

***LES RESEAUX D'ALLIANCES STRATEGIQUES DANS LE DOMAINE
DES ANTICORPS MONOCLONAUX : ETUDE LONGITUDINALE***

Brigitte Gay* — Bernard Dousset**
b.gay@esc-toulouse.fr, dousset@irit.fr

* Ecole Supérieure de Commerce de Toulouse, GRES-LEREPS -Université Toulouse I, 21, allée de
Brienne, F-31042 Toulouse

** Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, IRIT-SIG - Université Paul
Sabatier, 118, Route de Narbonne, F-31062 Toulouse cedex 4 ;

Mots-clés : Réseau, évolution, alliances, centralité, cartographie, position, structure, stratégie

Keywords: Network, evolution, alliances, centrality, mapping, position, structure, strategy

Résumé

En utilisant le logiciel de cartographie Tétralogie, nous faisons une analyse visuelle d'un réseau réel, ainsi que la mesure statistique de propriétés clé de réseaux comme le chemin géodésique entre entreprises ou la centralisation. La visualisation graphique et l'utilisation de certaines propriétés de la théorie des graphes, permettent de donner une vision macroscopique évolutive d'un secteur majeur de l'industrie pharmaceutique. La compréhension à tout instant de cet environnement macroscopique et l'analyse dynamique, dans cet environnement, de la position des sociétés, acteurs majeurs ou nouveaux entrants, partenaires possibles ou compétiteurs, devraient permettre à des entrepreneurs d'adapter leur stratégie de manière à contrôler la position de leur entreprise dans le réseau à travers leurs jeux d'alliances et influencer ainsi la position d'autres acteurs dans le réseau.

Abstract

By using Tetralogie software for network mapping, we make a visual analysis of a real network, as well as the statistical measurement of key properties of networks such as average path length or centralization. Network visualization and the use of graph theoretic properties allow a global and dynamic vision of a major sector of the pharmaceutical industry. The comprehension at all times of this macroscopic environment and the dynamic analysis, in this environment, of firms position, whether of major actors or new entrants, possible partners or competitors, should allow entrepreneurs to adapt their strategy in order to control their firm position in the network through idiosyncratic alliance patterns and thus influence the position of other actors in the network.

1. Introduction

Depuis les années 80, le nombre des alliances a sensiblement augmenté dans un grand nombre d'industries (Hagedoorn & Schakenraad, 1990; Hergert & Morris, 1988). En raison de la fréquence des alliances et de leur importance stratégique, il est aujourd'hui essentiel de comprendre comment une entreprise peut gérer simultanément et de manière optimale ces grands nombres ainsi que son positionnement stratégique dans un secteur ou une industrie en évolution continue et rapide. Pour Doz et Hamel, même la seule analyse d'une alliance entre deux entreprises ne peut se faire sans la compréhension de l'ensemble des liens que forment ces deux entreprises (Doz *et al.*, 1998). Des analyses empiriques montrent aussi que des différences systématiques dans la capacité à gérer les alliances existent entre les entreprises (Lyles, 1988) et expliquent, au moins en partie, les différences dans leurs résultats (Simonin, 1999). De plus, selon le constat des chefs d'entreprise, il devient de plus en plus difficile de relever seul les défis de la nouvelle compétitivité caractérisée non seulement par un environnement concurrentiel axé sur la mondialisation de l'économie et la complexité des besoins des clientèles mais aussi par l'explosion des savoirs et technologies qu'il faut maîtriser. L'innovation trouve ainsi de plus en plus son cadre dans des systèmes d'acteurs et tire son efficacité de la complémentarité des compétences disponibles et de la qualité des dispositifs de coordination mis en jeu (Zimmerman, 2001). Le jeu d'alliances sert donc, en particulier dans les industries de haute technologie, à gérer des processus et flux d'innovation.

L'étude des alliances stratégiques par des approches réseaux, ou par la modélisation de l'évolution des réseaux, sont rares en économie bien qu'elles soient devenues récemment populaires avec la reconnaissance que les réseaux sociaux et économiques jouent un rôle important dans les résultats économiques (Ahuja, 2000, Jackson *et al.*, 1996; Jackson *et al.*, 1998; Powell, *et al.*, 1999).

De manière à rendre possible une analyse graphique des alliances, nous avons réduit cette analyse à un segment d'une industrie : le marché des anticorps monoclonaux¹ dans l'industrie pharmaceutique. Le marché des anticorps monoclonaux est évalué à plusieurs milliards de dollars et est un des segments du marché pharmaceutique à la plus forte croissance.

Le but poursuivi ici est d'abord d'observer la structure évolutive d'un réseau d'alliances et la position différentielle des acteurs, en particuliers centraux, dans ce réseau au cours de cette évolution. Nous montrons l'interdépendance entre l'acteur focal et la structure globale du réseau. La structure du réseau, qui est la somme de l'ensemble des jeux d'alliances inter-entreprises, influence en effet l'acteur focal et sa position dans le réseau, et est influencée à son tour par celui-ci. Nous essayons ainsi d'avancer notre compréhension du management des alliances à travers l'étude du positionnement d'entreprises dans le réseau macro. La compétence cœur de l'entreprise, la valeur de cette compétence pour l'ensemble des acteurs du réseau, les processus de diffusion ou captation rapide de savoirs par les jeux d'alliances, les vagues d'innovations successives qui rendent obsolète la phase précédente, sont des facteurs importants de la structure des réseaux et de sa dynamique (Gay et Dousset, 2004).

