



INSTITUT D'ÉCONOMIE ET
DE POLITIQUE DE L'ÉNERGIE

**L'INTERNATIONALISATION DES ACTIVITES TECHNOLOGIQUES
DANS LES INDUSTRIES ENERGETIQUES**

Contrat entre l'Institut Français de l'Energie et l'IEPE

RAPPORT FINAL

Bernard BOURGEOIS (IEPE)
Virginie JACQUIER-ROUX (IREPD)

Juin 2001

REMERCIEMENTS

Les auteurs de ce rapport tiennent à remercier les personnes suivantes :

- MM. Pierre-René Bauquis et Jean-Eudes Moncomble pour la liberté et la confiance qu'ils leurs ont données,
- les ingénieurs et responsables d'Alstom Power,
- M. Roulet de Schlumberger,
- M.A. de Looze du SERD INRA,

Ils tiennent enfin à exprimer leur gratitude à François Bel, enseignant à l'UFR DGES et chercheur dans l'équipe R&A-INRA, pour ses prestations de services et pour ses conseils dans le traitement statistique et informatique depuis octobre 1999 jusqu'en mai 2001.

Ils restent responsables des interprétations présentées dans ce document.

RESUME

Depuis les années 80, la globalisation croissante d'un grand nombre de fonctions dans l'entreprise affecte le domaine des activités technologiques. Plusieurs changements qualitatifs conduisent, sans annuler l'influence des systèmes nationaux d'innovation, à la reconnaissance d'un rôle plus décisif des grandes firmes mondialisées dans la dynamique technologique. Notamment, dans un certain nombre de secteurs - dont celui de l'énergie - on observe un glissement de la production de l'innovation depuis les firmes utilisatrices d'équipements (firmes U) vers les firmes fournisseurs de ces mêmes technologies et équipements (firmes F), accompagné du développement de nouvelles formes de partenariats de recherche entre ces deux types de firme.

Les deux principales industries d'offre énergétique, hydrocarbures et électricité, avaient encore pendant la décennie 1980 des dynamiques technologiques assez contrastées, avec un poids beaucoup plus prédominant de la préférence nationale pour les marchés d'équipement dans l'industrie électrique que dans l'industrie pétrolière. Dans les années 1990, on assiste à une nette réduction des différences entre ces deux secteurs, en termes d'organisation industrielle, de régime concurrentiel, et d'internationalisation. Dans les deux industries, au-delà des nuances persistantes, les partenariats technologiques avec les fournisseurs, ou seulement entre les fournisseurs, plus concentrés et intégrés, se multiplient. Leur efficacité paraît élevée si on met en rapport des efforts privés et publics de R&D en déclin avec la poursuite du dynamisme de la création technologique.

L'analyse précise des facteurs d'internationalisation technologique ouvre donc sur deux ensembles de questions : d'une part sur la stratégie des firmes U, largement contraintes dans leur externalisation technologique, et d'autre part sur le rôle des systèmes nationaux d'innovation et les politiques technologiques.

L'objectif est d'apporter, dans cette recherche exploratoire sur les seules firmes, des éléments de réponse aux questions suivantes : Quelles sont les tendances d'internationalisation des activités technologiques dans le secteur de l'énergie ? Sous l'effet de quels facteurs ? Quelles en sont les conséquences pour la dynamique d'innovation ?

- ***1. Les hypothèses de la recherche***

Pour fonder les hypothèses de la recherche sur des bases théoriques clairement établies, on se réfère aux travaux du courant évolutionniste en économie, qui renouvellent depuis une vingtaine d'années la conception des processus d'innovation dans les organisations. La littérature d'économie industrielle internationale privilégie ce courant, qui a fortement investi le thème de l'internationalisation des activités technologiques. Il se situe dans une perspective où dynamique d'innovation et internationalisation résultent de l'accumulation de ressources créatrices d'avantages et conduisent à une sélection des firmes.

Plusieurs concepts permettent de caractériser l'internationalisation des activités technologiques des firmes. En opposant logique d'allocation de ressources et logique de création de ressources, l'internationalisation des activités technologiques apparaît relever de manière croissante d'une logique de création de ressources, sans que la logique d'allocation de ressources se soit pour autant effacée dans certains domaines. Au sein de cette nouvelle logique toutefois, deux modes de gouvernance se sont succédé : dans une première période, jusque dans les années 70-80, les choix managériaux privilégient la grande taille et l'intégration verticale et l'internalisation des activités d'innovation ; dans la seconde période,

les choix privilégient le modèle de la firme-réseau où l'accent est mis sur les relations inter-industrielles et les partenariats comme composantes du processus d'innovation d'ensemble de la firme. L'internationalisation des activités technologiques voit ses modalités évoluer avec ce changement : essentiellement intra-organisationnelle et centrée sur le laboratoire de la maison-mère dans un premier temps, puis plus inter-organisationnelle et ouverte sur la territorialisation ensuite.

• **2. Caractérisation des dynamiques technologiques et industrielles des industries pétrolières et électriques**

Ces hypothèses générales sont vérifiées sur les deux groupes d'industrie étudiées pour la période comprise entre 1985 et 1998.

(i). *Dans l'industrie pétrolière, il apparaît que les grands opérateurs ont mis en oeuvre de nouvelles stratégies technologiques sous l'influence de deux facteurs:*

- d'une part une incitation forte à la baisse des coûts qui nécessitait de réduire l'effort financier pour la R&D interne,
- d'autre part l'adoption d'une nouvelle conception managériale selon laquelle une nouvelle politique technologique active pouvait être développée en externalisant sous certaines conditions une partie de la R&D en permettant d'atteindre des coûts réduits et une efficacité accrue.

Dans cette conception une partie des opérations de R&D, celle dénommée recherche non patrimoniale ou pré-compétitive et adoptée par la compagnie BP, pouvait être externalisée totalement, ou partiellement (en partenariat). Cette évolution permet ainsi aux compagnies de diviser leur intensité moyenne de recherche (ratio des dépenses de R&D au chiffre d'affaires) par un facteur 2 environ. En outre, alors que les pratiques de coopération technologique entre firmes opératrices et fournisseurs demeuraient l'exception jusque dans les années 1970, on observe depuis le contre-choc de 1986 une augmentation de la recherche sous-traitée et de la recherche menée en collaboration.

Pour les acteurs du para-pétrolier les incitations au changement ont été aussi fortes. Pour répondre au désengagement partiel des grandes compagnies pétrolières d'un certain nombre de tâches technologiques, il leur faut pour la plupart dépasser leur taille et développer une nouvelle capacité organisationnelle. Les majors du para-pétrolier ont dans la décennie 1990 assez systématiquement procédé à l'élargissement de leurs lignes d'activités, le plus souvent par croissance externe. Les sociétés para-pétrolières qui se sont intégrées bénéficient d'un avantage concurrentiel dans le domaine de l'innovation, surtout quand cette spécificité s'appuie sur une organisation interne très réactive et proche des besoins des compagnies pétrolières. Les informations disponibles sur l'intensité de recherche des firmes para-pétrolières américaines semblent montrer à la fois un maintien de l'intensité moyenne d'environ 3%, et des écarts importants autour de ce ratio moyen.

Entre les deux catégories de firmes, les relations technologiques ont évolué d'un régime de relations marchandes à court terme dans des marchés ouverts et concurrentiels (la décennie 1980) vers un régime de relations partenariales encadrant la fourniture de services pétroliers plus intégrés.

(ii). Du côté de l'industrie électrique, on observe clairement des différences dans les relations clients-fournisseurs en matière technologique avant 1985 et une convergence progressive après 1990 sous l'effet de la libéralisation. Quand on examine de près les relations opérateurs-fournisseurs à un échelon national, on remarque qu'une coordination/coopération a surtout existé en Grande Bretagne, France, Japon, Italie, avec une efficacité technologique et

économique différente selon les cas. Après 1990 on observe la disparition des partenariats technologiques entre opérateurs et fournisseurs, et la polarisation des réseaux technologiques autour des quatre ou cinq grands fournisseurs mondiaux.

L'appréhension des efforts de R&D des fournisseurs est plus délicate dans la mesure où l'activité de production d'équipements électriques n'est qu'un segment d'activités parmi beaucoup d'autres, où les intensités de R&D de chacune de ces activités peuvent varier dans de larges plages, et où ces informations ne sont pas en général disponibles par ligne d'activité. Les informations sur les évolutions d'intensité moyenne de R&D suggèrent une tendance à l'effritement de l'effort de R&D, de 4,2% à 3,8%.

(iii). Les modalités d'internationalisation des activités technologiques sont repérables aux niveaux intra- et inter-organisationnel.

- Les informations disponibles suggèrent qu'à l'intérieur des organisations les pratiques dominantes dans les firmes U sont loin du modèle du "réseau intégré de R&D". Par rapport à ce modèle, les pratiques des firmes pétrolières ne s'en rapprochent que dans certaines exceptions comme les pratiques de veille technologique de très grands groupes (Shell par exemple). Dans le cas des entreprises électriques, les pratiques évoluent vers le modèle opposé.
- Concernant les modalités inter-organisationnelles d'internationalisation des activités technologiques des firmes, on peut douter que la tendance à la coopération se développe entre les opérateurs de l'électricité de plusieurs pays, même si on observe une certaine coopération entre firmes électriques en R&D aux Etats-Unis. Sur le plan vertical, les relations entre utilisateurs et fournisseurs d'équipements ou de composants semblent plutôt s'être durcies, évoluant vers une remontée des activités d'innovation des utilisateurs vers les fournisseurs. La "sous-traitance intelligente" et le partenariat, où l'utilisateur a la maîtrise de l'architecture globale de son produit, sont remplacés par des contrats de fourniture clés-en-mains dans l'électricité.

Par contre les relations technologiques entre firmes U et firmes F dans le pétrole présentent ce type de configuration. De ce fait l'internationalisation des activités technologiques des firmes utilisatrices s'effectue plutôt de façon indirecte par l'intermédiaire de leurs fournisseurs. Pour ceux-ci en revanche, la recherche de relations partenariales internationales devient un moyen de compenser la perte relative de potentiel d'apprentissages dans les relations avec les clients opérateurs.

• 3. *Analyse quantitative des dépôts de brevets*

On a vérifié ces deux schémas de stratégies technologiques et de localisation des activités technologiques d'abord par une analyse statistique des productions et de localisation des brevets déposés ou achetés par les quinze premières firmes mondiales des quatre domaines sur la période 1985-1998¹. Cette analyse a été complétée par une série d'interviews chez deux entreprises majeures représentatives des firmes F, Alstom et Schlumberger.

La méthode quantitative repose sur les spécifications suivantes :

¹ Pour limiter l'effet des fluctuations annuelles, on retient cinq années de référence : 1986, 1989, 1992, 1995, 1998 auxquelles on affecte la somme des valeurs des 3 années t-1, t et t+1

- Compte tenu des nombreuses fusions/acquisitions de cette période qui ont affecté surtout les entreprises fournisseurs, on prend en considération les variations de la composition et du périmètre des firmes en menant une double recension de ces brevets à périmètre constant des firmes (méthode la plus couramment utilisée parce que la plus simple) et à périmètre variable. Une base de données sur la composition de chaque groupe a été constituée à partir de différentes sources.
- Les deux domaines technologiques du pétrole et de l'électricité ont été définis à partir de l'agglomération respective de 30 et 8 classes de brevets.
- Pour limiter les biais nationaux, la recension des brevets a été effectuée aux Etats Unis (USPTO) et en Europe (OEB) par deux fournisseurs spécialisés, respectivement Derwent et l'OST. La recension est effectuée d'abord au niveau des brevets contrôlés par le déposant, souvent la société-mère du groupe, puis à celui des inventeurs, personne à qui est attribuée la paternité de l'invention. La ventilation géographique des inventeurs à l'origine des brevets contrôlés par une firme est supposée représenter la ventilation géographique de l'effort technologique de cette firme.

Les résultats permettent d'apporter des réponses à trois questions.

(i) Les données sur les dépôts de brevets confirment-elles le désengagement des opérateurs parallèlement à un accroissement de l'effort des fournisseurs ?

La réponse est positive dans la mesure où l'accroissement considérable des performances technologiques des fournisseurs d'équipements compense l'effritement continu des dépôts de brevets des opérateurs.

- Les fournisseurs des secteurs électrique et pétrolier enregistrent une progression forte sur l'ensemble de la période : +118% pour les premiers (avec une hausse dès le début de la période) et +85% pour les seconds (avec une hausse plus tardive, amorcée dans les années 90),
- Les opérateurs du pétrole connaissent une baisse presque continue de leurs dépôts de brevets (-63% sur la période),
- Les opérateurs de l'électricité déposent très peu de brevets (quelques dizaines par périodes de 3 ans). L'augmentation sur la période 1985-1998 (de 33 en 1986 à 67 en 1998, soit +103%) doit donc être relativisée.
- En outre les résultats montrent que l'effort technologique des fournisseurs face au désengagement relatif des opérateurs s'est accompagnée d'une certaine spécialisation internationale. Pour les firmes américaines, elle s'est basée sur un avantage historique dans le secteur pétrolier, alors que pour les firmes européennes de la construction électrique, leur spécialisation géographique en matière de brevets s'est forgée en une quinzaine d'années. Enfin l'analyse des résultats de performances technologiques dans quatre cas de fusion montre que la concentration débouche sur un renforcement de dépôts de brevets.

(ii) Les données sur l'origine géographique des brevets délivrés confirment-elles une internationalisation des activités technologiques des firmes, notamment chez les fournisseurs ?

Le taux d'internationalisation des activités technologiques, le TIAT, défini comme le rapport entre le nombre de brevets délivrés à une firme et inventés hors de sa base nationale et le nombre total de brevets délivrés à cette même firme manifeste une croissance pour l'ensemble des firmes de l'échantillon de 7% en 1986, 11,7% en 1995, et 12,8% en 1998. La conclusion d'une internationalisation croissante des activités technologiques dans les industries du pétrole et de l'électricité est à moduler selon :

- la région d'origine des firmes : internationalisation forte pour les firmes européennes, faible mais en croissance continue pour les firmes américaines, quasiment nulle pour les firmes asiatiques;
- le secteur concerné : internationalisation plus forte dans l'industrie liée au pétrole que dans l'industrie électrique, mais quadruplement dans la construction électrique sur la période (12,8% en 1998).

Il existe une corrélation positive entre, d'une part, le renforcement technologique des firmes d'une région dans un domaine que manifeste leur part croissante dans le dépôt de brevets de cette catégorie et, d'autre part, l'accroissement de l'internationalisation de leurs activités technologiques. Le rattrapage technologique européen dans la construction électrique va de pair avec une internationalisation croissante des activités technologiques des firmes européennes. De même, la spécialisation technologique accrue des firmes américaines dans le para-pétrolier coïncide avec le renforcement de leur TIAT tout au long de la période.

(iii) Dans quelle mesure les spécificités sectorielles (pétrole et électricité) se retrouvent-elles dans les relations entre opérateurs et fournisseurs ?

Au delà des différences entre la construction électrique et le parapétrolier, les deux entreprises étudiées plus particulièrement ont clairement une stratégie de transformation en firmes-réseaux pour garantir un rythme soutenu de progression des activités technologiques.

En termes théoriques le désengagement technologique des opérateurs et l'implication croissante des fournisseurs ainsi que les changements dans leurs relations s'interprète comme la mise en œuvre d'une dynamique de réseaux dont la tête s'est déplacée. L'observation d'une telle dynamique valide les hypothèses sur l'évolution de l'organisation des activités technologiques dans les grandes firmes. De plus elle éclaire un phénomène particulier important : la tête de réseau en matière de création technologique ne coïncide pas nécessairement avec la tête du même réseau en matière de pouvoir de négociation et de marché.

L'internationalisation des activités technologiques des firmes est un moyen privilégié de mise en œuvre d'une dynamique de réseau dans ce domaine. De plus en plus tournée vers les complémentarités entre systèmes nationaux d'innovation, l'internationalisation des activités technologiques permet de renforcer les performances technologiques des firmes tout en favorisant les interactions avec les tiers. Elle n'est toutefois pas exclusive d'autres moyens plus classiques et managériaux d'étoffer les réseaux des firmes, comme le prouve le recours massif aux fusions, acquisitions et cessions dans les industries étudiées.

