient les plus éloignées d'un ancrage national. Le choix du véhicule à hydrogène semblant pertinent car ses chances de percer sur le marché reposera sur sa capacité à s'imposer comme un véhicule mondial (à l'instar de la voiture hybride Prius de Toyota) dans la mesure où sa performance absolue vis-à-vis de la demande n'est pas avérée et que l'efficacité économique requiert des volumes de production sommes toutes assez importants pour justifier son lancement effectif<sup>10</sup>.

Le premier résultat qui se dégage de ce travail est que, au-delà d'un intérêt différencié envers le FCV, les constructeurs mobilisent à des degrés variables les co-brevets. Pour certains, comme Ford et Audi-Volkswagen les co-brevets représentent plus de la moitié des inventions brevetées. A l'inverse, Renault-Nissan et GM mobilisent cet outil de manière marginale. Lorsqu'il est utilisé, c'est avec des schémas, là encore, fort hétérogènes. Les calculs des indices de nationalisation ( $Ni_{oem}$ ) révèlent des résultats forts contrastés selon les constructeurs lorsqu'on raisonne sur l'ensemble de la période. Lorsqu'on introduit l'évolution dans le temps, quatre comportements typiques s'observent chez les constructeurs allant d'une stabilité à l'ouverture internationale/le repli sur des collaborations nationales à des trajectoires d'ouverture/repli sur l'espace domestique.

L'analyse du réseau des co-brevets permet de mieux identifier comment s'étendent puis se consolident les relations. Ce dernier point, la consolidation du réseau, retrouve en partie les résultats de Hagedoorn (2003) et Kim and Song (2007) qui montraient que les firmes avaient tendance à renouveler les co-dépôts dès lors qu'elles avaient par le passé connu une expérience positive avec un partenaire donné. Ce que le réseau dessine, c'est une phase d'extension du nombre de partenaires jusqu'en 2009 où les technologies sont en voie de maturation suivi d'un mouvement de consolidation lorsqu'on se rapproche des premiers véhicules véritablement commercialisés. Toutefois, ici, cette analyse mérite d'être approfondie. En effet, il convient de prendre en compte la très forte hétérogénéité des différents constructeurs quant à l'intérêt envers le véhicule hybride. Ainsi, Toyota qui commercialise la Mirai depuis 2015, et a annoncé en 2016, qu'à moyen terme il ne vendrait plus aucun véhicule thermique, apparaît central dans le réseau global. A l'autre extrême, PSA apparaît en retard sur le produit FCV et les technologies liées et doté d'un réseau très

---

<sup>10</sup> Rappelons que le marché automobile n'est pas unifié mondialement et que les préférences des consommateurs diffèrent fortement selon les espaces. Si ceci permet à des modèles d'être vendus à des échelles de production suffisantes lorsque les produits rencontrent une très forte demande, pour les véhicules à énergie alternative, il convient de concevoir des modèles pouvant dépasser les différentes aires de marché, en attendant qu'ils deviennent les nouveaux standards des différents marchés (Frigant et Jullien 2017).

pauvre alors que Daimler et Ford, partis tardivement sur le produit FCV, s'attachent à développer leur réseau rapidement en particulier en cherchant des collaborations internationales avec d'autres constructeurs et des firmes spécialisées dans les technologies FCV.

Au total, trois points par rapport à notre question initiale sont à dégager.

1. Les firmes multinationales se distinguent clairement par rapport à la manière de construire la frontière géographique de leur TIS FCV. Quand bien même on étudie un secteur unique, deux profils typiques se dessinent : celles qui sont centrées sur leur réseau national, celles qui sont tournées vers l'international.
2. Les frontières des TIS pour près de la moitié des firmes évoluent significativement au cours de la période. Deux inversent clairement l'orientation de leur réseau et deux le renforcent significativement dans le sens d'un recentrage domestique.
3. Les acteurs recherchés diffèrent selon les constructeurs ce qui signifie que la frontière concrète d'un TIS ne peut être considérée en dehors des acteurs qui le composent. Pour le dire autrement, nos résultats suggèrent que ce n'est pas tant le domaine technologique étudié qui détermine la frontière géographique du système focal étudié mais les acteurs qui le composent. Ce sont les compétences technologiques *actuellement* possédées par rapport à l'urgence de proposer le produit final au marché, les technologies complémentaires recherchées, les alliés recherchés pour constituer une coalition formelle visible (vis-à-vis des autres acteurs industriels et des acteurs institutionnels), les opportunités d'entrer dans des programmes de recherches financés par l'argent public, voire comme le suggère Hashimoto *et al.* (2012) les règles idiosyncrasiques des offices de PI qui influencent la frontière géographique pertinente aux yeux des acteurs individuels du TIS.