2. Méthode

Un corpus sur les alliances interentreprises dans le domaine des anticorps thérapeutiques a été construit sur la période 01/01/1987-28/02/2004 à partir de la base de données SDC Platinum V2.3 (Thomson Financial), des sites Internet des entreprises, et des nouvelles publiées sur le site Internet de Biospace². Un traitement syntaxique des données a été nécessaire pour homogénéiser les différentes formes de noms attribués, dans les bases retenues, aux sociétés concernées. Certains champs incomplets ont été renseignés en fonction du contexte afin qu'au moins deux acteurs participent à une alliance (sauf dans les cas de partenaires non explicitement désignés). L'échantillon analysé recouvre 557 compagnies, publiques et privées. Huit périodes de deux ans, 1988-1989, 1990-1992, 1993-1994,

¹ Les anticorps monoclonaux sont des molécules du système immunitaire ne reconnaissant qu'un seul élément spécifique d'un agent pathogène et utilisées comme molécules thérapeutiques dans le traitement de nombreuses indications, et plus particulièrement aujourd'hui en oncologie.

² www.biospace.com

1995-1996, 1996-1997, 1998-1999, 2000-2001, 2002-Février2004, ont été définies afin de bien articuler l'analyse en fonction des phases identifiées du processus d'évolution (Figure 1), et ainsi de permettre l'évaluation globale de la mise en place et de l'évolution des réseaux d'alliances.

Le logiciel Tétralogie, développé à l'IRIT pour la veille stratégique, a été ensuite utilisé pour le traitement des données et la visualisation graphique des résultats. Nous avons généré la matrice globale des cooccurrences entre les compagnies (étude statique qui intègre les données sur l'ensemble de la période) et cette même matrice éclatée suivant les huit périodes précédemment définies (étude dynamique). Pour la matrice statique et pour les huit périodes prises séparément, nous avons généré le graphe global de chaque matrice préalablement triée par blocs diagonaux (ensemble de classes connexes) ainsi que le graphe de la plus grande classe connexe.

La technique de dessin de graphe utilisée est basée sur la notion d'attraction entre sommets liés et de répulsion pour l'ensemble des sommets du graphe (Fruchterman, 1991). En diminuant progressivement l'énergie, le graphe se stabilise sous une forme lisible. Un point de départ favorable est obtenu en triant les sommets par classes connexes puis par blocs diagonaux à l'intérieur de chaque classe et en les distribuant, dans cet ordre, sur un anneau circulaire. L'algorithme converge alors beaucoup plus vite vers un dessin acceptable. L'utilisateur peut intervenir dans le processus de répartition des sommets afin d'améliorer si nécessaire le dessin initial. Une classification stochastique peut être utile pour les graphes de grande taille, le graphe des classes étant plus simple à manipuler.

Dans ces graphes (exemple en figure 2), les nœuds ou sommets représentent les entreprises et les traits ou arcs les alliances interentreprises. Le nœud est représenté ici sous la forme d'un histogramme plutôt que d'un point, ce qui permet de montrer le nombre d'alliances par deux ans sur la période analysée. Ainsi, pour la totalité de la période 1987-2004, chaque nœud est représenté par un histogramme du nombre d'alliances par période de deux ans et montre l'évolution des alliances par nœud sur huit périodes de deux ans. Sur un graphe de deux ans, une seule barre apparaît donc sur le nœud. Un graphe se caractérise d'abord par son ordre, c'est-à-dire par son nombre de sommets. Notre réseau d'alliances constitue ainsi un graphe d'ordre 557 pour la période totale.

Dans le langage de la théorie des graphes, la *densité* est le rapport (variant entre 0 et 1) entre le nombre d'arcs observés dans un réseau et le nombre maximum d'arcs possibles dans ce réseau. S'il s'agit d'un graphe d'ordre n , alors le nombre maximum d'arcs possible est $n(n-1)$. Si n est le nombre de sommets, et k le nombre d'arcs d'un graphe, alors la densité de ce graphe est égale à : $d = k/n(n-1)$. Quand la densité d'un graphe est de 1, cela veut dire que tous les liens possibles existent vraiment.

Le diamètre du réseau est le nombre maximum d'arcs entre deux sommets. Un chemin géodésique l est un chemin de longueur minimale entre deux sommets. La centralisation de proximité C_p identifie les sommets les plus rapidement joignables par l'ensemble des autres sommets en utilisant les distances géodésiques entre les sommets. Elle est mesurée par l'inverse de la somme des distances d'un sommet aux autres sommets et normalisée en multipliant celle-ci par $(n-1)$.