*

* *

SOMMAIRE

PRÉSENTATION DU RAPPORT.....	15
CHAPITRE 1	19
UNE REPRÉSENTATION ÉVOLUTIONNISTE DU PROCESSUS D’INTERNATIONALISATION DES ACTIVITÉS TECHNOLOGIQUES DES FIRMES	19
1- LES FACTEURS EXPLICATIFS DE L’INTERNATIONALISATION DES ACTIVITÉS TECHNOLOGIQUES : DE L’INNOVATION SCHUMPETERIENNE DANS UNE PERSPECTIVE INTERNATIONALE AU NOUVEAU MODÈLE DE PRODUCTION DE CONNAISSANCES.....	20
2- LES CHANGEMENTS DE FORME DE L’INTERNATIONALISATION DES ACTIVITÉS TECHNOLOGIQUES DES FIRMES : UNE COMBINAISON VARIABLE DE FORMES INTRA ET INTER- ORGANISATIONNELLES	26
3- CONCLUSION.....	33
CHAPITRE 2	35
LA COÉVOLUTION DES DYNAMIQUES INDUSTRIELLES ET DES STRATÉGIES TECHNOLOGIQUES DANS LES INDUSTRIES PÉTROLIÈRES ET ÉLECTRIQUES DEPUIS 1985.....	35
1- LA COÉVOLUTION DE LA DYNAMIQUES CONCURRENTIELLE ET DES STRATÉGIES TECHNOLOGIQUES DANS L’INDUSTRIE PÉTROLIÈRE.....	36
2- LA COÉVOLUTION DE LA DYNAMIQUE CONCURRENTIELLE ET DES STRATÉGIES TECHNOLOGIQUES DANS L’INDUSTRIE ÉLECTRIQUE	61
3- CONCLUSION.....	96
CHAPITRE 3	101
LA MÉTHODOLOGIE MISE EN ŒUVRE.....	101
1- L’ANALYSE QUANTITATIVE.....	101
2- L’ANALYSE QUALITATIVE	117
CHAPITRE 4	119
LES RÉSULTATS DE L’ANALYSE DES INDICATEURS DE DÉPÔTS DE BREVETS ET DES ENTRETIENS CHEZ ALSTOM ET SCHLUMBERGER	119
1- ÉVOLUTION DES PERFORMANCES TECHNOLOGIQUES DES FIRMES DANS LE PÉTROLE ET L’ÉLECTRICITÉ ENTRE 1985 ET 1998	119
2- ÉVOLUTION DE L’INTERNATIONALISATION DES ACTIVITÉS TECHNOLOGIQUES DES FIRMES DANS LE PÉTROLE ET DANS L’ÉLECTRICITÉ ENTRE 1985 ET 1998.....	129
3- L’ÉVOLUTION DES RELATIONS ENTRE FOURNISSEURS ET OPÉRATEURS : ILLUSTRATION DES DIFFÉRENCES ENTRE LE PÉTROLE ET L’ÉLECTRICITÉ À PARTIR DES ENTRETIENS CHEZ ALSTOM ET SCHLUMBERGER	135
4- CONCLUSION.....	148
CHAPITRE 5	149
INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS EMPIRIQUES	149
1- LES NOUVEAUX RÉSEAUX DE LA CRÉATION TECHNOLOGIQUE DANS LES INDUSTRIES ÉNERGÉTIQUES : REMONTÉE VERS L’AMONT ET REDISTRIBUTION DES RÔLES ENTRE FOURNISSEURS ET OPÉRATEURS	150

2- L'INTERNATIONALISATION DES ACTIVITÉS TECHNOLOGIQUES DES FIRMES DANS LES INDUSTRIES ÉNERGÉTIQUES : UN MOYEN DE CONSOLIDER LA STRUCTURATION RÉSILIAIRE DE LA CRÉATION TECHNOLOGIQUE	155
3- CONCLUSION.....	168
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	171

Liste des annexes

ANNEXE 1 – Tableau des codes des quatre groupes de firmes de l'échantillon

ANNEXE 2 – L'intensité de la R&D dans l'échantillon FRS des firmes pétrolières de l'US_DOE

ANNEXE 3 – Données individuelles d'entreprises sur les indicateurs économiques clefs_(1985-1998)des firmes de l'échantillon

ANNEXE 4 – Classes de brevets retenues selon la nomenclature IPC/CIB

ANNEXE 5 – La capitalisation boursière des 50 compagnies énergétiques mondiales les plus importantes selon Petroleum Finance Co à la fin de l'année 2000

ANNEXE 6 – Relations entre la recherche d'Oil Field Services (Schlumberger) et les universités

ANNEXE 7 – Les demandes de brevet dans les domaines des turbines à gaz et des turbo-réacteurs à l'OEB entre 1989 et 1998

*

* *

Présentation du rapport

- *1. Présentation du sommaire*

Ce rapport comprend cinq chapitres et des annexes.

Le **chapitre 1** s'attache à fonder les hypothèses de la recherche sur des bases théoriques clairement établies : il s'agit des travaux du courant évolutionniste en économie, qui renouvellent depuis une vingtaine d'années la conception des processus d'innovation dans les organisations. On débouche alors sur l'hypothèse d'un changement de modèle de stratégie et d'internationalisation technologiques des firmes à partir de la fin des années 80.

Le **chapitre 2** présente une synthèse historique, de 1985 à 2000, de la dynamique industrielle et des stratégies technologiques des industries pétrolières et électriques dans le but de définir une série d'attendus concernant l'évolution des activités technologiques des firmes dans chaque industrie, en distinguant firmes fournisseurs d'équipements et firmes utilisatrices d'équipements.

Le **chapitre 3** présente de manière détaillée la méthode empirique que nous avons utilisée pour procéder à la vérification des hypothèses.

Le **chapitre 4** expose les résultats tirés de l'analyse des données de dépôts de brevets des firmes de notre échantillon, et de données qualitatives recueillies grâce aux interviews réalisées dans deux entreprises.

Le **chapitre 5** est consacré à l'interprétation des résultats en les confrontant aux attendus empiriques et faits stylisés issus des chapitres 1 et 2.

- *2. Les orientations retenues pour la recherche.*

3 choix essentiels caractérisent notre démarche, tant pour la problématique que pour la méthodologie.

1- Les relations opérateurs-fournisseurs comme facteur structurant les activités technologiques des industries pétrolières et électriques

Depuis les premiers travaux de Bengt-Ake Lundvall² en 1985 suggérant qu'une représentation de l'environnement d'une firme par des relations utilisateur-fournisseur aiderait à mieux comprendre les comportements des firmes pour des innovations de produit, et de leur extension au cas des innovations de procédés (Thomas, 1995)³, une association de ces deux catégories d'agents apparaît pertinente pour rendre compte des activités technologiques d'un secteur. C'est à ce titre que nous utilisons, dans la suite du rapport, le terme d'industrie pétrolière pour désigner les activités technologiques des compagnies pétrolières et des firmes du para-pétrolier, et celui d'industrie électrique pour indiquer les activités technologiques des opérateurs de production d'électricité, et des firmes fournisseurs de la construction électrique.

2- Les brevets comme indicateur "proxy" des outputs technologiques à un échelon méso-économique

Un repérage complet de l'internationalisation des activités technologiques dans notre échantillon de firmes aurait dû prendre en compte plusieurs indicateurs, tels que par exemple le budget de R&D ventilé par pays, l'intensité de formation du personnel de recherche en dehors de la base nationale du groupe, la recension des partenariats technologiques par pays, la spécialisation technologique par pays des différents laboratoires d'un groupe. Les difficultés rencontrées dans la collecte de ces informations par groupe nous ont vite conduits à la conclusion qu'à l'échelon méso-économique retenu - une centaine de groupes réparties dans deux industries - une telle perspective était incompatible avec le cadre, et surtout le calendrier de cette recherche. Nous avons donc utilisé l'indicateur des brevets, comme variable proxy des outputs technologiques. En faisant ce choix nous n'ignorons pas les limites de cet indicateur, notamment pour les opérateurs pétroliers : cet indicateur de production de technologies serait de moins en moins représentatif du comportement d'acquisition technologique des opérateurs, les technologies étant produites de plus en plus par les fournisseurs. Ce défaut spécifique est compensé partiellement par le fait que cet indicateur reste significatif pour les fournisseurs du para-pétrolier.

Une deuxième précision est nécessaire sur cet indicateur : les résultats des comptages de brevets sont très dépendants des spécifications retenues dans des critères de définition de ces brevets⁴. L'un d'entre eux a trait à l'ampleur du domaine technologique considéré comme significatif des technologies développées et utilisées dans les deux industries. Nous avons privilégié dans cette recherche exploratoire une définition très large de ces domaines technologiques en associant huit classes de brevet pour le pétrole et une trentaine dans le cas de l'électricité (pour le détail voir annexe 4).

Les informations ont été obtenues auprès de deux organismes spécialisés (OST, Derwent). Le cadre budgétaire nous a contraints de faire, auprès de deux sous-traitants, une demande

² Lundvall B.A., 1985, *Product innovation and User-producer Interaction*, Industrial Research Series N°1, Aalborg: Aalborg University Press. Cette première contribution a été suivie par de nombreux autres papiers du même auteur, étendus en particulier aux interactions internationales utilisateur/producteurs et à la prise en compte des Systèmes Nationaux d'Innovation (Lundvall, B.A., 1992)

³ Thomas S., 1995, *User-Producer relations in a Competitive Electricity Supply Industry*, STEEP Discussion Paper n°19, SPRU, 65p.

⁴ Comme en témoigne la controverse récente entre Margolis, Kammen (1999) et Sagar (2000) dans *Energy Policy* sur la mesure des impacts en terme de brevets de la baisse des investissements de R&D, et de leurs conséquences sur une réorientation de la politique énergétique américaine dans ce domaine.

agrégée de ces données de brevets en seulement deux domaines technologiques : d'un côté celui de l'industrie pétrolière, de l'autre celui de l'industrie électrique. Le contrôle des résultats obtenus par classe de brevets ne pourra donc être envisagé que dans une étape ultérieure.

3- Fusions-acquisitions et documentation des périmètres des groupes industriels

L'analyse étant effectuée en longue période (environ 15 ans) pour faire apparaître des évolutions significatives, nous avons dû tenir compte des changements dans le périmètre des firmes de notre échantillon au cours des 15 années d'observation, en raison de l'importance des mouvements de fusion-acquisition-cession et de la concentration survenus dans les industries de l'énergie, notamment dans sa composante biens d'équipement. Il apparaît en effet probable que l'internationalisation accrue de ces firmes, résultant de ces restructurations-concentrations, est à son tour un facteur de l'internationalisation accrue de leurs activités technologiques.

Chapitre 1

Une représentation évolutionniste du processus d'internationalisation des activités technologiques des firmes

En tant qu'objet d'étude, l'internationalisation des activités technologiques des firmes peut être abordée à travers deux champs disciplinaires : celui de l'économie internationale et des stratégies d'internationalisation des firmes d'une part, celui de l'économie industrielle et des stratégies d'innovation des acteurs d'autre part. L'intégration parfaite de ces deux champs dans une seule et même grille d'analyse est particulièrement complexe et force est de constater que la plupart des travaux traitant de ce thème sacrifient au choix d'un champ disciplinaire prioritaire. Nous n'échappons pas à la règle : notre recherche est d'abord une recherche d'économie industrielle, qui incorpore des éléments problématiques d'économie internationale.

Dans cette optique, nous nous référons à un ensemble de travaux économiques de type évolutionniste. D'abord, ce courant a fortement investi le thème de l'internationalisation des activités technologiques. Ensuite, l'analyse évolutionniste convient bien à une démarche d'articulation des deux champs disciplinaires évoqués ci-dessus : la dynamique de l'innovation tout comme celle de l'internationalisation résulte de l'accumulation de ressources créatrices d'avantages conduisant à une sélection des firmes. Le choix d'une problématique en termes de création de ressources (et non en termes d'allocation de ressources) est un point commun à ces travaux évolutionnistes. La mise en perspective historique des processus d'internationalisation et de sélection en est un autre.

Nous mobilisons ici une série de travaux permettant, dans une optique évolutionniste, d'appréhender certains aspects de l'internationalisation des activités technologiques des firmes. Un premier groupe s'attache à expliquer cette internationalisation dans une approche dynamique et à distinguer plusieurs étapes progressant vers la domination d'une logique de création de ressources. Un second analyse les changements dans les formes de cette internationalisation. Nous obtenons ainsi un repérage des stratégies technologiques des firmes dans les industries de l'énergie, qui nous permet de formuler un corps d'hypothèses à tester.

Précisons au préalable que les travaux auxquels nous nous référons peuvent être rassemblés au sein d'une branche « historicisante » du courant évolutionniste en économie. En effet, l'analyse évolutionniste des modèles d'innovation propose deux types d'approche. D'un côté, certains travaux ont entrepris, dans les années 80, de revisiter les processus d'innovation des firmes (et d'autres organisations) à la lumière de nouveaux concepts (processus d'innovation, dépendance de sentier, rendements croissants, interactions systémiques, accumulation de connaissances, connaissances tacites et codifiées, routines, création de ressources et compétences, etc.) et sur la base d'études empiriques (Rosenberg, 1982 ; Kline et Rosenberg, 1986). Ils en ont retiré la formulation de nouvelles caractérisations des processus d'innovation érigées en modèles. Ces derniers sont a-temporels, ils exposent une nouvelle conception des

processus d'innovation qui vaut pour diverses époques du capitalisme. D'un autre côté, des travaux des années 80 et 90 considèrent que la caractérisation des processus d'innovation ne peut être universelle et qu'elle doit par conséquent rendre compte d'évolutions essentielles provoquées par des mutations historiques du contexte technico-économique dans lequel les firmes procèdent à l'innovation. Ce sont ces approches historiques, qui montrent que différents modèles d'innovation se succèdent au cours du temps, que nous utilisons ici. *L'internationalisation des activités technologiques des firmes apparaît donc comme une conséquence ou un composante du passage à un nouveau modèle d'innovation.*

1- Les facteurs explicatifs de l'internationalisation des activités technologiques : de l'innovation schumpeterienne dans une perspective internationale au nouveau modèle de production de connaissances

1.1- L'internationalisation des activités technologiques des firmes dans la dynamique du capitalisme

J.Cantwell (1999) propose une mise en perspective historique de la recherche de profit et de croissance des firmes au cours des dernières décennies. Il identifie deux modèles qui se sont succédé : dans le premier la croissance repose sur des gains de productivité du travail et une flexibilité accrue dans l'utilisation et l'allocation des facteurs de production ; dans le second la croissance s'obtient grâce à des gains de productivité du capital, à travers l'innovation et des avantages de monopole temporaire tels que décrits par J. Schumpeter. Ce second modèle est suscité par un contexte économique de mondialisation et invite les FMN à une stratégie d'innovation intégrée à l'échelle mondiale.

Dans un certain nombre de secteurs cependant, la réalité ne rejoint pas le second de ces modèles. Qu'y observe-t-on ? Les FMN continuent à peser sur la productivité du travail (licenciements, exploitation de la main d'œuvre à bas salaires) et privilégient la flexibilité notamment dans leurs relations inter-industrielles (renégociation des contrats de fourniture et de sous-traitance). De même les restructurations (reengineering) se multiplient, permettant d'intégrer des activités à plus forte rentabilité financière (afin de répondre aux pressions financières de rentabilité à court terme), d'augmenter le pouvoir de marché pour reconstituer des marchés captifs. Toutes ces orientations stratégiques ne privilégient pas les capacités d'innovation, dont l'évolution est un sous-produit de stratégies financières et commerciales (Guercini et Paoli, 1997).

Selon Cantwell, ces attitudes, loin d'infirmier son analyse, correspondent en fait à une ultime tentative des firmes de ces secteurs de tirer parti du premier modèle de course au profit. Néanmoins face à un épuisement prévisible des avantages de ce modèle, l'accent mis sur l'innovation sera l'issue indispensable pour la compétitivité à long terme des FMN. L'internationalisation des activités technologiques des FMN, aujourd'hui limitée (toujours dans ces secteurs) et sous-produit de stratégies en fin de course, pourrait être la voie du renouveau de la compétitivité à long terme des FMN. Son processus deviendrait alors de plus en plus délibéré et stratégique.

Cette évolution n'est pas exposée au risque de difficultés liées à l'appropriation des résultats des efforts d'innovation, si on adopte une conception évolutionniste de la connaissance : ni pour les firmes, ni pour les SNI, l'internationalisation des activités technologiques n'entraîne une fuite préjudiciable, mais au contraire un renouvellement de ressources cognitives spécifiques dédiées à l'innovation (RCSDI)⁵ privées et publiques. Ce renouvellement sera d'autant plus dynamique que les FMN participeront activement à la production de ces ressources.