En ce sens, nos résultats suggèrent comme le formulaient Bergek *et al.* (2008), que les acteurs d'un TIS peuvent chercher à compléter un TIS national déficient en cherchant des collaborations externes dont le but est d'apporter des briques fonctionnelles manquantes dans l'espace national. De fait, si cette hypothèse est validée, elle signifie qu'analytiquement, l'intérêt de la démarche méthodologique proposée par le cadre TIS d'entrer dans l'analyse d'un système d'innovation par un artefact et/ou un domaine de connaissance est pertinente, mais que simultanément, le tropisme de ces analyses à se focaliser sur la dimension nationale du TIS (Coenen, 2015) est difficilement tenable sauf à faire l'impasse sur des éléments clés constitutifs de l'émergence et de la consolidation du TIS étudié. Du moins lorsqu'il s'agit d'étudier une industrie aussi globalisée que l'automobile, mais gageons que c'est le cas pour nombre d'autres industries.

**Annexe 1. Carmakers projects, Membership in national program, prototypes and vehicles**

Name of the automaker	Membership in RD group specialized in FCV	Membership in national program		First prototype (date of the first one, name of the FC builder)*	Marketable fuel cell vehicle	Important facts in the last period	
	Development of vehicles (date, partner)	Name (date) - Country	Main partners				
<b>TOYOTA</b>	1999 <b>General Motors</b>	<b>CAFCP</b> (1999-today) - USA	Air liquide, American Gas Association, ITM Power, GM, Sandia Labs, etc	RAV4 FCEV : hybride (1996, <i>developed completely by TOYOTA</i> )	1st customer-operated FCV in California & Japan (2003)  The Mirai, on sale on Dec 2015 in Japan and California	Mar, 2015 Announcement: release of 5,680 patents about FCV	
	2012 <b>BMW</b> on FC stack and chemistry, hydrogen storage.tank, electric motor and supporting battery system		<b>WE-NET</b> (2003-today), <b>ACE Project</b> (2005-today) and <b>HySUT</b> (2009-2015) - Japan	IHI Industry, Nippon Oil, Isuzu Ceramics, Mitsubishi Motors, etc			FCHV-4 (2001, <i>unknown</i> )
<b>NISSAN</b>	1991 <b>Ballard Power Systems</b> delivered a FC systems for testing	<b>CAFCP</b> (2000-today)- USA		R'nessa FCV (1999, <i>Ballard Power Systems</i> )	X-Trail FCV, start leasing in 2003 in Japan. Produced under agreement with United Technologies Corp (UTC)	Apr. 2001, R-Terra FCV tested by CAFCP	
	1997 contract with <b>Ballard Power Systems</b>						
	2001 with <b>RENAULT</b> project to devp a petrol-fed FC system						Dec. 2002, test-drive X-Trail FCV on Japanese public roads
<b>HONDA</b>	1999 contract with <b>Ballard Power Systems</b> and assist Honda in its development program	<b>CAFCP</b> (1999-today)- USA	Air liquide, American Gas Association, ITM Power, GM, Sandia Labs, etc	FCX-V1 (1999, <i>Ballard</i> )	FCX fuel cell in leasing in 2002 in Japan and the USA ; 1st customer-operated FCV in California & Japan (2003)	Nov. 2000, FCX-V3 tested by CAFCP	
	2000 engine alliance with <b>GM</b> and <b>Toyota</b>		<b>WE-NET</b> (2003-today), <b>ACE Project</b> (2005-today) and <b>HySUT</b>				IHI Industry, Nippon Oil, Isuzu Ceramics, Mitsubishi Motors, etc