Le terme de centralité est utilisé lorsqu'il s'agit d'évaluer la situation de chaque sommet du graphe, et le terme de centralisation lorsqu'il s'agit de juger du réseau dans son ensemble. Une entreprise est dite centrale si elle est fortement connectée aux autres membres du réseau et périphérique si elle ne l'est que faiblement. La centralité d'une entreprise a été souvent associée au pouvoir. La notion de centralité permet de préciser la position dominante d'un nœud dans le réseau (Freeman, 1979). Elle se décline en trois principaux types qui permettent d'affiner la relation entre centralité et pouvoir:

La centralité de degré exprime l'intensité des liens directs que possède un nœud. La centralité de degré consiste simplement à mesurer le nombre de connections d'une entreprise aux autres. On calcule pour chaque entreprise un index de centralité normé, en divisant son score de centralité absolue par la centralité maximale. La valeur 1 correspond à la centralité maximale et est donc atteinte par l'entreprise qui domine le plus complètement le réseau.

La centralité de proximité identifie les nœuds les plus rapidement joignables par l'ensemble des autres nœuds. On calcule l'inverse de la somme des distances d'un nœud à tous les autres nœuds. Les points les plus éloignés de l'ensemble des autres sont les moins centraux. En faisant intervenir la centralité de proximité qui examine non plus les seules alliances d'une entreprise mais la proximité de l'entreprise à l'ensemble des membres du réseau, et est ainsi une mesure plus globale que la mesure de la centralité de degré, on peut montrer que plus un acteur est proche des autres, plus il est proche des sources de pouvoir, de prestige, d'information ou d'influence.

La centralité d'intermédiarité mesure combien de fois un nœud se trouve sur les chemins géodésiques de toutes les autres paires de nœuds. Elle met l'accent sur les nœuds qui constituent des points de passage obligés pour circuler dans l'ensemble du réseau et qui sont donc en position de contrôler la communication entre acteurs. Cette capacité mesure le rapport de l'acteur à l'ensemble des membres du réseau.

Nous avons mesuré ces propriétés en utilisant les travaux de Freeman (1977, 1979, 1991) et l'algorithme de Brandes pour la centralité d'intermédiarité (2001).

3. Evolution du réseau macro

La distribution des alliances en fonction du temps dans notre corpus est montrée en figure 1 pour la période 1997-2004. La figure 1 révèle la présence de deux phases de sept ans environ, la phase 1990-1996 et la phase 1997-2004.

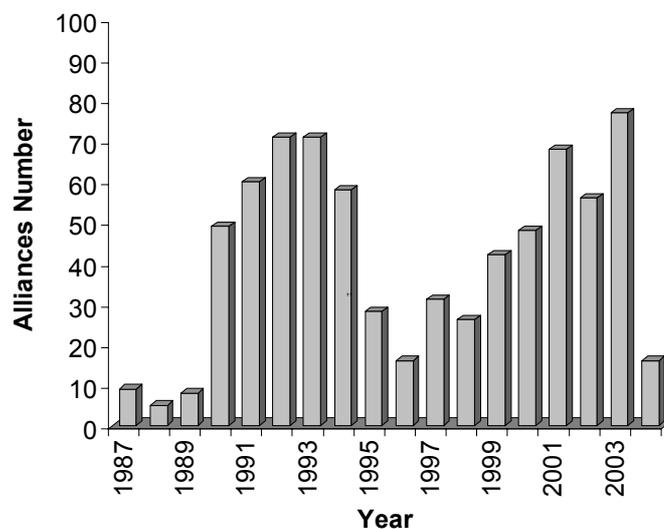


Figure 1. *Distribution des alliances en fonction du temps. L'année 2004 inclue seulement les données pour les mois de Janvier et Février.*

Le graphe intégrant l'ensemble des alliances (période 1987-2004) est représenté en figure 2.