L'analyse de Cantwell rejoint donc celle de l'ensemble des travaux évolutionnistes, établissant une opposition entre logique d'allocation de ressources et logique de création de ressources en matière d'innovation et de recherche. Dans une logique d'allocation de ressources, la firme arbitre entre la réalisation par elle-même de l'effort de recherche et l'acquisition des résultats de cet effort auprès de tiers effectuant la recherche (« make or buy »). Le critère dominant d'arbitrage est celui des coûts des transactions. Or les auteurs évolutionnistes tiennent cette logique pour inopérente à long terme pour les firmes. Ils ont montré (Amendola et Gaffard, 1988 ;Cohen et Levinthal, 1989 ; Foray et Mowery, 1990) que l'innovation résulte d'apprentissages cumulatifs spécifiques qui ne sauraient être transmis intégralement et ponctuellement d'une organisation à une autre dans le cadre d'une transaction marchande. Une firme ne peut innover si elle externalise l'ensemble de son effort de R&D. L'arbitrage n'oppose plus faire et faire-faire, mais diverses modalités dans la conduite de l'effort de recherche et d'innovation. Pour Cantwell, l'internationalisation des activités technologiques est la marque des firmes qui ont catégoriquement opté pour une logique de création de ressources technologiques.

Selon la perspective évolutionniste à laquelle se rattache Cantwell, il existe un lien de proportionnalité entre l'importance de l'effort d'accumulation interne de RCSDI d'une firme (notamment à travers ses capacités de R&D) et son aptitude à tirer parti de recherches en coopération et autres activités d'innovation ouvertes sur des réseaux technico-économiques (Callon,1993). Or nous dit Cantwell, les SNI peuvent influencer favorablement ces activités d'accumulation de ressources par les firmes. Ainsi les FMN les plus avancées vers un management stratégique de l'internationalisation de leurs activités technologiques (accords de coopération technologique avec des organisations internationalisées ou étrangères, laboratoires de R&D délocalisés et fortement intégrés aux dynamiques locales de création de ressources) pourraient être celles qui appartiennent aux SNI les plus complets et dynamiques.

En termes de politique technologique, si les gouvernements souhaitent éviter que les FMN stagnent dans un scénario de recherche de compétitivité inefficace à long terme, ils ont intérêt à mettre en œuvre une politique d'ampleur de soutien d'ensemble à leurs SNI, et non des aides ciblées sur quelques champs scientifiques et technologiques, car la technologie est aujourd'hui complexe et multidisciplinaire. Cela n'exclut pas des spécialisations locales visant l'excellence.

⁵ Les ressources cognitives spécifiques dédiées à l'innovation (RCSDI) font partie d'un ensemble plus vaste : les ressources cognitives spécifiques de l'organisation conçues comme la base de compétences spécifiques dans divers domaines (technologie, connaissance des marchés de clientèle et de fournisseurs, connaissance des réglementations, lobbying, organisation de l'entreprise et du personnel, opérations sur les marchés de capitaux...). Nous nous focalisons donc sur une catégorie particulière de ressources cognitives spécifiques, les RCSDI. Ce qui implique que les évolutions constatées en matière de création de RCSDI par les firmes de notre domaine d'étude ne valent pas pour l'ensemble des ressources cognitives spécifiques de ces firmes : ainsi, s'il est possible de constater un essoufflement ou une chute des efforts de création de RCSDI chez les firmes productrices d'électricité ces 15 dernières années, il est aussi clair qu'en revanche ces firmes ont fortement développé des ressources cognitives spécifiques dans la connaissance des marchés et la gestion des actifs financiers.

L'approche de Cantwell peut être articulée avec celle de J.Dunning (1998). Comme celle de Cantwell, l'analyse de Dunning propose une chronologie duale de la dynamique du capitalisme. Si chez Cantwell le critère distinctif est la source du profit et de la croissance, chez Dunning il réside dans la place des relations inter-industrielles dans la stratégie des firmes.

Rappelons que les travaux de Dunning l'ont conduit à proposer un « paradigme éclectique » de l'internationalisation des firmes, autrement désigné par « paradigme OLI ».

Dans un article de synthèse, l'auteur en donne la définition suivante : “ Le paradigme pose que, à tout moment, (le volume et la configuration de la production internationale) seront déterminés par l'aspect de trois ensembles de forces : 1) les avantages concurrentiels nets que les firmes d'une nationalité détiennent sur celles d'une autre nationalité lorsqu'il s'agit de fournir un marché ou un ensemble de marchés [avantage O comme *ownership*]. Ces avantages peuvent provenir soit de la possession privilégiée par ces firmes d'un ensemble d'actifs générateurs de revenu, soit de leur capacité à coordonner des actifs existants avec d'autres actifs au-delà des frontières nationales d'une manière qui les favorise par rapport à leurs concurrents incapables de ou ne souhaitant pas se lancer dans une telle production. 2) le point jusqu'auquel les firmes trouvent profitable d'internaliser les marchés de ces nouveaux actifs, et ce faisant d'ajouter de la valeur à leurs outputs [avantage I comme *internalisation*]. 3) la mesure dans laquelle les firmes choisissent de localiser ces activités ajoutant de la valeur hors des frontières nationales [avantage L comme *location*] ”. (Dunning, 1991).

En considérant conjointement le déterminant national et celui lié à l'histoire propre de la firme dans la définition de l'avantage O, on obtient une grille d'analyse de la stratégie d'internationalisation de la firme qui croise plusieurs niveaux de problématique. Ainsi un avantage concurrentiel de départ (O) permet d'envisager l'ouverture internationale des approvisionnements, de la production, de la distribution, de l'innovation, dans la mesure où des avantages de localisation (L) à saisir sont identifiés dans l'espace, selon une problématique d'avantage comparatif lié à des actifs immobiliers. Il faut alors résoudre la question des modalités de ce déploiement et lorsque la substitution d'une structure interne à des relations de marché est jugée intéressante (avantage I), la firme a intérêt à se multinationaliser par IDE. L'avantage concurrentiel (O) s'en trouve, en fin de processus, renforcé.

Plus récemment cependant, J. Dunning (1998) a lui-même jugé que le paradigme OLI devait se renouveler, afin de tenir compte des évolutions propres à l'organisation industrielle des firmes depuis la fin des années 80. Partant de l'hypothèse que “ *although the autonomous firm will continue to be the main unit of analysis for analysing the extent and pattern of foreign owned production, the OLI (...) configuration determining transborder activities is being increasingly affected by the collaborative production and transnational arrangements it engages in with other firms* ”(Dunning, 1998, p.30), l'auteur développe une seconde génération du paradigme OLI.

Ainsi le paradigme dans sa première version apparaît adapté à une longue période de “ capitalisme hiérarchique ” (ibid.) durant laquelle la problématique principale de la “ gouvernance ” de la firme a consisté à arbitrer entre marché et hiérarchie en vue d'optimiser la production et de minimiser les coûts des transactions. Cependant tout le vingtième siècle a été marqué par une aggravation des imperfections du marché, liée à la complexité croissante de l'activité économique, au rythme accéléré des innovations technologiques, et à l'intervention des acteurs politiques. Ainsi la grande firme s'est-elle peu à peu imposée comme modalité organisationnelle. Dans le domaine de la création technologique, les grandes firmes ont massivement développé leur effort de R&D après la seconde guerre mondiale,

optant pour une logique de création de ressources. La modalité dominante d'organisation des activités technologique s'est caractérisée par une forte R&D interne, dans une firme intégrée verticalement et peu ouverte aux collaborations externes. Dans le cadre de ce capitalisme hiérarchique, les transactions externes des firmes sont en effet supposées "exogènes (...) à leur porte-feuille d'actifs et de compétences, et à la manière dont ces actifs et compétences sont combinés entre eux pour créer de nouveaux avantages" (ibid., p.32). Il s'agit donc d'une approche managériale de l'entreprise, telle que l'a dépeinte A.Chandler (1990).

Cependant, depuis la fin des années 80, alors même que le capitalisme hiérarchique reste l'organisation industrielle dominante, l'émergence de nombreux arrangements de collaboration entre firmes traduit une évolution vers un "capitalisme d'alliance" (Gerlach, 1992). Plusieurs facteurs ont poussé au développement d'alliances, parmi lesquels les facteurs technologiques occupent, selon Dunning, la première place. En effet les avancées technologiques des firmes depuis les années 80 exigent des compétences qui débordent largement, et dans de multiples directions, leurs domaines spécifiques d'excellence (qu'il s'agisse de produire des technologies en incorporant des connaissances diverses à l'amont, ou qu'il s'agisse de dédier des nouvelles technologies génériques à des usages spécifiques à l'aval). Cet aspect beaucoup plus composite des technologies actuelles exige davantage de coopération entre les acteurs. Un moyen d'y parvenir est d'obtenir ces coopérations par le biais de fusions et acquisitions⁶ : on rejoint alors le cadre du capitalisme hiérarchique. Certains secteurs, au sein desquels on trouve d'ailleurs les industries de l'énergie, usent abondamment de ce moyen. Mais les firmes peuvent aussi parvenir à cette incorporation de compétences diverses par le biais du partenariat inter-firmes et de l'organisation inter-industrielle en réseau. Alors les relations externes des firmes ne sont plus exogènes à leur combinaison d'actifs et de compétences, mais endogènes, car inscrites dans la durée. Reprenant la distinction de Hirschmann (1970), Dunning considère que le capitalisme d'alliance correspond à une préférence des firmes pour une "voice-strategy", alors que le capitalisme hiérarchique traduit une préférence classique pour une "exit-strategy"⁷. On obtient alors une seconde modalité de développement d'une logique de création de ressources dans le domaine technologique : celle de la firme-réseau, se basant sur une R&D interne solide doublée de partenariats divers avec des tiers.

Il apparaît malgré tout la nécessité de nuancer la correspondance entre ces formes organisationnelles schématiques (firme managériale versus firme-réseau) et les catégories énoncées plus haut pour représenter les modalités de l'internationalisation des firmes. Notamment, le capitalisme hiérarchique ne saurait correspondre mécaniquement aux modalités intra-organisationnelles d'internationalisation des activités technologiques, telles que nous les avons identifiées pour des besoins de clarification. Car le déploiement international de la R&D, même s'il est intra-organisationnel, ne peut être optimal que s'il repose sur des avantages O, L et I intégrant des aspects du capitalisme hiérarchique mais aussi des aspects du capitalisme d'alliance (notamment une territorialisation des activités de R&D situées à l'étranger, c'est-à-dire une contribution aux dynamiques locales de création collective de ressources).

⁶ Ce qu'en d'autres termes H.O.Maucher (1998) appelle « building broader networks for innovation ». Ce facteur serait, avec « restructuring the production apparatus » l'un des deux motifs explicatifs fondamentaux des vagues de fusions et acquisitions selon lui.

⁷ Selon cette analyse, lorsqu'une firme se heurte à une imperfection du marché, elle peut avoir deux réactions : "exit", alors elle remplace le marché par une structure hiérarchique interne ; "voice", alors elle essaie dans le cadre du marché de réduire ou d'éliminer les effets de l'imperfection de ce dernier.

Cette démarche historique consistant à mettre en évidence une chronologie duale dans les facteurs explicatifs de l'internationalisation des activités technologiques des firmes se trouve également dans des travaux relevant plus spécifiquement de l'économie de la connaissance.

1.2- Division cognitive du travail au niveau mondial, systèmes nationaux d'innovation et firmes

M. Gibbons et alii (1994) insistent sur le rôle de l'évolution du modèle de production de connaissances.

Le contexte fordiste s'accommodait d'un modèle de production de connaissances où prédominait la communauté scientifique académique, elle-même scindée en disciplines peu perméables les unes aux autres, l'impulsion venant du sein même de cette communauté. Dans ce modèle le SNI s'articulait autour de la communauté scientifique académique, le référent national allant de soi, dans une optique d'excellence tous azimuts (dans la mesure des moyens des nations). La crise du fordisme a permis l'émergence d'un nouveau modèle de production de connaissances, où apparaît une hétérogénéité des producteurs et utilisateurs des connaissances (transdisciplinarité, diversité organisationnelle, éclatement géographique) et une flexibilité des groupes prenant part à l'innovation, et un accent mis sur l'aspect collectif et dynamique de la production de savoir (voir les travaux en ce sens de Kline et Rosenberg en 1986).

Or dans le modèle antérieur, le Système National d'Innovation (SNI), très prégnant, reposait sur la domination stable d'une composante (éducative et académique). La mutation vers le nouveau modèle évoqué aurait pu brouiller les cartes nationales et diluer les SNI. Il n'en a rien été : les SNI se sont rééquilibrés vers d'autres composantes (entreprises, PME, institutions d'interface), fonctionnant aujourd'hui beaucoup plus comme des Réseaux Technico-Economiques (RTE - tels que les décrit M.Callon, 1993). Abandonnant l'ambition de l'excellence tous azimuts, ils se sont spécialisés de manière dynamique, décentralisée et cumulative. Ils apparaissent donc renforcés, et responsables d'une division cognitive du travail à l'échelle mondiale (excluant de fait les pays hors Triade), avec des centres d'excellence technologique repérables.

Comment ont réagi les FMN ? Loin de chercher à se substituer aux universités et centres de recherche publique, elles ont pris acte de (et contribué à) cette nouvelle Division Cognitive du Travail (DCT) dans le monde et cherchent avant tout à accéder à des connaissances localisées. Elles ont deux moyens pour le faire : en déplaçant les connaissances (accès à des licences, achat de brevets, sous-traitance de travaux de R&D...) ou en se déplaçant vers les connaissances (implantation de capacités de R&D sur place). Bref, elles ont internationalisé leurs activités technologiques.

Cependant, quel que soit le moyen retenu, l'internationalisation de leurs activités technologiques ne trouve sa cohérence qu'à la condition suivante : la nature collective, tacite et résiliaire de la production-circulation de connaissances exige des relations incorporant de la coopération avec l'interlocuteur étranger, et non de la transaction marchande pure. De nouvelles formes d'organisation des relations industrielles sont apparues essentiellement selon deux tendances selon les auteurs : l'externalisation d'activités technologiques avec relation partenariale, et la coopération horizontale entre firmes (avec le rôle émergent de « strategic brokers » chargés de monter les coopérations horizontales).

Expliquer les mutations du système socio-économique à l'origine de l'internationalisation des activités technologiques des firmes exige aussi de prendre en compte les relations entre grandes firmes et SNI. C'est à cela que se sont attachés les travaux de Patel et Pavitt (1991 et 1998). La question essentielle est ici la suivante : l'internationalisation croissante des activités technologiques des firmes révèle-t-elle une faiblesse des SNI d'origine de ces firmes ou au contraire la puissance de ces derniers ?

Les données empiriques rassemblées et les mesures des auteurs montrent une constante à travers le temps : les firmes qui internationalisent leurs activités technologiques et de R&D le font (dans plus de 80% des cas) dans des domaines où leur SNI d'origine est performant. Ils affirment ainsi que les activités technologiques des grandes firmes sont étroitement liées à leur pays d'origine, c'est-à-dire que les facteurs spécifiques des pays dominant et orientent les facteurs spécifiques des firmes. On retrouve alors toutes les analyses (de Vernon à Dunning, de Cantwell à Porter) insistant sur le rôle de la performance nationale (au sens de la performance du SNI et de celle de la firme dans la nation) au départ de toute internationalisation.

Cependant malgré cette constante, des évolutions sont à noter. Jusqu'à la fin des années 80, la domination des facteurs nationaux est puissante. Loin d'ouvrir leurs activités technologiques sur des centres de ressources étrangers, la plupart des firmes qui déploient des capacités technologiques à l'étranger mettent en fait en place un dispositif de soutien aux sites de production dispersés dans le monde, en vue d'adapter procédés et produits aux marchés locaux⁸. L'impact des FMN sur les SNI étrangers est alors faible et Patel et Pavitt parlent de « non-globalisation » dans ce domaine.

A partir des années 90, on constate plusieurs évolutions. Les avantages spécifiques des nations sont confirmés et se stabilisent, dans le cadre de politiques technologiques ne recherchant plus la création tous azimuts mais la circulation efficace des connaissances. Or en même temps, les nouvelles technologies sont complexes et transdisciplinaires. Les FMN sont de plus en plus internationalisées, notamment dans des activités hors production. Ainsi les besoins technologiques et les stratégies des firmes dépassent aujourd'hui les dimensions de leur SNI d'origine. Cela ne signifie pas que les avantages du SNI ne comptent plus, mais les firmes, appuyées sur leur SNI d'origine, internationalisent leurs activités technologiques pour des motifs différents de ceux évoqués précédemment : ou bien elles cherchent à l'étranger des connaissances pointues localisées et spécifiques à un SNI étranger, ou bien elles y cherchent des connaissances complémentaires absentes de leur propre SNI non du fait de sa faiblesse mais du fait de son étroitesse (cas des pays à ressources géographiques et démographiques limitées mais à fort avantage technologique dans certains domaines)

C'est cet écart entre l'horizon des firmes et celui des SNI qui explique l'internationalisation des activités technologiques des firmes. Ce faisant, il provoque en retour l'ouverture internationale des SNI, qui en espèrent des retombées positives. Car, conformément aux travaux évoqués précédemment, les firmes ne peuvent escompter capter purement et simplement des connaissances localisées à l'étranger. Elles doivent, si elles veulent en bénéficier, contribuer à leur création, qui est un processus collectif, dynamique et territorialisé (Jacquier-Roux, 1998).