		(2009-2015) - <i>Japan</i>				
	2013 <b>General Motors</b> : next generation FC system and H2 storage technologies	The Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaken ( <b>FCH JU</b> ) - <i>European Union</i>	New Industry Grouping (Air Liquide, Ballard, Nucellsys, Daimler, SymbioFcell etc)			
<b>HYUNDAI</b>	2003 <b>UTC Fuel Cells</b> : new automotive fuel cell power plant	<b>CAFCP</b> (1999-today)- <i>USA</i>	Air liquide, American Gas Association, ITM Power, GM, Sandia Labs, etc	Santa Fe FCEV SUV (2000, <i>UTC</i> )	Tucson ix 35 FCEV, in Korea, in Denmark and on-lease in California. 400 cars sold in the word in 2016	Feb 2015 Has announced to reduce the Tucson's price to 40% to compete with Toyota
	2011 has signed a Memorandum of Understanding with Norway, Sweden, Denmark and Iceland to supply H2 FCEV to public organizations	The Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaken ( <b>FCH JU</b> ) - <i>European Union</i>	New Industry Grouping (Air Liquide, Ballard, Nucellsys, Daimler, SymbioFcell etc)			
<b>GENERAL MOTORS</b>	1999 <b>Toyota</b>	<b>PNGV</b> (1993-2002) and <b>CAFCP</b> (1999-today) and <b>FreedomCar</b> (2003-today) and <b>H2USA</b> (2013-today) - <i>USA</i>	US labs, FORD and CHRYSLER; California State, Ballard Power Systems, DaimlerChrysler, Ford, BP, Shell; Exxon Mobil, Mercedes, Nuvera, Plug Power, etc	Opel GM Zafira (1998, <i>Ballard</i> ) ; Autonomy/Hy-wire (concept car 2002)	Equinox FC by Chevrolet in USA (2007 to 2009)	
	2005 <b>Hydrogenics Corp</b> , to supply fuel-cell power in military contract	<b>Torch Program</b> (2000-today) - <i>China</i>	Sunrise Power, Cherry Motors, Dalian Sunrise, SAIC			
	2013 <b>Honda</b> : next generation FC system and H2 storage technologies					

<b>DAIMLER</b>	Since 2005 with <b>Ballard Power Systems</b> and <b>Ford</b>	<b>CaFCP</b> (1999-today) and <b>FreedomCAR</b> (2003-today) - USA	Air Liquid, Air Product, GM, BP America, ConocoPhillips, Exxon Mobil, Toyota, Linde, etc	NECAR 1 (1994, <i>Ballard</i> )		Daimler wins f-cell Award 2014 for Mercedes-Benz B-Class F-Cell, with more than 300,000 km run
	2007 with <b>Ford</b> : creation of the joint-venture AFCC <sup>2</sup>	The Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaken ( <b>FCH JU</b> ) - <i>European Union</i>	New Industry Grouping (Air Liquide, Ballard, Nucellsys, Daimler, SymbioFcell etc)			
	2013 <b>Renault, Nissan, Ford, Nucellsys</b> : to develop a common FCEV system					
<b>FORD</b>		National Program Plan - Fuel cells in Transportation (1993-..)	Chrysler, GM, DOE	FC P2000 (1999, <i>Ballard</i> )	Focus FC (2001, test in UK) ; 1st p° de 30 Focus FCV deployed in the US, DE, & CA (2004) ; sold fleet of minibuses FC to Florida (2005)	Opened hydrogen fueling station (2004)
<b>AUDI</b>				A2-H2 (2004, concept car)		Buy FC patents from Ballard in 2015
<b>KIA MOTORS</b>				Sportage FCEV (2008, concept car)		2015: announcement mass production of a new FCV (forthcoming)
<b>RENAULT</b>	2013, <b>Daimler, Nissan, Ford, Nucellsys</b> : to develop a common FCEV system	<b>Car of Tomorrow</b> (2000- today) - <i>European Union</i>	Volkswagen, Fiat, Mercedes-Benz, AB Volvo, BMW, EUCAR and Peugeot Citroën	FEVER Laguna FCV (1997, <i>Nuvera</i> )		Renault Doblo, ZE FC, Renault Maxity all of them powered by Symbio Fcells - on test in France with La Poste 2015
<b>VOLKSWAGEN</b>		<b>CaFCP</b> (1999-today) and <b>FreedomCAR</b> (2003-today) - USA		Bora HyMotion FC (2000, concept car)		20 FCV designed by Shanghai Volkswagen's Passat GP used to transport VIP for the Olympics

*Quelles frontières géographiques pour le Technological Innovation System du véhicule à pile à combustible?*