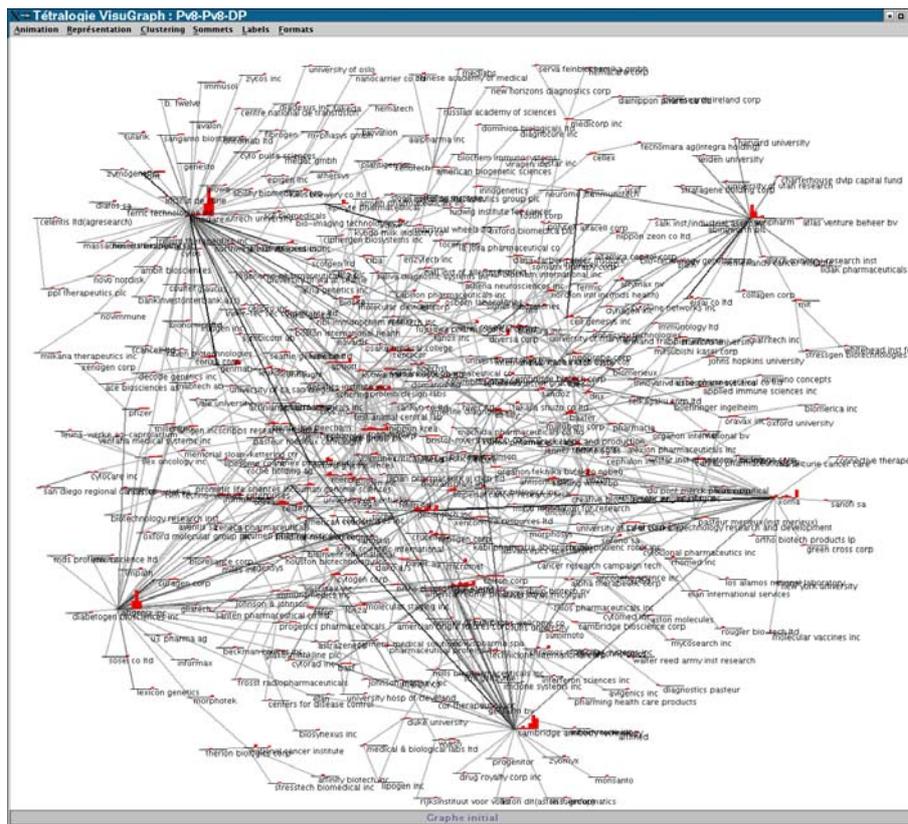


Figure 2. Graphe connexe du réseau des alliances passées durant la période 1999- 2001. Les histogrammes au niveau des nœuds centraux indiquent que quatre acteurs dominent le réseau, un dans la phase 1990-1996 et trois dans la phase 1997-2004.

L'historgramme des alliances pour chaque nœud est représenté sur la figure 2 et permet ainsi de voir, pour chacune des entreprises, si celle-ci fait des alliances dans les deux phases ou dans l'une ou l'autre seulement, ainsi que l'étendue de cette participation (normalisée par rapport à l'acteur le plus central sur une période). Cette donnée est importante en analyse stratégique parce que peu d'acteurs sont capables de participer à plus d'une phase. Nous avons en effet déjà démontré que ces phases correspondaient à des vagues technologiques successives dans le secteur (Gay et Dousset, 2004). Une entreprise innovante est rarement innovante dans plus d'une phase. Parmi les entreprises présentes dans le secteur anticorps dès 1987, les plus performantes devraient donc être celles qui apparaissent dans les deux phases. On retrouve dans ces deux phases des grosses entreprises pharmaceutiques qui ont les moyens financiers pour investir dans les innovations successives ou leurs produits, un très petit nombre d'entreprises qui innovent dans les deux phases, et enfin des entreprises qui innovent dans la première phase et investissent dans la deuxième. Il est intéressant d'observer les entreprises qui apparaissent seulement dans la deuxième phase et leur rythme de jeux d'alliances en fonction du temps, régulier ou non.

Il est ensuite utile d'observer la structure évolutive des réseaux d'alliances interentreprises pour la phase la plus récente, 1996-2004. Les graphes correspondant aux quatre dernières périodes de deux ans, 1996-1997, 1998-1999, 2000-2001, 2002-2004, sont représentés en figure 3.