En s'intégrant dans des centres d'excellence repérés à travers le monde, les FMN ne restructurent plus l'espace cognitif mondial, mais au contraire elles le confortent et stabilisent la DCT.

⁸ C'est ce qu'on a appelé la R&D d'adaptation des produits aux spécifications des marchés locaux.

A la lumière de cette sélection de travaux, nous sommes en mesure de comprendre pour quelles raisons les firmes internationalisent de plus en plus leurs activités technologiques. Il convient maintenant d'étudier l'impact de l'ensemble de ces évolutions sur les formes de l'internationalisation des activités technologiques des firmes.

2- Les changements de forme de l'internationalisation des activités technologiques des firmes : une combinaison variable de formes intra et inter-organisationnelles

L'internationalisation des activités technologiques des firmes emprunte des voies diverses (Archibugi et Michie, 1995). Il est possible de les regrouper en deux catégories complémentaires.

D'une part, les firmes peuvent recourir à des modalités *intra-organisationnelles* d'internationalisation de leurs activités technologiques. C'est alors au sein de la firme que l'espace des activités technologiques devient international. La principale modalité intra-organisationnelle consiste à déployer les capacités de R&D de la firme à l'étranger ("multinational R&D" pour les anglo-saxons). Concrètement, la firme peut opérer de diverses manières : affecter des capacités de R&D à ses filiales productives et commerciales à l'étranger ; acquérir des capacités de R&D existantes à l'étranger ; créer des laboratoires ex nihilo à l'étranger. Ce déploiement de capacités de R&D à l'étranger par les firmes a fait l'objet de nombreux travaux en économie industrielle comme en économie internationale. Un axe important de ces travaux consiste à établir des typologies des stratégies des firmes dans ce domaine (Pearce et Singh, 1992 ; Dunning, 1994 ; Barré, 1996 ; Kuemmerle, 1997). Un autre consiste à comprendre les enjeux et modalités de la gestion d'un réseau global de R&D interne (De Meyer, 1993, 1998). Un renouvellement continu des travaux sur ces questions montre que les stratégies et les contraintes des firmes en matière d'internationalisation de leur R&D sont fortement évolutives (cf les contributions de Cantwell et Jane, Patel et Vega, Pearce, Kuemmerle, Zander, Gassman et Von Zedtwitz, Gerybadze et Reger, dans un numéro spécial de Research Policy, Mars 1999, consacré à l'internationalisation de la R&D industrielle).

Parmi les modalités intra-organisationnelles d'internationalisation des activités technologiques des firmes, citons également l'internationalisation du parcours professionnel des chercheurs et des ingénieurs. Les firmes incitent de plus en plus ces catégories de personnel à effectuer des séjours dans leurs filiales à l'étranger, de manière à multiplier les expériences d'échange, d'adaptation mutuelle, de conflit cognitif et culturel pour chacun d'entre eux. Elles en attendent une circulation accrue des connaissances dans le réseau global de R&D interne et des aptitudes individuelles à l'innovation renforcées.

D'autre part, les firmes ont la possibilité d'utiliser des modalités *inter-organisationnelles* d'internationalisation de leurs activités technologiques. Elles optent alors pour des sources technologiques externes à leurs frontières organisationnelles, et cherchent à travers ces sources une dimension internationale pour leurs activités technologiques. Une première modalité de ce type consiste à obtenir la licence de brevets émanant de sources institutionnelles installées à l'étranger (universités, centre de recherche, firmes, etc). Il s'agit

d'un élargissement de l'horizon géographique des firmes qui pratiquent une veille technologique des brevets déposés.

Une deuxième modalité inter-organisationnelle est le partenariat technologique ou de R&D avec une institution située à l'étranger (le plus souvent une firme, mais aussi parfois une université ou un centre de recherche publique). La multiplication des accords et alliances entre firmes à des fins technologiques (Hagedoorn et Schakenraad, 1993) s'inscrit dans une évolution générale des firmes qui conduit à s'interroger sur leurs frontières, dans la mesure où le partenariat se situe dans une zone distincte à la fois du pur contrat de sous-traitance de travaux de R&D, et de la R&D menée dans la firme et par elle seule. L'analyse empirique des alliances et accords de coopération inter-firmes en matière de technologie et de R&D montre aussi que leur importance dépend des secteurs, et surtout qu'ils vont généralement de pair avec des subsides publics (comme les programmes de recherche de l'Union Européenne) ou avec des soutiens⁹ des pouvoirs publics (cas des Etats-Unis).

Enfin, une troisième modalité inter-organisationnelle d'internationalisation des activités technologiques des firmes apparaît de manière croissante depuis les années 90, dans certains secteurs. Il s'agit d'une modalité qu'on peut qualifier d'indirecte. En effet, certaines firmes sont à l'origine d'un glissement progressif d'une partie de leur effort de R&D en direction de leurs fournisseurs d'équipements spécialisés, lesquels ont des activités technologiques fortement internationalisées. Ainsi les firmes, que nous appellerons firmes U (utilisatrices d'équipements), internationalisent leurs activités technologiques par l'intermédiaire de leurs fournisseurs d'équipements appelés firmes F, alors même qu'au regard des autres modalités intra et inter-organisationnelles elles apparaîtraient comme ayant peu internationalisé ces activités. Sur ce dernier aspect de l'internationalisation des activités technologiques des firmes, peu de chercheurs semblent s'être encore penchés.

En reprenant cette distinction, nous verrons d'abord les évolutions caractérisant les formes intra-organisationnelles de l'internationalisation des activités technologiques des firmes, et ensuite celles concernant les formes inter-organisationnelles. Au préalable, afin de fournir des points de repère chronologiques sur le recours aux diverses formes de cette internationalisation, et pour rappeler qu'il ne saurait y avoir substitution de formes intra-organisationnelles à des formes inter-organisationnelles et vice versa dans des proportions variables dans le temps, mais bien coexistence à tout moment, référons-nous aux travaux de D.Archibugi et J.Michie (1995).

Selon ces auteurs, les données empiriques montrent un essoufflement, dans presque tous les secteurs, de l'effort privé et public de R&D durant les années 80 et dans les pays de l'OCDE. Les firmes, tout comme les institutions publiques, ont opté pour une logique de rationalisation des efforts de R&D, évitant les projets redondants avec ceux des autres firmes ou institutions de recherche. Or, dans le même temps, une part de plus en plus conséquente de l'avantage concurrentiel s'est mise à dépendre de l'innovation. Pour résoudre ces objectifs contradictoires, les acteurs ont privilégié la circulation (marchande) des résultats de la recherche. Cette logique marchande a ainsi dominé et domine encore dans de nombreux secteurs. Seuls quelques secteurs en sont sortis précocement (pharmacie, biotechnologies, micro-électronique) pour mettre l'accent sur la création de ressources spécifiques plutôt que sur l'accès (marchand) à ces ressources. Ces secteurs ont alors multiplié les accords de

⁹ Le taux moyen de subvention publique des projets de R&D dans le secteur de l'énergie serait dans les pays de l'ordre de 60 à 70% selon le directeur général de l'IFP, Daniel Morel (1999).

coopération en matière de recherche et l'implantation de nouvelles capacités de R&D dans des environnements nouveaux.

Transposée en termes d'internationalisation, cette dynamique des activités technologiques donne selon Archibugi et Michie le bilan suivant : la « globalisation » des activités technologiques recouvre trois modalités principales, qui elles aussi répondent à une distinction chronologique.

- L'exploitation globale de la technologie consiste à acheter et vendre à des interlocuteurs de divers pays des droits sur des connaissances technologiques. Cette modalité a connu une croissance exponentielle durant les années 80, alors que l'effort de production de connaissances marquait le pas. On est là face à une modalité relevant de stratégies propres à un mode de croissance privilégiant l'allocation efficace de ressources (selon Cantwell) et au capitalisme hiérarchique (selon Dunning).
- La collaboration technologique globale confirme l'idée d'une pause dans l'effort global d'innovation dans les années 80. Alors qu'elle exige un effort collectif de R&D de la part des partenaires, conformément au mode de croissance privilégiant la création de ressources et au capitalisme d'alliance, elle n'a émergé de manière massive que dans certains secteurs, fort intensifs en R&D.
- Enfin la génération globale de technologie (c'est-à-dire le déploiement de capacités de R&D à l'étranger dans un réseau global d'innovation) est la plus tardive et sans doute la plus atypique : forte et avancée dans certains secteurs peu intensifs en R&D (comme les IAA par exemple) pour des raisons de normes, de caractéristiques des produits, et comme conséquence des fusions-acquisitions à objectifs non technologiques ; forte et avancée dans des secteurs à forte intensité de R&D qui ont substitué une logique de création de ressources cognitives spécifiques intégrée mondialement, à une logique de rationalisation. On retrouve ici la double appartenance de cette modalité intra-organisationnelle aux deux étapes du capitalisme (hiérarchique et d'alliance) et aux deux modes de croissance et de profit des firmes (tels que les décrits J.Cantwell).

2.1- Les formes intra-organisationnelles : les trajectoires de l'internationalisation de la R&D des firmes

Parmi les nombreux travaux concernant la multinationalisation de la R&D des firmes, beaucoup privilégient une approche chronologique distinguant des étapes dans les modalités utilisées. Tous partent du même point de départ : les firmes qui déploient des capacités de R&D à l'étranger disposent d'un avantage concurrentiel lié à la performance de leur SNI d'origine et à leur propre puissance dans leur marché d'origine. C'est sur cette base qu'elles vont déployer leur recherche à l'étranger, cherchant à renforcer leur avantage concurrentiel de manière globale. Sur le plan technologique, l'analyse des sources de leur avantage concurrentiel rejoint les approches évolutionnistes de l'accumulation technologique (Pavitt, 1987). En effet, c'est lorsqu'une firme a accumulé, grâce à l'ancienneté et à l'importance de ses efforts technologiques (R&D, mais aussi conception, démarche de qualité totale, etc.), de nombreuses ressources cognitives spécifiques (Jacquier-Roux, 1994) et une forte capacité d'absorption (Cohen et Levinthal, 1989), qu'elle peut internationaliser ses activités technologiques. Elle peut ainsi notamment escompter les bénéfices de rendements croissants

d'adoption de technologies diffusées dans plusieurs pays et ainsi améliorées grâce aux apprentissages effectués dans des environnements divers (Cantwell, 1991).

Ainsi les premiers temps du déploiement de capacités de R&D à l'étranger se caractérisent par des stratégies d'exploitation d'avantages acquis. W.Kuemmerle (1997) désigne cela sous le terme de stratégie « home base exploiting ». Les laboratoires situés à l'étranger sont chargés de rentabiliser les innovations réalisées essentiellement (voire exclusivement) dans les laboratoires de recherche centraux. L'objectif est d'adapter les produits et procédés aux conditions locales de production et de commercialisation (Pearce et Singh, 1992). Les flux d'informations et de chercheurs sont essentiellement univoques : ils partent de la maison-mère et vont vers les laboratoires à l'étranger. Occasionnellement, des améliorations réalisées à l'étranger et ayant démontré leur performance peuvent remonter vers les laboratoires centraux et le cas échéant irriguer depuis ces derniers d'autres laboratoires ou sites à l'étranger. Ce cas de figure reste rare et n'est pas l'objectif premier des laboratoires à l'étranger, qui ne sont jamais en contact direct entre eux quoi qu'il en soit. O.Gassmann et M.Von Zedtwitz (1999) décrivent ainsi un modèle d'organisation de la R&D globale sous le terme de « R&D hub », où le centre reste fort, les laboratoires dispersés sans relations entre eux et réduits à un rôle de soutien local.

Au cours du temps cependant, la concurrence entre firmes multinationales opère une sélection, au terme de laquelle certaines firmes deviennent plus puissantes et performantes que les autres. Ces firmes leaders font alors évoluer leurs stratégies technologiques et cherchent à élargir l'éventail de leurs ressources cognitives. Cela se traduit par des offensives de fusions et acquisitions envers d'autres firmes. En effet, dans un contexte où la stratégie dominante d'internationalisation de la R&D reste de type « home base exploiting » et centrée sur l'impulsion venant des laboratoires centraux, les relations inter-industrielles ne peuvent être que des transactions marchandes (acquisition-cession). En prenant le contrôle d'une autre firme ou de l'une de ses filiales, la firme en position de force internalise les ressources cognitives de son environnement et a accès directement à la culture technique des laboratoires centraux de la structure nouvellement contrôlée. On se situe clairement dans un capitalisme hiérarchique tel que l'a décrit J.Dunning (op.cit.).

Le processus continue cependant son évolution. Les grandes firmes qui ont acquis des capacités de R&D par croissance externe se retrouvent avec un ensemble de ressources cognitives composite. Dès lors la gestion de cet ensemble ne peut être la même que la précédente. Des flux d'information bilatéraux s'établissent nécessairement entre les laboratoires nouvellement entrés dans le périmètre de la firme et ses laboratoires centraux. Un travail de synthèse et d'intégration des ressources cognitives se met en œuvre. L'internationalisation de la R&D ne suit plus seulement une logique « home base exploiting », mais une logique « home base augmenting » (Kuemmerle, ibid.). Ainsi se recompose la force de R&D globale de la firme. Certains laboratoires à l'étranger restent de simples laboratoires de soutien aux sites de production, mais de plus en plus de nouveaux laboratoires ont d'autres missions : élargir la base technologique de la firme.

Le basculement vers le capitalisme d'alliance exige néanmoins une évolution supplémentaire. Elle consiste à donner aux laboratoires à l'étranger la mission de créer des ressources nouvelles susceptibles d'être diffusées à d'autres sites de production et de recherche, en s'appuyant sur leurs propre environnement, notamment inter-industriel. En clair, cela signifie que les firmes implantent ou acquièrent un laboratoire à l'étranger en raison de sa territorialité (et non en raison de l'existence d'un site de production interne ou de l'appartenance du laboratoire à une firme dont on cherche à capter la base technologique). En insistant sur l'intérêt de l'insertion des laboratoires à l'étranger dans des territoires (à différents niveaux : local, national, continental), et sur la nécessité de cultiver une territorialisation active de ces

laboratoires (par une participation continue aux dynamiques collectives de création localisée de ressources), on fait basculer l'internationalisation de la R&D d'une logique propre à un capitalisme hiérarchique à une logique propre à un capitalisme d'alliance. En effet les relations inter-industrielles sont un élément entrant dans la dynamique de création de ressources des firmes.

Alors les laboratoires à l'étranger prennent un aspect très différent de celui des laboratoires de soutien. Certains deviennent des « laboratoires localement intégrés » (Pearce et Singh, 1992) qui s'appuient sur une filiale de production et de commercialisation importante pour mettre au point des produits ou procédés pour lesquels ils ont un mandat international ou régional. D'autres sont des « laboratoires internationalement indépendants » (ibid.) sans relation locale avec un site de production de la firme, mais en revanche des relations fournies avec les acteurs de son territoire, et des échanges cognitifs directs avec d'autres laboratoires de la firme (laboratoires centraux mais aussi d'autres laboratoires à l'étranger). Ce dernier type de laboratoire se situe généralement dans l'un des centres d'excellence mondiaux pour un domaine, issus de la stabilisation de la division cognitive du travail au niveau mondial. Poussée à l'extrême, cette stratégie rejoint ce que O.Gassmann et M.Von Zedwitz (ibid.) appellent le modèle de « réseau intégré de R&D ».

Toutefois la gestion d'un tel réseau peut se révéler très complexe et générer des coûts de coordination élevés. Une certaine rationalisation s'impose alors, surtout si les firmes sont soumises à des exigences de rentabilité à court terme et de lisibilité de leurs activités. Ainsi, comme le remarquent A.Gerybadze et G.Reger (1999), dans les années 90, les firmes ont cherché à réorganiser leur R&D globale pour arriver à une structure à deux niveaux : les domaines stratégiques restent organisés selon le modèle du « réseau intégré de R&D », toutefois en évitant les laboratoires doublons ; les domaines plus secondaires sont externalisés dans un réseau plus lâche de sous-traitance de travaux de R&D et/ou de coopérations avec des petits laboratoires, avec des universités, avec des fournisseurs ou des utilisateurs, ces acteurs étant de plus en plus souvent eux-mêmes situés à l'étranger.