						Games 2008
<b>BMW</b>	2003, <b>GM</b> : devp liquid H2 refueling techno			1st devp vehicule with FC (2001, <i>Delphi</i> ) ;	2008, Hydrogen 7 in the US	2007, 8-week test period of the Hydrogen 7 with NASA
	worked with Linde : supplying H2					
<b>PSA PEUGEOT CITROEN</b>	2003 : <b>HYUNDAI, TOYOTA, DAIMLER, NISSAN,</b> and <b>FORD</b> to develop high pressure hydrogen fuel systems	<b>Car of Tomorrow</b> (2000- today) - European Union	Volkswagen, Fiat, Mercedes- Benz, AB Volvo, BMW, EUCAR and Peugeot Citroën	Peugeot Hydro-Gen (2001, <i>Nuvera</i> )		

**Annexe 2. Selected IPC codes**

H01M-008	Fuel cells; Manufacture thereof
H01M-008/02	Details (of non-active parts H01M 2/00, of electrodes H01M 4/00)
H01M-008/04	Auxiliary arrangements or processes, e.g. for control of pressure, for circulation of fluids
H01M-008/06	Combination of fuel cell with means for production of reactants or for treatment of residues (regenerative fuel cells H01M 8/18; production of reactants <u>per se</u> , <u>see</u> sections B or C)
H01M-008/08	Fuel cells with aqueous electrolytes
H01M-008/10	Fuel cells with solid electrolytes
H01M-008/12	Fuel cells with solid electrolytes
H01M-008/14	Fuel cells with fused electrolytes
H01M-008/16	Biochemical fuel cells, i.e. cells in which micro-organisms function as catalysts
H01M-008/18	Regenerative fuel cells
H01M-008/20	Indirect fuel cells, e.g. redox cells (H01M 8/18 takes precedence)
H01M-008/22	Fuel cells in which the fuel is based on materials comprising carbon or oxygen or hydrogen and other elements; Fuel cells in which the fuel is based on materials comprising only elements other than carbon, oxygen, or hydrogen
H01M-008/24	Grouping of fuel cells into batteries, e.g. modules
H01M-004	Electrodes
H01M-004/86	Inert electrodes with catalytic activity, e.g. for fuel cells
H01M-004/88	Inert electrodes with catalytic activity, e.g. for fuel cells
H01M-004/90	Selection of catalytic material
H01M-004/92	Metals of platinum group (H01M 4/94 takes precedence)
H01M-004/94	Non-porous diffusion electrodes, e.g. palladium membranes, ion exchange membranes
H01M-004/96	Carbon-based electrodes
H01M-004/98	Raney-type electrodes
B60W-010	Conjoint control of vehicle sub-units of different type or different function (for propulsion of purely electrically-propelled vehicles with power supplied within the vehicle B60L 11/00) >> including control of fuel cells
B60W-010/28	Conjoint control of vehicle sub-units of different type or different function (for propulsion of purely electrically-propelled vehicles with power supplied within the vehicle B60L 11/00) >> including control of fuel cells
B60K-006/32	Arrangement or mounting of plural diverse prime-movers for mutual or common propulsion, e.g. hybrid propulsion systems comprising electric motors and internal combustion engines >> characterised by the fuel cells

## References

- Aghion, P., Bolton, P., 1992. An incomplete contracts approach to financial contracting. *Review of Economic Studies* 59(3), 473-494.
- Agostini, L., Caviggioli, F., 2015. R&D collaboration in the automotive innovation environment: An analysis of co-patenting activities. *Management Decision* 53(6), 1224-1246.
- Amin, A., Roberts, J., 2008. Knowing in action: beyond communities of practice. *Research Policy* 37(2), 353-369.
- Bathelt, H., Glücker, J., 2011. *The relational economy*. Oxford University Press, Oxford.
- Bathelt, H., Schuldt, N., 2008. Between luminaires and meat grinders: international trade fairs as temporary clusters. *Regional Studies* 42(6), 853-868.
- Belderdos, R., Cassiman, B., Faems, D., Leten, B., Van Looy, B., 2014. Co-ownership of intellectual property: Exploring the value-appropriation and value creation implications of co-patenting with different partners. *Research Policy* 43, 841-852.
- Bento, N., Fontes, M., 2015. Spatial diffusion and the formation of a technological innovation system in a receiving country: The case of wind energy in Portugal. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 15: 158-179.
- Bergek, A., Hekkert, M., Jacobsson, S., Markard, J., Sanden, B., Truffer, B., 2015. Technological innovation systems in contexts: Conceptualizing contextual structures and interaction dynamics. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 16: 51-64.
- Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., Rickne, A., 2008. Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research Policy* 37, 407-429.
- Binz, C., Truffer, B., Coenen, L., 2014. Why space matters in technological innovation systems – Mapping global knowledge dynamics of membrane bioreactor technology. *Research Policy* 43: 138-155.
- Boggs, J.S., Rantisi, N.M., 2003. The relational turn in economic geography. *Journal of Economic Geography* 3, 109-116.
- Boschma, R., 2005. Proximity and Innovation: a Critical Assessment. *Regional Studies* 39(1), 61-74.
- Carlsson, B., Stankiewicz, R., 1991. On the nature, function, and composition of technological systems. *Journal of Evolutionary Economics* 1, 93-118.
- Chaminade, C., Vangt, J., 2008. Globalisation of knowledge production and regional innovation policy: supporting specialized hubs in the Bangalore software industry. *Research Policy* 37(10), 1687-1696.
- Chesbrough, H., 2003. *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business School Press.
- Coe, N., Yeung, H.W-C., 2015. *Global Production Networks*. Oxford University Press, Oxford.
- Coenen, L., 2015. Engaging with changing spatial realities in TIS research. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 16, 70-72.