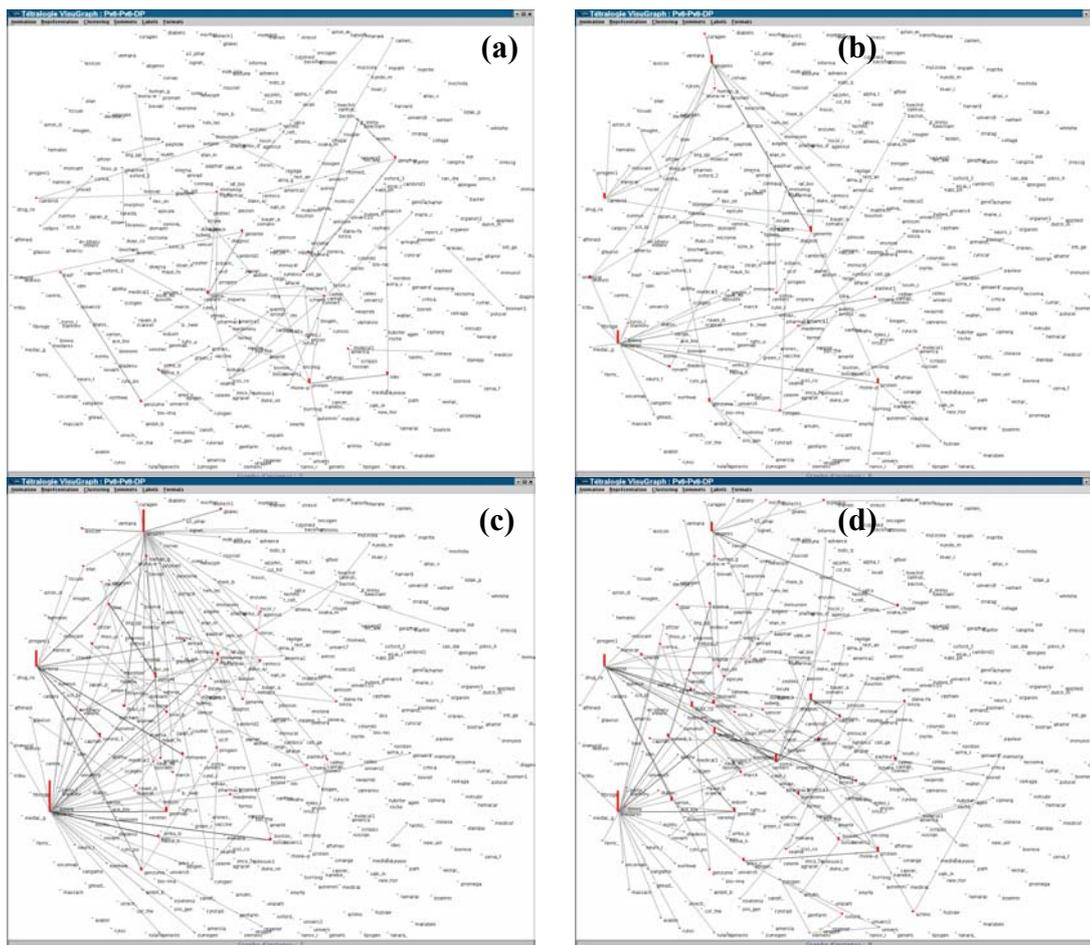


Figure 3. Graphe connexe du réseau des alliances passées sur quatre périodes :

(a) 1996- 1997 ; (b) 1998- 1999; (c) 2000- 2001 ; (d) 2002- 2004

Pour une meilleure lecture, les acteurs centraux (i.e. qui forment le plus d'alliances) ont été fixés sur le graphe d'une période à l'autre et apparaissent à gauche sur chaque graphe. L'ensemble des acteurs présents sur la totalité de la période 1987-2004 est présent sur chaque graphe, ce qui permet de voir la quantité d'acteurs mobilisée réellement à chaque instant. Peu d'acteurs sont actifs en figure 3a; trois acteurs centraux commencent à apparaître en figure 3b; ces trois acteurs dominent clairement le réseau en figure 3c, formant un tri pole; bien que cette domination reste claire en figure 3d, elle décroît et l'émergence de nombreux nouveaux acteurs devient évidente.

L'ensemble des alliances pour la période 1996-2004 est intégré en figure 4 et montre clairement la domination des trois acteurs dans le segment anticorps.

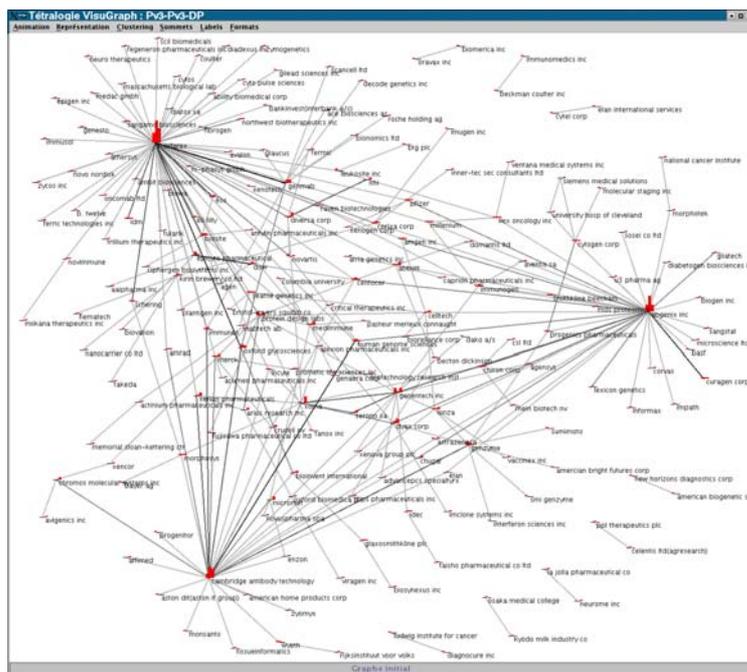


Figure 4. Graphe connexe du réseau des alliances passées durant la période 1998- 2004.

Ces acteurs centraux, Medarex, Abgenix, et Cambridge Antibody Technology, sont ceux qui détiennent les brevets clef dans le domaine des anticorps monoclonaux sur l'ensemble de la période étudiée (Tableau 1). La compétence cœur de ces acteurs détermine donc la structure du réseau, ainsi que clairement démontré dans la figure 4. Les demi degré extérieurs de ces trois acteurs sont élevés, ce qui traduit un processus de diffusion de l'innovation des acteurs centraux vers la périphérie (Gay et Dousset, 2004).

<i>Acteurs Centraux</i>	<i>Brevets clé³</i>	<i>Centralité de degré (normalisée)</i>	<i>Technique</i>
Medarex	Lonberg	1.00	Anticorps humain par souris transgéniques
Abgenix	Kucherlapati	0.55	Anticorps humain par souris transgéniques
Cambridge Antibody Technology	Griffith	0.48	Anticorps humain par « banques » de phages

Tableau 1. Corrélation entre la centralité de degré et la capacité innovante (technologies clé dans le secteur) de l'entreprise sur la période 1987-2004

Il est intéressant de regarder les propriétés du réseau sur les deux cycles d'alliances 1990-1996 et 1997-2004. Nous avons pour cela travaillé sur 3 périodes, la période 1990-1992 qui se situe dans la phase de croissance exponentielle du nombre d'alliances dans le premier cycle, et les périodes 1999-2001 et 2002-2004 qui couvrent la plus grande partie du deuxième cycle. Le tableau 2 montre l'évolution de certaines propriétés de réseau sur ces trois périodes.