Ainsi les modalités intra-organisationnelles de l'internationalisation des activités technologiques sont-elles de plus en plus combinées avec des modalités inter-organisationnelles.

2.2- Les formes inter-organisationnelles : coopération technologique et relations utilisateurs-fournisseurs

La coopération technologique inter-firmes peut prendre deux directions : elle peut être horizontale, impliquant des firmes concurrentes et elle peut être verticale, impliquant des firmes utilisatrices d'équipement et des firmes fournisseurs d'équipement.

Sur le plan horizontal, la coopération technologique entraîne une internationalisation des activités technologiques des firmes lorsque plusieurs firmes ou organisations de pays différents participent à un projet commun de R&D. Or il apparaît (Hagedoorn et al.2000) que la géographie des coopérations en R&D est liée au secteur concerné. Si, tous secteurs confondus, la majorité des coopérations en R&D reste internationale (65% dans les années 70 et 80, 55% dans les années 90 du fait du renforcement des coopérations intra-US), c'est pour l'essentiel dans la Triade qu'elles se déroulent. Mais cette domination de la Triade est beaucoup plus significative dans les industries à forte intensité de R&D où elle confine à

l'exclusivité (plus de 90% des coopérations), que dans les industries à faible ou moyenne intensité de R&D où la part des pays hors de la Triade a cru dans les années 90 (jusqu'à 30%). On constate donc dans ces industries-là une tendance à privilégier deux logiques : le transfert de technologie vers des pays du Tiers Monde détenteurs de ressources et exigeant une contrepartie à l'accès à ces ressources par les grandes firmes multinationales ; l'externalisation partielle de travaux de développement technologique vers des pays émergents sur le plan technologique (comme certains pays asiatiques). Dans les deux cas il s'agit d'une stratégie de type Home Base Exploiting, fondée sur des obligations réglementaires ou sur des stratégies de coût.

Au contraire, les coopérations technologiques inter-firmes centrées sur les pays de la Triade privilégient une logique de création de ressources fondée sur la firme-réseau. Il s'agit alors d'articuler des compétences développées au sein de plusieurs pôles d'excellence mondiaux, afin de mettre en œuvre des interdépendances, des échanges de savoirs, ainsi qu'une certaine normalisation des ressources cognitives amenées à se combiner. Les incitations à la formation de partenariats de recherche internationaux sont nombreuses (Hagedoorn et al., op. cit.) : partager les dépenses de R&D, partager les risques, réaliser des économies d'échelle et de variété, mais aussi accéder à des ressources complémentaires en participant à leur création et/ou à leur mise en compatibilité avec celles de la firme, utiliser la collaboration comme moyen d'apprentissage et de déploiement de compétences nécessaires pour fonctionner en réseau, etc. Dans tous les cas, il ne s'agit pas simplement d'acquérir des ressources existant déjà, mais au contraire de participer à une dynamique collective de création de ressources qui ne peuvent être maîtrisées que par les participants.

Sur le plan vertical, l'internationalisation des activités technologiques des firmes en cas de coopération technologique peut prendre deux modalités : directe, par une coopération entre une firme utilisatrice d'équipement et une firme fournisseur d'équipement situées dans deux pays différents ; indirecte, par une coopération utilisateur-fournisseur au sein d'un même pays mais où le fournisseur est lui-même fortement internationalisé (au niveau technologique), cette internationalisation bénéficiant à la firme utilisatrice d'équipement par le biais de la coopération.

Malgré son apparence plus artificielle, la seconde modalité présente des avantages qui expliquent sa fréquence dans de nombreux secteurs. Selon B.Lundvall (1992), le fournisseur et l'utilisateur pourront d'autant mieux fonctionner selon le mode de la coopération qu'ils seront proches « géo-culturellement », car les mécanismes institutionnels de dissuasion de l'opportunisme leur seront communs. Ainsi lorsque un producteur et un utilisateur appartiennent au même SNI, la coopération peut être mise en œuvre plus facilement. Lorsqu'ils appartiennent à des SNI différents, ils sont poussés vers l'intégration verticale ou vers le contrat marchand pur avec alors une pauvreté des apprentissages interactifs.

Quelle que soit cependant la modalité retenue, la clé du succès d'une internationalisation des activités technologiques des firmes utilisatrices d'équipement par le biais de leurs relations avec leurs fournisseurs d'équipement est la réalisation d'apprentissages interactifs. B.Lundvall s'intéresse aux conditions permettant des relations entre utilisateurs et producteurs riches en apprentissages interactifs et génératrices de connaissances. Selon lui le type de relations le plus favorable est le marché organisé, c'est-à-dire la coopération suivie entre un producteur et un utilisateur autour de la conception du produit (ou de l'équipement). En effet une structure hiérarchique (l'intégration verticale au sein d'une même organisation) limite les incitations à l'interaction par sa lourdeur, alors qu'une relation marchande pure exclut par

nature toute interaction (c'est le cas du contrat avec cahier des charges complet imposé par l'utilisateur, ou bien, à l'opposé, du contrat de fourniture clés-en-main).

Le marché organisé nécessite des mécanismes efficaces de dissuasion des comportements opportunistes de part et d'autre. Outre les mécanismes institutionnels, un moyen de dissuasion consiste à créer sur le long terme une base de ressources cognitives commune au fournisseur et à l'utilisateur de l'équipement. L'incitation à poursuivre la relation est alors forte, et chacun accroît ses apprentissages. Dans cette relation de fourniture « intelligente » (à l'image de la « sous-traitance intelligente » dans l'automobile), l'utilisateur ne transfère pas la charge de l'innovation technologique : il sollicite une participation forte du fournisseur aux efforts de R&D, mais reste maître de la définition des « fonctionnalités » et de la vérification de leur capacité à être articulées. Cela exige, de part et d'autre, en plus des recherches communes sur certains projets, la mise en œuvre continue de moyens de R&D distincts. Malgré le recours à des tiers, l'entreprise reste dans une logique de création de ressources.

Ainsi, même si le fournisseur d'équipement est situé dans le pays de l'utilisateur, une coopération de ce type permet à ce dernier de bénéficier du degré d'internationalisation des activités technologiques du premier et d'y participer. En revanche, lorsque les relations sont purement marchandes, l'internationalisation indirecte des activités technologiques de l'utilisateur est beaucoup plus passive, elle n'est pas maîtrisée et ne peut s'intégrer à une stratégie d'ensemble d'internationalisation directe des activités technologiques de l'utilisateur d'équipement.

Au terme de l'examen de cette série de travaux, il ressort plusieurs catégories conceptuelles permettant de caractériser l'internationalisation des activités technologiques des firmes. L'opposition entre logique d'allocation de ressources et logique de création de ressources nous laisse penser que, dans la majorité des cas, l'internationalisation des activités technologiques relève d'organisations répondant de manière croissante à une logique de création de ressources, sans que l'allocation de ressources soit pour autant jamais abandonnée dans certains domaines. Au sein de cette logique toutefois, deux modes de gouvernance semblent se succéder : jusque dans les années 70-80, l'approche managériale privilégie la grande firme verticalement intégrée et conduisant elle-même ses travaux d'innovation ; ensuite, la firme-réseau met l'accent sur les relations inter-industrielles et les partenariats comme composante du processus d'innovation global de la firme. L'internationalisation des activités technologiques voit ses modalités évoluer avec ce changement : essentiellement intra-organisationnelle et centrée sur le laboratoire de la maison-mère dans un premier temps, puis plus inter-organisationnelle et ouverte sur la territorialisation ensuite.

3- Conclusion

En conclusion, on peut ainsi identifier **deux modèles de stratégie et d'internationalisation technologiques des firmes**, qui se sont succédé dans le cadre de la dynamique du capitalisme mondialisé de la fin du 20^{ème} siècle.

Tableau 1 : Les prédictions sur les modèles de stratégie et d'internationalisation technologiques des firmes (1970/2000)

Années 1970-1985 Stratégie managériale intégrée		Années 1985-2000 Stratégie désintégrée en réseau	
Métier de la firme +plusieurs domaines connexes	Forte R&D interne	Métier de la firme	R&D interne plus modérée
	Faible internationalisation de la R&D Essentiellement intra- organisationnelle et « home base exploiting »		Internationalisation croissante de la R&D Intra-organisationnelle « home base augmenting » Et inter-organisationnelle
Autres domaines connexes	Acquisitions technologiques Par contrats de sous- traitance de travaux de R&D Par achats d'équipements	Domaines connexes	Partenariats technologiques horizontaux et verticaux (notamment avec les fournisseurs d'équipement)
	Acquisitions technologiques Par intégration (absorption) de nouvelles unités dans la firme		Internationalisation croissante des partenariats (directe par coopération internationale ou indirecte par bénéfice des réseaux internationaux des partenaires)
		Domaines secondaires	Acquisitions technologiques -sous-traitance de travaux de R&D -achats de fournitures et équipements -absorption de petites unités

*

* *

Chapitre 2

La coévolution des dynamiques industrielles et des stratégies technologiques dans les industries pétrolières et électriques depuis 1985

On exposera dans ce chapitre une synthèse historique, portant sur la période 1985/2000, des rapports entre la dynamique industrielle et les stratégies technologiques des deux industries pétrolières et électriques, telles qu'elles ont été définies précédemment. On peut désigner sous le terme de coévolution les interactions entre la dynamique des structures industrielles et celle du changement technique. Malgré des contributions importantes, principalement dans une perspective d'économie évolutionnaire et à un échelon macro-sectoriel (Nelson et Winter, 1982; Dosi, Marsili, Orsenigo, Salvatore, 1995; Abernathy, Utterback, 1978; Klepper, 1996), les progrès restant à accomplir pour expliquer ou prédire correctement le sens de ces coévolutions semblent encore considérables. Quand on veut comprendre les interactions détaillées à l'échelon d'une industrie entre d'une part structures industrielles, conditions de marché et d'autre part innovation des firmes, on doit se référer encore aux études historiques. Même si un spécialiste comme John Sutton (1998) invite ses lecteurs à laisser de côté leur scepticisme, force est de reconnaître que nous ne disposons pas pour autant sur ces interactions de « paradigme » unificateur.

Par ailleurs les résultats de l'analyse de l'internationalisation des brevets, qui seront présentés dans les chapitres suivants, seront pris en considération ultérieurement comme l'une des dimensions de cette coévolution.

On ne privilégiera donc dans ce chapitre qu'un aspect de cette coévolution avec une présentation qualitative des influences de la dynamique concurrentielle sur les nouvelles relations opérateurs /fournisseurs¹⁰, puis de ces dernières sur les changements de stratégies d'innovation des uns et des autres.

¹⁰ Cette hypothèse rejoint les directions de travail du groupe de recherche "Changes in competence patterns and inter-firm learning processes" dirigé par Peter Maskell dans " Danish Research Unit for Industrial Dynamics". En particulier le point de départ empirique semble être très proche : "*Empirical studies indicate how inter-firm learning processes are the main source of product innovation, and that other ways of accessing external knowledge (through barter, procurement of labour market), are all more costly and ,additionally, seldom able to provide the results obtained through inter-firm learning processes*" (Source <http://www.business.auc.dk/druid/theme> B, Inter-firm learning processes -24 November 1999- results from an informal workshop for DRUID Theme B)

1- La coévolution de la dynamiques concurrentielle et des stratégies technologiques dans l'industrie pétrolière

Les caractéristiques stylisées de la dynamique du marché du pétrole, ainsi que les principaux changements institutionnels, façonnant l'environnement de sélection des opérateurs pétroliers dans la décennie 1990 sont d'abord rappelés. On présente ensuite les réponses d'anticipation et d'adaptation des opérateurs, puis des fournisseurs aux changements de leur environnement respectif de sélection. Les nouvelles stratégies technologiques des deux catégories d'acteur participent de ces efforts d'anticipation et d'adaptation.

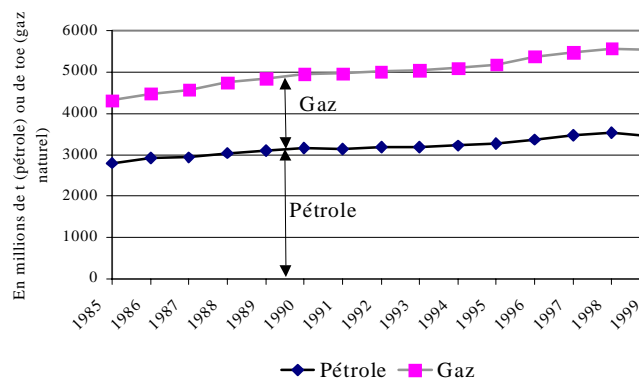
1.1- Les changements dans l'environnement de sélection des opérateurs et leurs stratégies d'adaptation

1.1.1- Un marché pétrolier en croissance continue, mais avec de fortes fluctuations des prix du pétrole

Une production mondiale d'hydrocarbures en accroissement continu

La production d'hydrocarbures a presque (à l'exception de l'année 1999) continûment augmenté à l'échelon mondial entre 1985 et 1999 (de 4,3 à 5,5 Gtep). Cette croissance de près de 28% est cependant plus orientée vers celle du gaz naturel, dont la part relative passe de 35 à 37,8% dans ce total (cf figure 1). On verra plus loin que cette pénétration accrue du gaz est liée aux changements institutionnels de l'industrie électrique, en particulier avec le succès

Figure 1: Production mondiale de pétrole et de gaz naturel



Source : auteurs d'après bpamoco, June 2000.

de la diffusion des turbines à gaz. En ordre de grandeur la part des hydrocarbures dans la consommation d'énergie primaire mondiale qui avait tendance à s'effriter entre 1985 et 1990 (de 63 à 62%) ré-augmente dans la deuxième partie de la décennie 1990 pour atteindre 64%. Les politiques volontaristes de substitution au pétrole dans les années 1975/1985 laissent place à un mode de gestion plus marchand des consommations énergétiques. En outre la dynamique de consommation de produits pétroliers dans les transports n'avait été que faiblement ralentie : elle reprend de plus belle dans la décennie 1990.

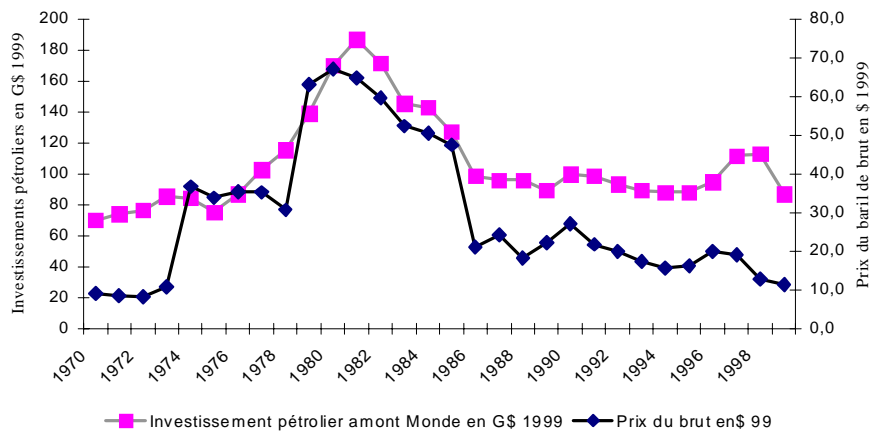
Ces évolutions relativement continues à l'échelon mondial de la production des hydrocarbures masquent une évolution un peu plus heurtée de la production physique du pétrole, et des mouvements géo-stratégiques plus significatifs encore entre production pétrolière OPEP et non OPEP. Alors que la part de la production dans la zone OCDE (le pétrole « technologique » dans des zones difficiles), en général sous le contrôle direct des compagnies occidentales, tend au mieux à stagner aux environs de 28,5% de la production mondiale, voire plutôt à s'effriter, la part OPEP (le pétrole « rentier » dans des zones prolifiques et connues depuis longtemps) tend à croître, fort logiquement au regard de leur part mondiale des réserves prouvées : de 30% en 1985 à 40,8% en 1999. Cette évolution doit cependant être liée à une nouvelle tendance depuis 1987 : celle de la réouverture, examinée plus loin, des pays producteurs, que les compagnies occidentales naturellement soutiennent et accompagnent.