- Coenen, L., Benneworth, P., Truffer, B., 2012. Toward a spatial perspective on sustainability transitions. *Research Policy* 41 (6), 968-979.
- Cooke, P. Gomez Uranga, M., Etxebarria, G., 1997 . Regional innovation systems: institutional and organizational dimensions. *Research Policy* 26(4-5), 475-491.
- Crevoisier, O., Jeannerat, H., 2009. Territorial knowledge dynamics: from proximity paradigm to multi-location milieus. *European Planning Studies* 17(8), 1123-1241.
- Delerue-Vidot, H., Lejeune, A., 2012. Joint patenting in R&D alliances: Control rights and ressources attributes. *M@n@gement* 16(2), 113-140.
- Dijk, M., Montalvo, C., 2012. Firm perspective on hydrogen. In G. Calabrese (ed.) *The Greening of the Automotive Industry*, Palgrave-McMillan, New-York, 124-139.
- Etemal, H., Dulude, L.S., 1987. Patenting patterns in 25 large multinational enterprises. *Technovation* 7(1), 1-15.
- Flamand, M., 2016. Studying strategic choices of carmakers in the development of energy storage solutions: A patent analysis. *International Journal of Automotive Technology and Management* 16(2), 169-192.
- Fontana, R., Geuna, A., 2010. The nature of collaborative patenting activities. SPRU Electronic Working Paper 183. Available at: [www.sussex.ac.uk/spru/documents/sewp183](http://www.sussex.ac.uk/spru/documents/sewp183)
- Frietsch, R., Schmoch, U., 2010. Transnational patents and international markets. *Scientometrics* 82, 185-200.
- Frigant, V., Jullien B., 2014. Comment la production modulaire transforme l'industrie automobile. *Revue d'économie industrielle* n°145, 19-52.
- Frigant, V., Jullien, B., 2017. L'automobile en France: vers la fin d'une vieille industrie ?. *Revue d'économie industrielle*, forthcoming.
- Fritsch, M., Kudic, M., 2016. Preferential attachment and pattern formation in R1D networks – Plausible explanation or just a widespread myth?. *Jena Economic Research Papers* 2016-005. Available at: [www.uni-jena.de](http://www.uni-jena.de).
- Fujimoto, T., 1999. *The Evolution of a Manufacturing System at Toyota*. Oxford University Press, Oxford and New York.
- Gosens, J., Lu, Y., Coenen, L., 2015. The role of transnational dimensions in emerging economy 'Technological Innovation Systems' for clean-tech. *Journal of Cleaner Production* 86, 378-388.
- Ha, S.H, Liu, W., Cho, H., Kim, S.H., 2015. Technological advances in the fuel cell vehicle: Patent portfolio management. *Technological Forecasting & Social Change* 100, 277-289.
- Hagedoorn, J., 2003. Sharing intellectual property rights – an explonatory study of joint patenting amongst companies. *Industrial and Corporate Change* 24, 71-84.
- Hagedoorn, J., Van Kranenburg, H., Osborn, R.N., 2003. Joint patenting amongst companies: exploring the effects of inter-firms R&D partnering and experience. *Managerial and Decision Economics* 21, 71-84.
- Hansen, T., Coenen, L., 2015. The Geography of sustainability transitions: Review, synthesis and reflections on an emergent research field. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 17, 92-109.