³ Source: Ducworth J., Fiskén, J., *Current Drug Discovery*, vol. 2, 2002, p. 29-32.

<i>Période</i>	<i>n</i>	<i>n_{main}</i>	<i>m</i>	<i>d</i>	<i>C_p</i>	<i>l</i>	<i>ø</i>
1990-1992	194	90	186	0,010	0,045	5.8	16
1999-2001	128	99	140	0,017	0,185	3,3	7
2002-2004	150	97	144	0,013	0,101	4,3	10

Tableau 2. Analyse statistique des propriétés du réseau sur trois périodes. Les propriétés mesurées sont l'ordre n (nombre d'entreprises) du réseau, l'ordre de la partie connexe n_{main} , le nombre d'alliances m , la densité d , la centralisation de proximité C_p , le chemin géodésique moyen l , le diamètre du réseau θ .

En 1990-1992, le réseau est assez déstructuré, sa densité très faible, les acteurs sont éloignés (centralisation de proximité faible), le chemin moyen le plus court qui les sépare est élevé, et le diamètre du réseau est grand. En revanche, dans la période 1999-2001 dominée par trois acteurs, le réseau s'est 'contracté' autour des trois entreprises : sa densité est plus forte, son diamètre et le chemin moyen entre deux acteurs sont extrêmement courts, et les acteurs sont très proches les uns des autres (C_p élevée). Après diffusion des compétences des trois acteurs par jeu de licences, le réseau peut se relâcher, ainsi qu'indiqué par l'ensemble des paramètres en période 2002-2004.

4. Etude évolutive de la centralité des entreprises

Nous avons vu la forte corrélation entre capacité propre de l'entreprise à innover (brevets clef dans le secteur) et sa position centrale dans le réseau. Nous avons donc mesuré ensuite précisément la centralité de degré (Freeman, 1979) des entreprises qui dominent effectivement complètement le réseau dont la centralisation de degré globale moyenne normée est 0,006. Nous avons aussi mesuré pour ces 3 entreprises les plus centrales du secteur leur niveau de communication et de contrôle sur l'ensemble du réseau par la mesure de la centralité d'intermédiarité. Ces deux mesures ont été calculées en évolutif sur les trois périodes de deux ans 1998-1999, 2000-2001, 2002-2004 pendant lesquelles les entreprises Medarex, Abgenix, et Cambridge Antibody Technology (CAT) sont les plus actives (Figure 5).

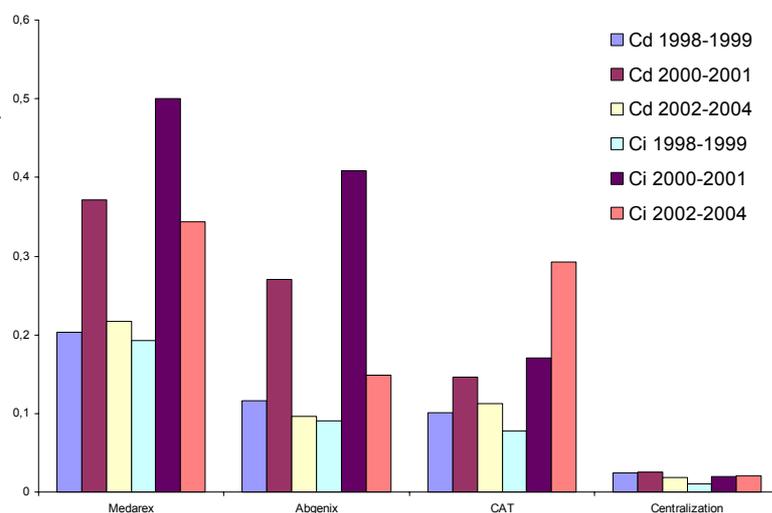


Figure 5. Histogramme des propriétés de centralité de degré (C_d) et d'intermédiarité (C_i) pour les entreprises Medarex, Abgenix, et Cambridge Antibody Technology. Les mesures sont faites sur trois périodes : période 1998- 1999, 2000-2001, 2002-2004. Les valeurs pour l'ensemble du réseau sont aussi mesurées (centralisation) et permettent de comparer les caractéristiques des trois entreprises à celles de l'ensemble des acteurs sur une période.

Ces propriétés permettent ainsi d'évaluer le pouvoir de ces acteurs et le contrôle qu'ils peuvent exercer sur l'ensemble des autres acteurs en fonction du temps.

La figure 5 montre bien que les trois entreprises sont centrales par rapport aux valeurs de centralisation du réseau à tout instant.