L'imprévisibilité des prix du pétrole, des investissements pétroliers et des marchés du parapétrolier

Depuis la perte du contrôle du marché par l'oligopole pétrolier international au début de la décennie 1970, et après un pilotage que l'on peut qualifier de politique, du marché pétrolier par l'OPEP jusqu'au milieu des années 1980, les prix du pétrole fluctuent grandement, mais non librement sur les marchés pétroliers, physiques et à terme. Depuis la chute historique de ce prix jusqu'à un niveau à peine supérieur à 10\$ le baril, dans les années 1997 et 1998, la crainte de déséquilibres économiques et sociaux insupportables dans les pays « rentiers » de l'OPEP les incite à reconstituer une cohésion minimale. Cette cohésion retrouvée leur permet de faire monter les prix du pétrole à des niveaux proches de 30\$ en 1999, ce qui apporte du même coup un ballon d'oxygène fort précieux aux finances des compagnies occidentales. Cependant peu d'experts sont en mesure de garantir d'une part le maintien de cette cohésion, d'autre part d'affirmer que ce maintien sera suffisant pour atteindre la zone-cible de 22 à 28\$/baril recherchée par l'Organisation. Le marché du pétrole n'est donc ni un marché de pure commodité, ni un marché sous le contrôle d'un cartel (l'OPEP), mais plutôt une forme hybride entre les deux, que l'on peut appeler avec J.M.Chevalier un marché de commodité sous contrôle politique. L'accroissement incontestable des investissements des compagnies occidentales dans les pays producteurs n'est pas encore, s'il peut l'être un jour, une condition suffisante pour conduire au libre fonctionnement d'un marché pétrolier mondial, même si l'interférence des marchés financiers à terme crée une pression dans ce sens.

Comment les opérateurs pétroliers s'adaptent-ils à ces fluctuations de prix ? Parmi les réponses apportées, certaines sont conjoncturelles (ex : la baisse des coûts salariaux via les suppression d'emplois ou les méga-acquisitions en période de prix bas), et d'autres plus structurelles : nouvelle stratégie technologique et nouvelles relations avec les fournisseurs qui seront présentées plus loin, et celle traditionnelle d'une modulation du budget annuel d'investissements. Il y a donc une relation forte entre le prix du pétrole et les investissements pétroliers (cf figure 2), reposant principalement sur la propension des compagnies à réinvestir leur cash-flow.

Figure 2 : Evolution du prix du brut et des investissements pétroliers amont en monnaie constante 1999



Source : auteurs d'après Dimah, 2000, p.21

Selon la Dimah (2000, op.cit. p.35), l'analyse des investissements des compagnies pétrolières en exploration-production depuis le milieu des années 80 montre que leurs variations « suivent globalement les fluctuations du prix du baril avec un retard de 6 mois à un an », mais avec des amplitudes à la hausse ou à la baisse « atténuées d'un facteur 2 par rapport aux variations du cours du brut. » En dollars constants 1999, ces investissements ont oscillé autour d'une moyenne d'environ 100 milliards de \$ par an. Ces variations d'investissements pétroliers sont évidemment répercutées sur le volume des marchés annuels de l'industrie parapétrolière, avec des effets amplificateurs à la baisse et à la hausse dues aux variations de prix unitaire des équipements et services, et influent en conséquence sur la volatilité des résultats nets de ces entreprises.

1.1.2- Les changements institutionnels de l'environnement de sélection et les réponses des opérateurs

Outre les changements évoqués dans les modes de fixation du prix du pétrole, et leurs répercussion sur la volatilité des cours, trois changements que l'on peut qualifier d'institutionnels¹¹ ont marqué l'histoire de l'industrie pétrolière entre 1985 et 2000 :

- un mouvement de privatisation des entreprises publiques essentiellement dans les pays européens développés (exemple : ENI/Agip, ELF, British Gas, Repsol, Petro-Canada, OMV, Neste Oil,) et dans certains petits pays producteurs (exemple : YPF en Argentine, Petro Peru, Petro-Ecuador),
- une nouvelle gouvernance des entreprises en relation avec la globalisation financière, tendance commune à tous les secteurs de l'activité économique,
- une réouverture, mais avec des exceptions notables, des grands pays producteurs aux investissements étrangers, ou un processus de démonopolisation de leur industrie pétrolière nationale (Ex : PDVSA au Venezuela, Petrobras au Brésil ...); cette tendance a

¹¹ Au sens de normes ou règles définissant le cadre du comportement des agents économiques.

entraîné une reprise de l'internationalisation des investissements par les compagnies pétrolières occidentales.

On ne s'attardera pas sur le premier point, cohérent avec la poussée des idées néo-libérales, et avec, souvent mais pas toujours, des performances médiocres dans la gestion des entreprises publiques, dont l'actionnaire unique -l'Etat- est fréquemment responsable. Ces privatisations ont cependant eu des conséquences analysées plus loin sur la stratégie technologique de ces firmes et sur les nouvelles relations avec leur industrie para-pétrolière nationale. Des précisions sont ici apportées sur les efforts d'adaptation à des environnements turbulents, ainsi qu'aux deux derniers types de changements institutionnels.

Environnements turbulents et flexibilité organisationnelle

Les groupes pétroliers occidentaux leaders se caractérisent notamment par l'importance de leur taille financière et organisationnelle, c'est à dire par des délais de réaction proportionnelle à cette taille. Lorsque le marché du pétrole, et surtout son prix devient volatile, c'est leur environnement de sélection qui devient turbulent. Il existe certes des parades essentiellement financières (hedging) à ces risques de prix : mais elles ne sont pas suffisantes pour annuler ces risques. La réponse managériale dominante apportée a été celle de la flexibilité organisationnelle, d'autant plus difficile à mettre en œuvre que l'inertie des structures organisationnelles était grande. La recherche de cette flexibilité s'est traduite par :

- des mesures spécifiques telles que la réduction des délais de réaction aux modifications de prix du pétrole avec des ajustements plus rapides des budgets d'investissement, par la diminution des coûts internes de main d'oeuvre, par une reconfiguration des processus (« *reengineering* ») en partie liée aux innovations techniques. Un exemple souvent cité concerne le passage pendant cette période dans les groupes les plus performants « *de l'ingénierie sismique séquentielle à une ingénierie partiellement simultanée avec le chevauchement des phases d'acquisition, traitement et interprétation* » (Bourgeois, 1999, p.774),

- des mesures plus génériques tendant à diminuer le point mort de l'entreprise par réduction des actifs employés en interne afin d'augmenter le taux de rentabilité exigé par le nouvel environnement financier (point suivant). Un des moyens pour y parvenir est de recentrer les activités de l'entreprise sur ses métiers de base, d'augmenter l'externalisation de certaines fonctions internes, y compris celle de la Recherche et Développement (voir plus loin).

Nouvel environnement financier, nouvelle gouvernance et sélectivité accrue des projets

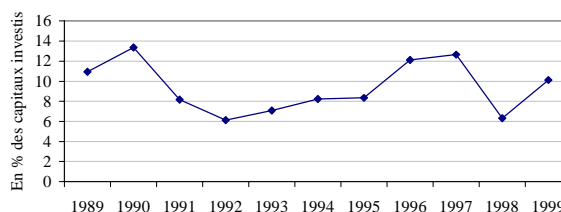
La globalisation financière offre des opportunités de financement des augmentations de capital pratiquement illimitées aux grandes compagnies industrielles, et donc aussi aux entreprises/secteurs très intensifs en capital, mais en retour impose des conditions financières et institutionnelles contraignantes. On sait que la nouvelle gouvernance des entreprises se traduit notamment par des rapports nouveaux entre les dirigeants de l'entreprise et les actionnaires ou groupes d'actionnaires, au premier rang desquels les fonds de pension. Des tensions peuvent s'établir entre les deux groupes d'agents quant aux décisions d'allocation du capital dans les nouveaux projets industriels ou dans les principales fusions/acquisitions, pour certaines décisions de gestion du personnel de l'entreprise, et même pour l'organisation interne. Malgré sa puissance financière, l'industrie pétrolière n'est plus à l'abri de telles pressions. La bonne santé financière, et la qualité de gestion de ses entreprises sont jugées

d'après les nouveaux critères de la « valeur économique créée » (Economic Value Added-EVA), et de valeur marchande créée (Market Value Added-MVA). Les analystes financiers détectent les moindres écarts de performances de l'industrie par rapport à la moyenne atteinte sur les marchés boursiers et assurent la publicité nécessaire de leurs analyses.

On peut faire entrer aussi dans cette rubrique le débat sur les conséquences pour la gestion des entreprises pétrolières du changement d'attitude des investisseurs à leur égard. La thèse des spécialistes de cette communauté financière est de soutenir que « *Competition to find additional oil reserves is superseded by the need to sustain market capitalisation and shareholder value and the effects of a reticent investment community are a new challenge for the oil industry* » (F.Innouye, directeur général de Deltaic systems, Novembre 2000, p. 29). Or selon le même auteur la réticence des investisseurs viendrait, en partie, du fait de leur appréciation sur les capacités limitées de l'industrie pétrolière à utiliser pleinement le potentiel très élevé de développement et de croissance offert par la nouvelle économie ou économie de l'information électronique et du réseau Internet : « *The dilemma currently faced by the oil industry is encapsulated in the threat posed by the internet's ability to access, transmit and deliver information instantaneously. How does an industry that has relied on limited information to make investment decisions and whose development and investment cycles are usually measured in decades cope with the internet ?* » (op.cit.p.30). Malgré le caractère manifestement excessif de la formulation, et la reconnaissance par l'auteur que les compagnies pétrolières sont en train de prendre quelques initiatives d'applications internet dans la commercialisation, l'identification d'un problème organisationnel spécifique des grandes compagnies pétrolières dans la gestion efficiente de la connaissance semble pertinente, et d'ailleurs probablement pas seulement pour les seules compagnies pétrolières, mais aussi pour les autres compagnies énergétiques.

Une conséquence de cette globalisation financière est, pour l'industrie pétrolière comme pour les autres industries, un relèvement des taux minimaux de rentabilité interne des projets pour obtenir des taux de rentabilité des fonds propres entre 12 et 15%. La figure 3 montre sur l'échantillon des 20 premières sociétés occidentales¹², que cette industrie a eu des difficultés à atteindre cette norme, même si les leaders (Exxon, BP Amoco) y parviennent plus souvent.

Figure 3 : Moyenne arithmétique des taux de retour sur capitaux investis des opérateurs pétroliers (uo)



Source : auteurs d'après Worldscope Indicateur : « Return on invested capital ».

¹² Exxon Mobil Corporation, Mobil Corporation, Kon Nederlandsche Petroleum Maatschappij, BP Amoco plc, Amoco Corporation, Total Fina Elf s.a., Petrofina sa, Elf Aquitaine sa, Texaco inc, Chevron Corporation, ENI, PDVSA, Petrobras, Conoco, Statoil, USX/Marathon, Phillips, ARCO, BG, Unocal.

Cet indicateur fait partie d'une série d'informations disponibles dans la base Worldscope. En annexe 3, on en trouvera une sélection des principales rubriques utilisées dans cette étude.

Si ces niveaux ne sont pas atteints, alors le management ou les fonds de pension peuvent décider soit d'augmenter les bénéfices à montant identique de capitaux engagés, soit de réduire les actifs économiques pour un montant identique de bénéfices, soit enfin de réduire le coût du capital grâce à une baisse des taux de base de rémunération des obligations d'Etat, où à partir d'une baisse de la prime de risque industriel. Pour arriver à cet objectif d'une rentabilité des fonds propres plus élevée, les politiques d'entreprises privilégient à court terme la réduction des coûts, et ce d'autant plus en période de baisse des prix de vente, et à long terme une sélection plus rigoureuse des opportunités d'investissements. On formulera l'hypothèse que cette sélectivité accrue dans la rentabilité a aussi pesé sur la R&D interne en réduisant l'ampleur du portefeuille des projets, et leur délai de maturité. En conséquence, les projets innovants avec une rentabilité à court terme auront tendance à être préférés à ceux ayant une rentabilité à moyen et long-terme.

Une deuxième conséquence de cette exigence de taux de rentabilité plus élevée, jointe à la contrainte de prix volatiles du pétrole, réside dans les vagues de méga-fusions/absorptions (cf tableau 2) en général par les groupes ayant les plus fortes rentabilités au détriment de ceux à plus faibles performances financières. On observe une assez grande stabilité de 1985 à 1998, puis en deux ans cinq méga-fusions réduisant l'échantillon des entreprises leaders de 18 à 13.

On remarque en effet que les deux dernières vagues (1984 et 1998/1999) de très grande restructuration dans l'industrie pétrolière occidentale sont concomitantes de période de bas prix du pétrole. Cependant pour la dernière, l'explication principale résiderait, selon un banquier spécialiste des fusions/acquisitions de grandes entreprises énergétiques, plutôt dans les règles imposées par le fonctionnement des marchés financiers : « *The low oil price we experienced in 1998 wasn't responsible. We saw the price bounce back very sharply in 1989... Obviously, the leaderships of the very largest oil companies in the world don't make major merger decisions based on short-term commodity price fluctuations...ultimately, increasing shareholder value is what management and investment banking advisers are concerned with over the long term. Consistently superior ROCE (Return On Capital employed) will identify the winning company* ". (Source : Entretien de Rod Peacock , de JP Morgan avec Leif Hrald Halvorsen, 2000, p.11).

Les effets des fusions/acquisitions de la fin de période (1998/2000) sont visibles sur la hiérarchie des tailles financières des principales entreprises pétrolières occidentales (graphique 4 et 5 respectivement pour les années 1989 et 1999). En se plaçant donc sur toute la période 1985/2000, on voit ainsi une réduction sensible de leur nombre (de 18 à 13) en fin de période : les petites restructurations de portefeuille minier (de 1 à 100 millions de \$ en ordre de grandeur) sont ponctuées en 1998/2000, et en 1984 par des méga-fusions. Si l'on en reste au cas des compagnies occidentales, l'effet apparent de ces méga-fusions serait de créer selon Giancesini (1999), plus nettement qu'avant des discriminations entre 4 catégories de compagnies de taille très distinctes :

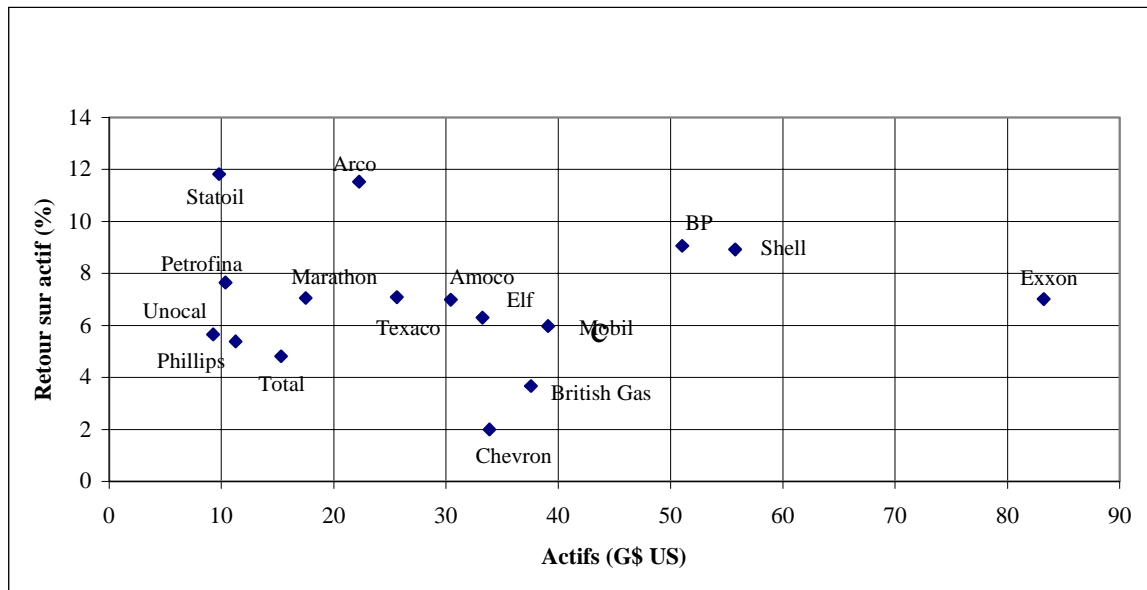
- quatre « super-majors » avec des actifs de plus de 80 Milliards de \$ et une rentabilité sur actifs de 5% en 1998,
- huit à dix compagnies « spécialistes » c'est à dire ayant réussi à trouver des niches à haute rentabilité avec des actifs inférieurs à 10 Milliards de \$,
- une douzaine de compagnies « mezzos » dans une situation intermédiaire en terme de taille d'actifs et de rentabilité,
- enfin une trentaine de petites compagnies avec des rentabilités faibles ou négatives.