- Hashimoto, T., Tanaka, Y., Adrian, A. 2012. Managing joint R&D: an investigation into joint patent applications in Japan, USA and Europe. *International Journal of Technology Transfer and Commercialisation* 11(3/4), 137-155.
- Hekkert, M., Negro, S., Heimericks, G., Harmsen, R., 2011. Technological Innovation system Analysis: A manual for analysts. Universiteit Utrecht, Available at: <http://www.innovation-system.net/> (19/07/2016).
- Hekkert, M., Suurs, R., Negro, S., Kuhlman, S., Smits, R., 2007. Functions of innovation systems: a new approach for analyzing technological change. *Technological Forecasting and Social Change* 74, 413-432.
- Hicks, D., Narin, F., 2001. Strategic research alliances and 360 degree bibliometric indicators. In J.E. Jankowski, A.N. Link and N.S. Vonortas (eds), *Strategic Research Partnerships – Proceedings from a National Science Foundation Workshop*. NSF: Washington D.C., 133-145.
- Jullien, B., Smith, A., 2011. Conceptualizing the role of politics in the economy: industries and their institutionalizations. *Review of International Political Economy* 18 (3), 358-383.
- Jullien, B., Pardi, T., Ramirez Perez, S., 2015. The EU's government of automobiles: from 'harmonization' to deep incompleteness. In B. Jullien and A. Smith (eds), *The EU's Government of Industries: Markets, Institutions and Politics*, London: Routledge, 57-83.
- Kim, C., Song, J., 2007. Creating new technology through alliances: An empirical investigation of joint patents. *Technovation* 27, 461-470.
- Klebaner, S., 2018. Isolated car manufacturers? The political positions of the automotive industry on the Real Driving Emissions regulation. *International Journal of Automotive Technology and Management*, Forthcoming.
- Kotha, S., Srikanth, K., 2013. Managing a global partnership model: lessons from the Boeing 787 'Dreamliner' program. *Global Strategy Journal* 3, 41-66.
- Krackhardt, D., Stern, R.N., 1988. Informal networks and organizational crises: an experimental simulation. *Social Psychology Quarterly* 51(2), 123-140.
- Laursen, K., Salter, A.J., 2014. The paradox of openness: Appropriability, external search and collaboration. *Research Policy* 43, 867-878.
- Lecoq, C., Van Looy, B., 2009. The impact of collaboration on the technological performance of regions: time invariant or driven by life cycle dynamics?. *Scientometrics* 80(3), 845-865.
- Lei, X-P., Zhao, Z-Y., Zhang, X., Chen, D-Z, Huang, M-H, Zheng, J., Liu, R-S., Zhang, J., Zhao, Y-H., 2013. Technological collaboration patterns in solar cell industry based on patent inventors and assignees analysis. *Scientometrics* 96, 427-441.
- Lin, C., Wu, Y-J., Chang, CC, Wang, W., Lee, C-Y, 2012. The alliance innovation performance of R&D alliances – the absorptive capacity perspective. *Technovation* 32, 282-292.
- Lissoni, F., 2017. Migration and Innovation Diffusion: An Eclectic Survey. *Regional Studies* Published online: 29 aug 2017, DOI: <https://doi.org/10.1080/00343404.2017.1346370>
- Lundvall, B-A., ed. 1992. *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter Publishers, London.