La centralité de degré maximale (par rapport à l'ensemble des acteurs sur une période donnée) est atteinte par Medarex sur les trois périodes. Abgenix vient en deuxième position sur les deux premières périodes et Cambridge Antibody Technology en troisième position. En dernière période, Cambridge Antibody Technology passe en deuxième position et Abgenix en troisième. La valeur de centralité de degré décroît pour l'ensemble des acteurs en 2002-2004, mais plus particulièrement pour Abgenix. Cette décroissance correspond à une décroissance de la capacité des trois entreprises à développer des communications au sein du réseau. Elle est accompagnée pour Abgenix et Medarex assez logiquement d'une décroissance de la centralité d'intermédierité. Medarex reste toutefois bien positionnée tandis que Abgenix occupe une position nettement moins bonne. Cambridge Antibody Technology a des valeurs de centralité de degré plus constantes et faibles mais sa centralité d'intermédierité enregistre, à l'inverse des deux autres compagnies, une augmentation forte en dernière période. Elle n'est pas l'indice d'une communication active puisque la centralité de degré ne suit pas la même croissance.

Nous avons donc appliqué l'algorithme de Girvan et Newman (2002) sur la période 2002-2004 qui permet d'extraire des communautés de structure, c'est-à-dire des groupes d'acteurs qui ont une densité de liens plus forte entre eux et moins forte entre groupes, ce qui permet une meilleure lisibilité du réseau. La communauté à laquelle Cambridge Antibody Technology appartient est représentée en figure 6. Elle est caractérisée par une compétition forte, avec beaucoup de leaders potentiels au voisinage de Cambridge Antibody Technology. Cambridge Antibody Technology apparaît très encadrée dans cette communauté. Les nœuds rouges sur la figure 6 représentent les compagnies concurrentes qui possèdent des technologies équivalentes. Plusieurs de ces compagnies ont des positions centrales et la position de l'ensemble de ces compagnies reflète le déplacement des technologies permettant de fabriquer des anticorps monoclonaux entièrement humains dans les périodes précédentes vers des technologies permettant de fabriquer et modifier rapidement des fragments d'anticorps (technologie phage). Cambridge Antibody Technology est donc passée d'une situation hiérarchique, de pouvoir, en 2000-2001 (voir figure 2c) à une situation cohésive, indicatrice d'une perte de pouvoir, en 2002-2004.

La centralité forte d'intermédierité de Cambridge Antibody Technology s'explique donc par la structure extrêmement cohésive des acteurs qui lui sont proches sur le réseau et qui rentrent en compétition avec elle (centralité de degré élevée et partage des mêmes partenaires).

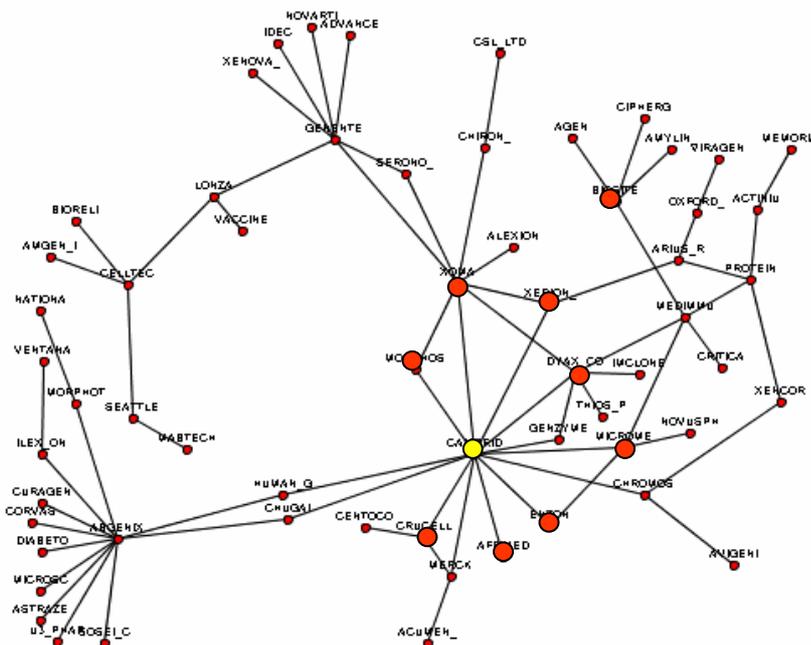


Figure 6. Communauté de structure de Cambridge Antibody Technology (nœud jaune sur la figure) pour la période 2002-2004

Nous avons regardé les flots (chemins indépendants, directs ou indirects) circulant entre acteurs centraux de 2000-2001 à 2002-2004.

	MEDX ABGX	MEDX CAT	CAT ABGX	CAT DYAX	CAT XOMA	CAT MICROMET	DYAX XOMA
2000-2001	7	8	7	-	-	-	-
2002-2004	2	4	2	5	7	5	5

Tableau 3. Analyse de l'intermédiarité des flots entre acteurs centraux sur les deux dernières périodes.

Le tableau 3 montre bien que la circulation des flots se fait entre trois acteurs principaux, Medarex, Abgenix et Cambridge Antibody Technology en première période puis entre un plus grand nombre d'acteurs centraux en deuxième période. Ces derniers sont tous, comme Cambridge Antibody Technology, impliqués dans la technologie phage.