Tableau 2: Les mouvements d'acquisition/fusions majeures dans l'échantillon des dix-huit premières sociétés occidentales (1985/2000)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Exxon (US), puis Exxon Mobil	◆														◆	◆
Mobil (US)	◆														◆	
RD Shell (Netherlands /UK)	◆															
BP (UK), puis BP Amoco (UK)	◆														◆	◆
Amoco (US)	◆														◆	◆
Atlantic Richfield/Arco (US)	◆														◆	◆
Total (France), puis TotalFina, puis TotalFinaElf	◆														◆	◆
Petrofina (Belgium)	◆														◆	◆
Elf Aquitaine (France)	◆														◆	◆
Texaco (US)	◆															
Chevron (US)	◆															
ENI/Agip (Italy)	◆															
PDVSA (Venezuela)	◆															
Petrobras (Brazil)	◆															
Dupont de Nemours/Conoco(US)	◆															
Statoil (Norway)	◆															
USX/Marathon(US)	◆															
Phillips Petroleum cy (US)	◆															
Nombre d'opérateurs pétroliers	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	15	13

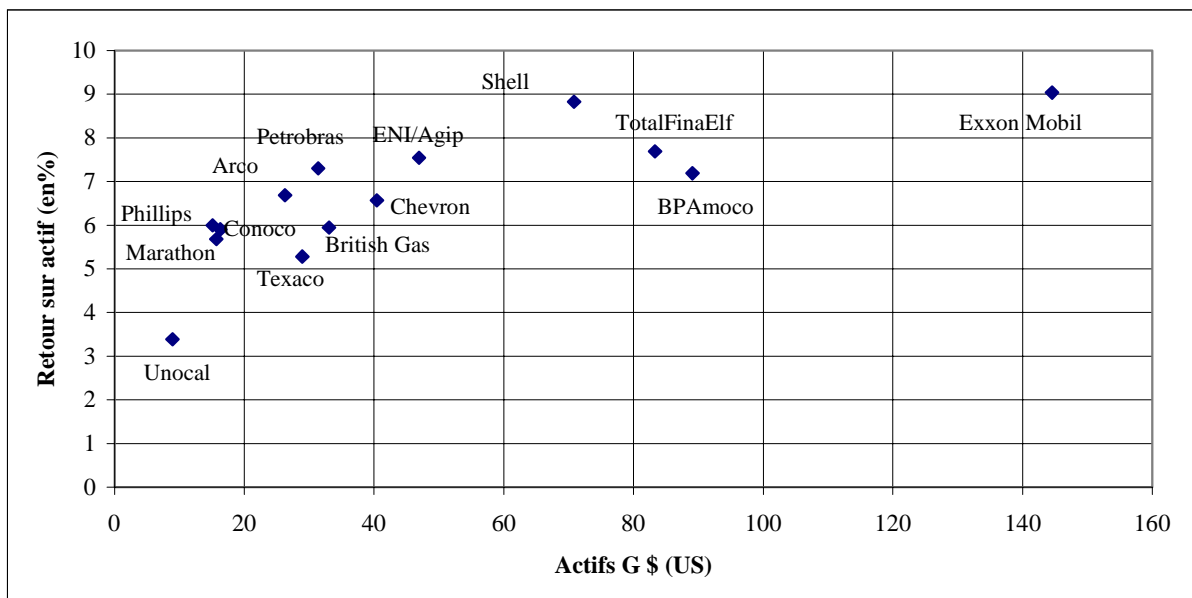
Source : auteurs.

Figure 4 : Retour sur actifs des principales compagnies pétrolières (1989)



Source : auteurs d'après Worldscope

Figure 5 : Retour sur actifs des principales compagnies pétrolières (1999)



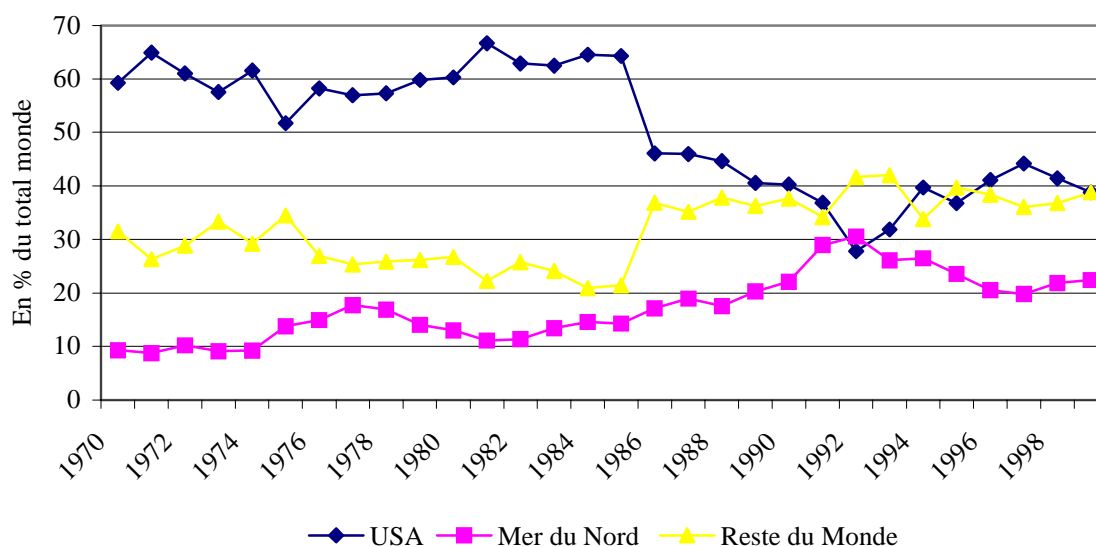
Source : auteurs d'après Worldscope

Mais si on se place à l'échelon de toute l'industrie pétrolière mondiale, le maintien jusqu'à ce jour des grandes compagnies publiques des pays de l'OPEP (Saudi Aramco, PDVSA, KPC, National Iranian Oil Co, Pemex), non documentées dans notre échantillon faute de données suffisantes, vient atténuer fortement l'impression de bouleversement complet des structures de l'industrie.

La réouverture des pays producteurs et la reprise de la transnationalisation des compagnies pétrolières occidentales

Deux facteurs expliquent un déclin brutal de la part des investissements pétroliers dans la zone Américaine depuis 1986 (cf figure 6)

Figure 6: Investissements pétroliers amont par zone régionale



Source : auteurs d'après Dimah, 2000, p.21

Le premier de nature géopolitique procède d'une réouverture quasi-générale (principales exceptions : Arabie Séoudite, Koweït, Mexique), des pays producteurs aux investissements des compagnies pétrolières occidentales. L'effet de cette réouverture, partielle, est cependant manifeste sur la répartition régionale des investissements pétroliers. Le second est lié chronologiquement au premier, sans qu'il soit possible d'établir une relation directe entre les deux événements. La décennie 1990 est en effet, malgré les variations de prix soulignées plus haut, plutôt dominée par un effritement des prix du pétrole. Cette diminution des prix a un effet dépressif important sur les investissements dans les zones pétrolières à coût technique élevé, donc aux Etats-Unis, et en particulier à terre. Il est à noter que cette chute des investissements dans ce pays ne s'accompagne en aucune manière d'un déclin du leadership technologique dans le domaine pétrolier : la concentration croissante des sièges sociaux et des laboratoires de recherche pétrolière dans la région de Houston témoignerait plutôt de la tendance contraire.

1.2- Les changements dans l'environnement de sélection des fournisseurs parapétroliers et leurs stratégies d'adaptation

1.2.1- Les changements génériques et spécifiques de l'environnement de sélection des fournisseurs.

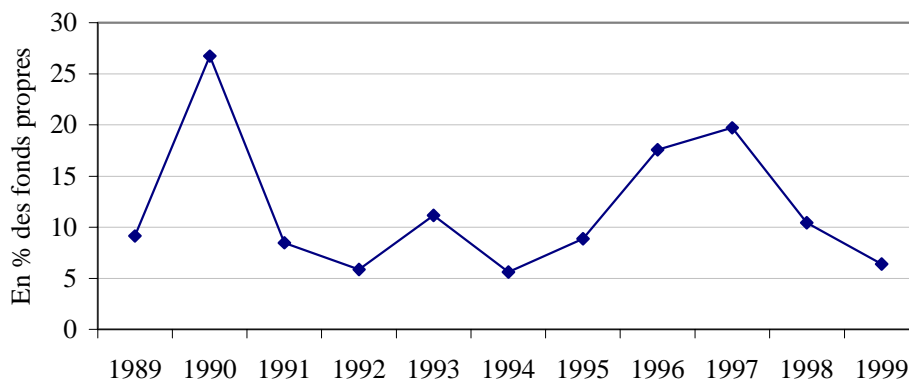
Les changements de l'environnement de sélection des compagnies parapétrolières peuvent être divisés, comme dans chacune des autres industries, en deux catégories : d'une part des changements génériques présents dans tous les secteurs, et d'autre part des changements plus « spécifiques » ou « spécialisés » de cette industrie.

Au titre des premiers déjà présentés pour l'industrie pétrolière, on rappellera :

- la référence d'un taux de rentabilité de l'ordre de 15% sur les fonds propres,
- les contraintes de « visibilité » des résultats et de réactivité,
- ainsi que l'influence grandissante des financiers institutionnels et autres fonds de pension sur les marges de manœuvre des dirigeants.

Les performances obtenues en moyenne arithmétique par l'échantillon des plus grands fournisseurs parapétroliers mondiaux ¹³ montrent (cf. figure 7) la difficulté de cette norme.

Figure 7 : Moyenne arithmétique des taux de rentabilité sur fonds propres des fournisseurs du para pétroliers (so)



Source: auteurs d'après Worldscope

Au titre des seconds, l'essentiel des changements provient de modifications dans l'intensité de la demande des opérateurs pétroliers et surtout dans la composition de cette demande. Les

¹³ Cet échantillon comprend les 17 groupes ou sociétés suivants : Halliburton Company, Dresser Industries, inc. Schlumberger limited, Baker Hughes incorporated, Weatherford International, inc., Weatherford/Enterra, inc, Smith International, INC., BJ Services Company, Coflexip sa, R&B Falcon Corporation, Nabors Industries, inc., Global Marine inc., Bouygues Offshore sa, Compagnie Générale de Géophysique sa, Litton Industries, inc, Reading & Bates Corporation, Camco International INC.

fluctuations du marché des parapétroliers suivent, pour une proportion d'environ les deux tiers en ordre de grandeur, les dépenses d'investissements des opérateurs pétroliers. Les difficultés d'adaptation sont évidemment plus grandes particulièrement en période de bas prix du pétrole¹⁴. En outre l'industrie parapétrolière a vu la composition de cette demande d'équipements et services évoluer, du fait de choix d'externalisation effectués en amont par les opérateurs, vers des prestations élargies et plus longues.

1.2.2- Les réponses stratégiques des fournisseurs amont de l'industrie pétrolière : restructurations/concentrations et hiérarchisation des spécialisations

Outre les modifications apportées aux stratégies technologiques, qui seront présentées plus loin, l'essentiel des réponses stratégiques a consisté d'une part en une accélération des restructurations financières et organisationnelles, d'autre part en une nouvelle hiérarchie des spécialisations dans la population des firmes concernées. Ces deux directions, menées simultanément, visent à apporter des réponses aux pressions concurrentielles des opérateurs recherchant une baisse des prix des équipements¹⁵, ainsi que des performances nettement accrues. C'est donc une double stratégie de baisse des coûts de production et d'innovation technique accélérée que les fournisseurs ont dû mettre en œuvre pour leur survie.

1.2.2.1- L'intensité des restructurations et concentrations

Les mouvements d'acquisition/fusions majeures dans l'échantillon des 26 premières sociétés para-pétrolières (1985/2000) révèlent un processus de concentration accélérée et continue, beaucoup plus fort que celui de l'industrie pétrolière, puisqu'en 15 ans le nombre des groupes leaders a été divisé par deux : 24 firmes en 1985 contre 12 en 2000 (cf. tableau 3). Ce mouvement n'a certes pas interdit l'entrée de nouveaux fournisseurs spécialisés par exemple dans l'informatique pétrolière : mais très souvent ces petites ou moyennes firmes (exemple : Landmark Graphics) ont été rapidement absorbées par les groupes les plus importants (exemple : Halliburton) qui trouvaient un moyen commode d'acquérir de nouvelles compétences nécessaires à leur stratégie concurrentielle. Les objectifs de rationalisation/concentration et d'élargissement de la gamme de produits expliquent donc la plus grande partie de ces restructurations

¹⁴ Pour avoir une idée plus complète des marchés du para-pétrolier, il faut ajouter une fraction des dépenses d'exploitation des compagnies pétrolières dans leurs champs à terre ou à mer. On peut estimer que ces dépenses d'exploitation représentent de l'ordre de 30% des investissements pétroliers, et que sur ces dépenses environ 20 à 25% reviennent aux compagnies para-pétrolières. (Source : A. Chauvel, 1998, op.cit.)

¹⁵ Les compagnies pétrolières, en particulier occidentales, abandonnent les préférences nationales, sauf dans les cas où les autorités des pays hôtes (Norvège, Royaume Uni,...) essaient de soutenir indirectement leurs compagnies parapétrolières par le biais d'attributions sélectives de permis. En dehors de ces exceptions, la norme concurrentielle tend à devenir, à expertise et prix égal, de plus en plus mondiale. "*The oil and gas operators do pay for the RTD&D which they see as being necessary, in a global context, but they rely heavily on the supply industry and buy the most cost-effective technology from anywhere in the world*" (EUROGIF, 1997, p.10)

International Inc , a subs of Lawrence Industries Inc Building (US)																
Smith International Inc (US)	so06	so06	so06	so06	so06	so06	so06	so06	so06	so06	so06	so06	so06	so06	so06	so06
BJ Services Company Inc (US)	so07	so07	so07	so07	so07	so07	so07	so07	so07	so07	so07	so07	so07	so07	so07	so07
Falcon Drilling (US)	so19	so19	so19	so19	so19	so19	so19	so19	so19	so19	so19	so19				
R&B Falcon Corporation (US)												so09	so09	so09		
Reading & Bates Corp (US)	so20	so20	so20	so20	so20	so20	so20	so20	so20	so20	so20	so20				
Nabors Industries Inc (US)	so10	so10	so10	so10	so10	so10	so10	so10	so10	so10	so10	so10	so10	so10	so10	so10
Global Marine Inc (US)	so11	so11	so11	so11	so11	so11	so11	so11	so11	so11	so11	so11	so11	so11	so11	so11
Bouygues Offshore, a subsi of Bouygues (Fr)	so12	so12	so12	so12	so12	so12	so12	so12	so12	so12	so12	so12	so12	so12	so12	so12
Compagnie Générale de Géophysique SA-CGG (France)	so13	so13	so13	so13	so13	so13	so13	so13	so13	so13	so13	so13	so13	so13	so13	so13
Coflexip Sa (France)	so08	so08	so08	so08	so08	so08	so08	so08	so08	so08	so08	so08	so08	so08	so08	so08
Stena Offshore (Norway)	so22	so22	so22	so22	so22	so22	so22	so22	so22	so22						
Nombre total de groupes		24			22			21			20			17		12

Source : auteurs

Légende : Absorption ou création d'une j.v. : ➔ : Sortie de l'industrie : ➔

Pour l'essentiel cette industrie parapétrolière reste dominée par les compagnies américaines, même si leur leadership est contesté d'abord par des firmes européennes. Les spécialistes du CEP&M-COPREP (A.Chauvel, 1998, p. 121) estimaient que dans les années 1995/1997 les parts de marché se répartissaient approximativement de la manière suivante :

- *firmes américaines : 40 à 45%*
- *firmes européennes : 30% dont 9% pour la Norvège, 7% pour le Royaume Uni, 6% pour la France et environ 8% pour le reste de l'Europe (Pays Bas, Danemark, Italie, Allemagne),*
- *firmes du reste du monde: 25 à 30%.*

La plupart cherchent à accroître leur internationalisation commerciale principalement pour suivre la croissance des marchés d'équipement hors des Etats Unis et de l'Europe occidentale.

Ces multiples acquisitions et fusions ont été accompagnées de réorganisations internes dont il n'est pas possible de rendre compte ici étant donné leur spécificité pour chaque groupe.