- Markard, J., Hekkert, M., Jacobsson, S., 2015. The technological innovation systems framework: Response to six criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 16, 46-85.
- Markard, J., Truffer, B., 2008. Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework. *Research Policy* 37, 596-615.
- Maskell, P., 2014. Accessing remote knowledge – the role of trade fairs, pipelines, crowdsourcing and listening posts. *Journal of Economic Geography* 14, 883-902.
- Maskell, P., Bathelt, H., Malmberg, A., 2006. Building global knowledge pipelines: The role of temporary clusters. *European Planning Studies* 14 (8), 997-1013.
- Mazzola, E., Bruccoleri, M., Perrone, G., 2012. The effect of inbound, outbound and coupled innovation on performance. *International Journal of Innovation Management* 16(6) [27 pages].
- Miguélez, E., 2016. Inventor Diasporas and the Internationalization of Technology. *Word Bank Economic Review*, First published online: April 1, 2016: doi: 10.1093/wber/lhw013.
- Moreno, R., Miguélez, E., 2012. A relational approach to the geography of innovation: A typology of regions. *Journal of Economic Surveys* 26(3), 492-516.
- Petruzzelli, A.M., 2011. The impact of technological relatedness, prior ties, and geographical distance on university-industry collaborations: A joint patent analysis. *Technovation* 31, 309-319.
- Quitow, R., 2015. Dynamics of a policy-driven market: The co-evolution of technological innovation system for solar photovoltaics in China and Germany. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 17, 126-148.
- Sushandoyo, D., Magnusson, T., Berggren, C., 2012. 'Sailing ship effect' in the global automotive industry? Competition between 'new' and 'old' technologies in the race for sustainable solutions. In G. Calabrese (ed.), *The Greening of the Automotive Industry*, Palgrave-McMillan, New-York, 103-123.
- Trippl, M., Maier, G., 2010. Knowledge spillover agents and regional development. *Papers in Regional Sciences* 89(2), 229-233.
- Trippl, M., Tödling, F., Lengauer, L., 2009. Knowledge sourcing beyond buzz and pipelines: evidence from the Vienna software sector. *Economic Geography* 85(4), 443-462.
- von Hippel, E., 1994. Sticky Information and the Locus of Problem Solving: Implications for Innovation. *Management Science* 40(4), 429-39.
- Wanzenböck, I., Scherngell, T., Brenner, T., 2014. Embeddedness of regions in European knowledge networks: a comparative analysis of inter-regional R&D collaborations, co-patents and co-publications. *Annals of Regional Science* 53, 337-368.

# **Cahiers du GREThA**

## **Working papers of GREThA**

---

**GREThA UMR CNRS 5113**

Université de Bordeaux

Avenue Léon Duguit  
33608 PESSAC - FRANCE  
Tel : +33 (0)5.56.84.25.75  
Fax : +33 (0)5.56.84.86.47

<http://gretha.u-bordeaux.fr/>

---

### **Cahiers du GREThA (derniers numéros – last issues)**

- 2017-09: *ROUGIER Eric, COMBARNOUS, François, FAURE Yves-André: The 'local economy' effect of social transfers: A municipality-level analysis of the local growth impact of the Bolsa Familia Programme in the Brazilian Nordeste*
- 2017-10: *Olivier JOALLAND, Tina RAMBONILAZA: L'impact du déploiement des énergies renouvelables sur la valeur touristique des paysages ruraux : les enseignements d'une approche hédonique spatiale*
- 2017-11: *Léo CHARLES: A new empirical test of the infant-industry argument: the case of Switzerland protectionism during the 19th century*
- 2017-12: *Doyen, Armstrong, Baumgärtner, Béné, Blanchard, Cissé, Cooper, Duta, Freitas, Gourguet, Gusmao, Jarre, Lorne Little, Macher, Mouysset, Quaas, Regnier, Sanz, Thébaud: De politiques consensuelles aux arbres de viabilité*
- 2017-13 : *BONIN Hubert, Le quasi-krach de la Société générale en 1913 : une crise de son modèle économique ?*
- 2017-14 : *ROUGIER Eric, LECTARD Pauline, Can developing countries gain from defying comparative advantage? Distance to comparative advantage, export diversification and sophistication, and the dynamics of specialization*
- 2017-15: *MOYES Patrick, EBERT Udo, The Impact of Talents and Preferences on Income Inequality*
- 2017-16: *RAZAFIMANDIMBY Andrianjaka Riana, ROUGIER Eric: What difference does it make (when a middle-income country is caught in the trap)? An evidence-based survey analysis of the determinants of Middle-Income Traps*
- 2017-17: *LECHEVALIER Sébastien, DEBANES Pauline, SHIN Wonkyu: Financialization and industrial policies in Japan and Korea: Evolving institutional complementarities and loss of state capabilities*
- 2017-18: *NAVARRO Noemí, VESZTEG Róbert: On the empirical validity of axioms in unconstrained bargaining*
- 2017-19: *LACOUR Claude, GAUSSIÉ Nathalie: Un écosystème sur la vague ? L'arrivée de la LGV à Bordeaux et l'écosystème start-up*

---

La coordination scientifique des Cahiers du GREThA est assurée par Emmanuel PETIT. La mise en page et la diffusion sont assurées par Julie VISSAGUET