5. Conclusion

L'analyse de la structure des réseaux dont on reconnaît aujourd'hui le caractère dynamique et évolutif permet d'une part d'étudier l'interdépendance des contraintes et des stratégies de chacun et, d'autre part, de développer des représentations graphiques dynamiques de l'organisation institutionnelle de secteurs.

Dans cette étude, la centralité directe d'un acteur dans le réseau est clairement liée à sa capacité d'innovation intrinsèque à un moment donné, à la valeur de cette innovation pour l'ensemble des entreprises impliquées dans le secteur, et au nombre d'acteurs en compétition sur la technologie au niveau de la propriété industrielle. Les acteurs qui occupent des positions centrales sont des lieux de passage obligés. L'innovation, à travers la centralité directe des acteurs, influence donc l'architecture globale du réseau.

Le réseau global, qui est le résultat des interactions de la totalité des acteurs influence, en retour, chaque acteur. La mesure de la centralité d'intermédiarité, liée à celle de la centralité de degré, ainsi que celle de l'intermédiarité de flots entre acteurs centraux, sont des indicateurs de contrôle du réseau ou de perte de pouvoir par un acteur donné. Un niveau d'encastrement fort dans le réseau macro traduit une perte de pouvoir. La centralité de degré d'un acteur est aussi difficile à maintenir durablement. En effet, l'obsolescence rapide des technologies, la diffusion de celles-ci à travers les jeux d'alliances, et l'apparition constante d'innovations nouvelles empêchent les acteurs innovants de se maintenir longtemps dans le réseau et entraînent l'apparition rapide de nouveaux acteurs centraux. Un acteur ne peut donc se maintenir dans plus d'une phase que s'il perçoit l'ensemble des phases successives qui structurent un secteur et investit, ou crée, dans chacune d'entre elles.

6. Bibliographie

Ahuja, G., "The duality of collaboration: inducements and opportunities in the formation of interfirm linkages", *Strategic Management Journal*, vol. 21, 2000, p. 317-343.

Brandes, U., "A faster algorithm for betweenness centrality", *Journal of Mathematical Sociology*, vol. 25, n° 2, 2001, p. 163-177.

Doz, Y. L., Hamel, G., "Alliance advantage", Boston MA: *Harvard Business School Press*, 1998.

- Freeman, L. C., "A set of measures of centrality based on betweenness", *Sociometry*, vol. 40, n° 6, 1977, p. 35-41.
- Freeman, L. S., "Centrality in social networks: Conceptual clarification", *Social Networks*, vol. 1, 1979, p. 215-239.
- Freeman, L. S., Borgatti, S. P., White, D. R.: "Centrality in valued graphs: a measure of betweenness based on network flow", *Social Networks*, vol. 13, 1991, p. 141-154.
- Fruchterman T, Reingold E. 1991. Graph Drawing by Force-Directed Placement. *Software Practice and Experience*. 1129-1164.
- Gay, B., Dousset, B. 2004. "Analyse par cartographie dynamique de l'effet de l'innovation sur la structure des réseaux d'alliances dans l'industrie des biotechnologies : application au domaine des anticorps thérapeutiques", Actes du colloque VSST, Toulouse 25-29 octobre.
- Gay, B., Dousset, B. 2005. Innovation and network structural dynamics. Forthcoming in *Research Policy* (à paraître).
- Girvan, M., Newman, M. E. J. 2002. Community structure in social and biological networks. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **99** 7821-7826
- Hagedoorn, J., Schakenraad, J., 1990, "Inter-firm partnerships and cooperative strategies in core technologies", in C. Freeman and L. Soete (eds.), *New Explorations in the Economics of Technological Change*, Pinter Publishers, London, p. 3-37.
- Hergert, M., Morris, D., 1988, Trends in international collaborative agreements, in F.J. Contractor and P. Lorange (eds.), *Cooperative Strategies in International Business*, D.C. Heath and Company, Lexington, p. 99-110.
- Jackson, M. O., Watts, A., "The evolution of social and economic network", *Journal of Economic Theory*, forthcoming, 1999.
- Jackson, M.O., Wolinsky, A., "A strategic model of social and economic networks, " *Journal of Economic Theory*, vol. 71, n° 1, 1996, p. 44 -74
- Lyles, M. A., "Learning among joint venture sophisticated firms," *Management International Review*, vol. 28, 1988, p. 95-98.
- Powell, W., Koput, W., Smith-Doerr, K. W., Owen-Smith, L.J., "Network position and firm performance: organizational returns to collaboration in the biotechnology industry" , *Networks In and Around Organizations*, 1999, p. 24.
- Simonin, B. L., "Ambiguity and the Process of knowledge transfer in strategic alliances", *Strategic Management Journal*, vol. 20, 1999, p. 595-623.
- Zimmerman, J.B., "Des « clusters » aux « small worlds » : une approche en termes de proximité ? ", *Rapport de recherche* n° 01A23, Octobre 2001, Greqam.