*

* *

1.2.2.2- Une nouvelle hiérarchie des spécialisations

Cette concentration des sociétés parapétrolières, réalisée par croissance externe ou acquisitions, a été surtout le fait de ce qu'on a appelé, plus par symétrie de langage que par réelle proximité historique avec les compagnies pétrolières, les trois « majors » du para pétrolier: 1- Halliburton/Dresser, 2- Schlumberger/Camco, 3- Baker Hughes/Western Atlas, auxquels on peut rajouter EVI/Weatherford Enterra (cf graphique 8). Il faut noter de plus, qu'en réponse aux demandes des opérateurs externalisant une partie de leurs activités productives, et souhaitant des services plus intégrés, ces acquisitions ont été réalisées dans l'objectif d'offrir progressivement sinon la gamme complète des services, du moins une gamme élargie de ces services. Ainsi on peut trouver maintenant une compagnie, chef de file, associant ses différentes filiales et le cas échéant un de ses concurrents, capable de réaliser des travaux en géophysique (acquisition, traitement, interprétation, équipements), dans le forage (forage, diagraphie, diagraphie à la boue, mesures pendant le forage et déviation, fluides de forage, cimentation, stimulation), et le cas échéant également dans l'engineering et les systèmes marins. Encore faut-il souligner qu'entre les trois premières sociétés du para-pétrolier, et les trois premières entreprises de l'industrie pétrolière, les chiffres d'affaire des premiers restent encore en ordre de grandeur dix fois inférieurs. Mais le point de départ, dans les années 1980, était encore plus au désavantage des compagnies para-pétrolières. La course à une taille accrue s'explique donc en partie par la volonté des para-pétroliers d'établir à l'égard des compagnies pétrolières un début de pouvoir de négociation inexistant auparavant, à l'exception probable de Schlumberger. Cette course vers des tailles accrues et des lignes de produit plus nombreuses s'explique, aussi et surtout, par l'adaptation des compagnies para-pétrolières à une demande, déjà mentionnée, des compagnies pétrolières pour disposer de services plus intégrés.

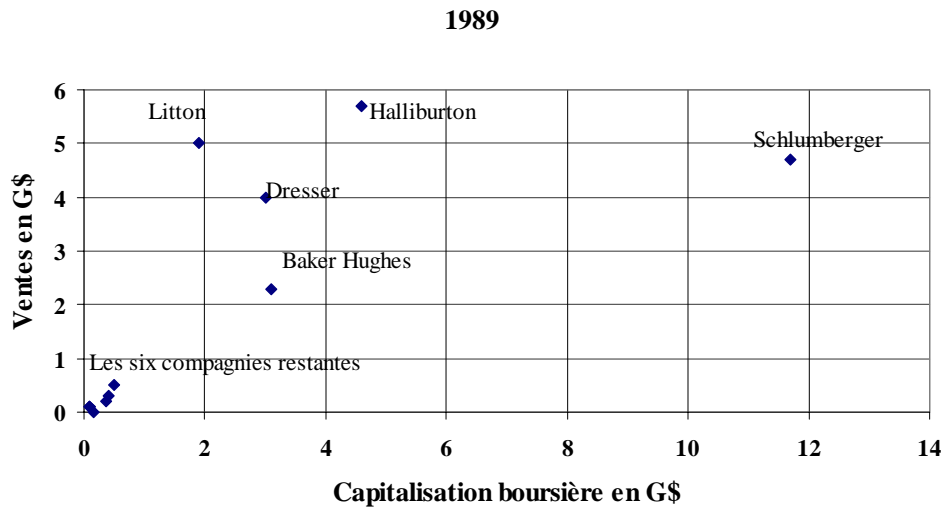
Les taux de contrôle de différents segments du marché para-pétrolier international par les trois « majors » atteignent désormais des niveaux très élevés, voire dans certains sous-marchés près de 100%.

Tableau 4: Estimation des parts cumulées du marché international des trois « majors » du para-pétrolier en 1998

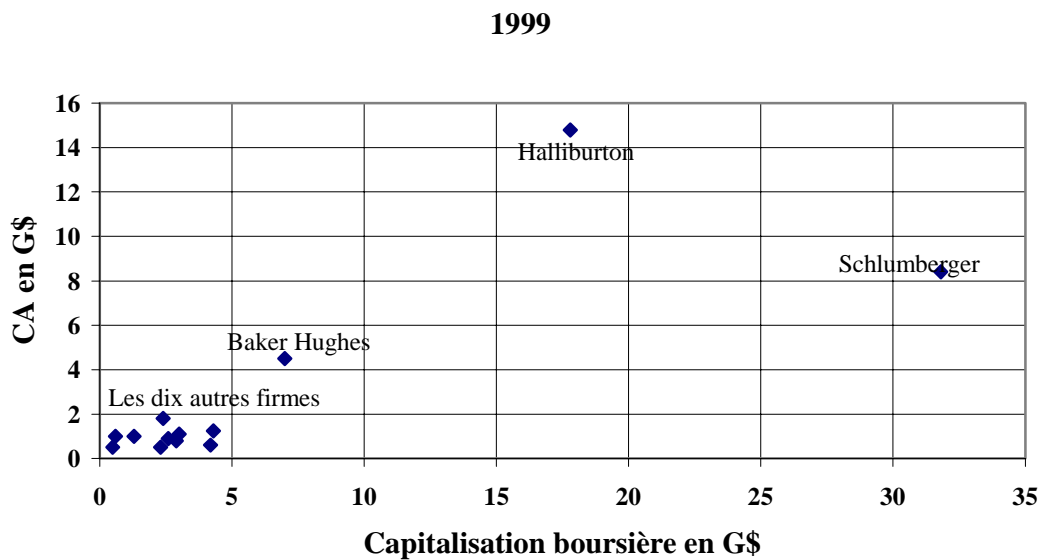
Part du marché en %	Baker Hughes (inc Western Atlas)	Baker Hughes + Halliburton (inc Dresser)	Baker Hughes + Halliburton+ Schlumberger (inc Camco)
Pompage	0	30	65
Fluides de Forage	15	65	75
Outils de forage	35	45	65
Diagraphies	18	30	90
Forage dirigé	25	45	90
Géophysique	30	30	55
Forage	0	0	10
Diagraphie à la boue	30	45	50

Source : IEPE d'après IFP/DSEP 1998; Panorama 1999.

Figure 8: Hiérarchisation et concentration des firmes parapétrolières leaders entre 1989 et 1999 d'après leurs ventes et capitalisation boursière



Source : auteurs d'après Worldscope; les six compagnies restantes sont : Weatherford International, Smith International, Nabors Industries, Global Marine, CGG, Reading&Bates Corp.



Source : auteurs d'après Worldscope; les dix compagnies restantes sont : Weatherford International, Smith International, BJ Services, Coflexip, Nabors Industries, Global Marine, Bouygues Offshore, CGG, Reading&Bates Falcon Corp .

1.3- Les nouvelles stratégies technologiques des opérateurs et des fournisseurs : de relations de sous-traitance vers celles de partenariats concurrentiels

La présentation de ces stratégies technologiques de l'industrie pétrolière est construite à partir de l'adoption d'un postulat de base : la co-dépendance, voire l'interdépendance entre les politiques technologiques des opérateurs et celle des fournisseurs. On commentera d'abord les ordres de grandeur des indicateurs clés de l'innovation, puis on exposera les changements de leurs stratégies d'innovation respectives.

1.3.1- Une estimation des indicateurs clés de l'innovation des deux secteurs en 1995

Cette estimation¹⁶ porte d'abord sur celle des budgets mondiaux de R&D, respectivement pour les opérateurs et les fournisseurs, puis par région. Les informations disponibles utilisées pour réaliser cette estimation (cf tableau 5) ne sont pas obligatoirement compatibles entre elles, ce qui justifie une grande prudence dans leurs manipulations.

Tableau 5 : Estimation des dépenses de R&D dans l'industrie pétrolière et parapétrolière en 1995 à l'échelon mondial

Unités : Millions de \$ courants	TOTAL DES DEUX CATEGORIES D'ACTEUR	Dont construction para pétrolière	Dont industrie pétrolière	Répartition dans l'industrie de pétrolière	
				Dont entreprises de l'industrie pétrolière	Dont organismes publics et coopératifs
France	612	98 (2)	514	231(1)	283(1)
Norvège (3)	165	3,3	161,4	139,6	21,8
Grande Bretagne	258	50 (5)	208	202 (2)	11 (6)
Reste de l'Europe	943	NA	943	793+137=930 (Shell et ENI)(2)	0+13=13
TOTAL EUROPE	1978	152	1826	1497	329
TOTAL ETATS UNIS (4)	2590	742	1848	1737	111
Total Europe + Etats Unis	4568	894	3674		
Estimation du TOTAL JAPON ET RESTE DU MONDE (7)	1958 (Hypothèse : 30% du total mondial)	383 (Hypothèse : 30% du total mondial)	1575 (Hypothèse : 30% du total mondial)		144 (6)
Estimation du Total MONDE	6526	1277	5249		

¹⁶ Selon le CEP&M/COPREP (1998) " L'effort mondial de R&D pétrolier est très difficile à apprécier convenablement du fait du très grand nombre d'intervenants (notamment aux Etats Unis) et de la diversité des acteurs. En outre, l'effort des compagnies nationales des pays producteurs (Norvège, Algérie, Mexique, Brésil, Venezuela, Inde...) et des anciens pays à économie planifiée (y compris al Chine), ne peut être évalué, faute de données." (op.cit.p.123). Les estimations de R&D sont, dans ces conditions, longues à établir et fragiles du fait de l'absence d'une normalisation minimale dans les informations publiées, publiques ou privées.

Sources :

- (1) Direction des Hydrocarbures, 1998, L'industrie pétrolière en 1996, Edition 1997, p.162-163- 1\$=5FF
- (2) Sociétés parapétrolières hors Schlumberger : CEP&M-COPREP, 1998, Plan CEP&M-COPREP de recherche technologique 1999-2003, p.22- 1\$= 5FF
- (3) Research Council of Norway, Industry and Energy Division.
- (4) National Petroleum Council , 1995, Research, developments and demonstration needs of the oil and gas industry- Les dépenses de R&D des opérateurs pétroliers ne semblent pas inclure la R&D non énergie. Les chiffres mentionnés sont relatifs à l'année 1994.
- (5) Estimation pour l'année 1990 donnée par Jacquard P., 1990, Stratégie de R&D sur fond de crise face aux enjeux européens, Paris, 6&7 Novembre 1990
- (6) IEA Energy Technology R&D statistics data base, 1974-1998
- (7) CEP&M-COPREP, 1998, Plan CEP&M-COPREP de recherche technologique 1999-2003, p.123.

Sous ces réserves, les principaux ordres de grandeur disponibles conduisent aux conclusions suivantes. Les opérateurs pétroliers ont un budget global de R&D -toutes activités pétrolières et non pétrolières confondues- quatre fois supérieur à celui des fournisseurs (5,2G\$ contre 1,3 G\$). Toujours chez les opérateurs pétroliers, les compagnies américaines et européennes (subventions publiques incluses) semblent avoir une quasi-égalité des budgets (35% du total mondial chacun). Par contre dans l'industrie parapétrolière on observe une prépondérance indiscutable des firmes américaines (58% du total avec Schlumberger¹⁷) face à une position nettement plus modeste des firmes européennes (12%). Enfin les opérateurs pétroliers semblent bénéficier d'un soutien public apparemment plus important en Europe, et en particulier en France, avec cependant un caveat sur la comparabilité des chiffres inscrits dans ce tableau.

Cependant ces premiers éléments doivent être nuancés et complétés par d'autres données (cf tableau 6). Quant on passe de l'ensemble des activités effectuées par les opérateurs et fournisseurs aux activités uniquement amont, respectivement production de pétrole et gaz et fourniture d'équipements de production et de services associés, la représentation change significativement (pour la définition des classes technologiques de brevet, se reporter à l'annexe 4).

En particulier, la supériorité initiale des opérateurs sur les fournisseurs laisse la place à une quasi égalité des budgets respectifs de R&D : 0,9 G\$ pour les fournisseurs face à 0,5G\$ pour les seuls opérateurs américains que l'on peut, par hypothèse, doubler à l'échelon mondial pour prendre en compte l'apport des autres compagnies pétrolières, et en particulier européenne. Par ailleurs l'intensité moyenne de R&D des fournisseurs dans les activités amont est près de six fois supérieur à celle des compagnies pétrolières : 2,9% contre 0,55%. Enfin l'écart d'un facteur 6 entre le nombre de brevets déposés par les opérateurs et les fournisseurs (1303 contre 226 pour l'OEB, 2246 contre 493 pour l'USPTO) dans toutes les classes technologiques se transforme en une quasi-parité dans le cas des seules classes

¹⁷ - Selon les sources, Schlumberger est considéré soit comme un groupe français , et donc européen soit comme un groupe américain; quand nous utiliserons l'indicateur des brevets, nous retiendrons le choix d'un groupe bi-national : américain et français.

technologiques amont. Cette performance s'explique aussi par le fait que le taux de spécialisation (ou son indicateur opposé: le taux de pluri-activité) dans les technologies amont est beaucoup plus élevé (faible) chez les fournisseurs que chez les opérateurs : environ 55/60% contre 10 à 20%; ceci est cohérent avec la taille financière nettement plus faible des fournisseurs par rapport à celle de leurs clients/opérateurs.

Tableau 6 : Indicateurs clés sur l'innovation chez les opérateurs et fournisseurs pétroliers à l'échelon mondial (1995)

	Opérateurs pétroliers (uo)	Fournisseurs parapétroliers (so)
A- Technologies amont		
A1- Chiffre d'affaires mondial	(Echantillon US-FRS- CA amont) : 94G\$	32,5 G\$ (Echantillon Worldscope)
A2-Dépenses de R&D mondiales	0,5 G\$ (Echantillon US-FRS- Récupération du pétrole et du gaz)	0,9 G\$ (Echantillon Worldscope- A1x A3)
A3-Intensité de R&D	0,55% (moyenne de l'échantillon FRS)	2,9% (Moyenne de l'échantillon Worldscope et NSF)
A4- Nombre de brevets délivrés par l'OEB (Echantillon IEPE) (Moyenne annuelle sur 1994, 1995 et 1996)	266	135
A5- Nombre de brevets délivrés par USPTO (Echantillon IEPE) (Moyenne annuelle sur 1994, 1995 et 1996)	182	280
A6- Taux de spécialisation dans les technologies amont (ex brevets OEB-) (A4/A11) (Echantillon IEPE)	20,4%	60%
A7-Taux de spécialisation dans les technologies amont (ex brevets USPTO) (A5/A12) (Echantillon IEPE)	8,1%	57%
B- Tous domaines technologiques		
A8- Chiffre d'affaires mondial	1300 G\$ (A9/A10)	120 G\$ (estimation CEP&M)
A9-Dépenses de R&D mondiales	5,2 G\$ (estimation CEP&M)	1,3 G\$ (estimation CEP&M)
A10-Intensité de R&D	0,4% (estimation CEP&M, et NSF)	1,1% (A8/A9)
A11- Nombre de brevets délivrés par l'OEB (Moyenne annuelle sur 1994, 1995 et 1996) (Echantillon IEPE)	1303	226
A12- Nombre de brevets délivrés par USPTO (Moyenne annuelle sur 1994, 1995 et 1996) (Echantillon IEPE)	2246	493

Source : auteurs, Worldscope, US DOE, CEP&M:COPREP, NSF.

1.3.2- Les nouvelles stratégies d'innovation des opérateurs et fournisseurs

On peut résumer les changements dans les stratégies d'innovation des opérateurs et des fournisseurs par l'image d'une adaptation mutuelle et proactive aux nouveaux signaux de leur environnement respectif. D'un côté les opérateurs pétroliers font l'apprentissage d'un nouveau modèle de contrôle de l'innovation avec ce que l'on peut appeler une « absorption résiliable des connaissances ». Ce modèle semble permettre pour une même efficacité de contrôle des technologies, et dans un élargissement continu des connaissances et compétences utiles pour leurs activités amont, une diminution sensible de leur effort budgétaire de R&D. De l'autre côté les fournisseurs les mieux structurés en groupe intégré parviennent, au prix de réorganisations internes importantes et d'une recherche quasi-systématique de partenariats avec leurs clients opérateurs à s'adapter à ces nouveaux signaux de leur environnement.

Dans les deux cas, les principaux acteurs concernés ne se limitent pas à une adaptation passive à leur nouvel environnement concurrentiel : ils prennent des initiatives pour mettre en œuvre une nouvelle organisation de création et d'utilisation de l'innovation, où essaient d'améliorer le nouveau modèle de référence. Tout se passe comme si la substitution à un ancien modèle dominant avec des relations de sous-traitance entre les deux catégories d'acteurs d'un nouveau modèle plutôt fondé sur le partenariat avait réussi à effacer les limites et contradictions qui auraient pu résulter d'un désengagement net des opérateurs pétroliers de l'effort de R&D. Il faut noter que cette performance a été obtenue également grâce à la fertilisation simultanée des technologies pétrolières par les nouvelles technologies de l'information et de la communication, qui a permis l'émergence d'une dizaine d'innovations majeures (sur ce sujet, cf. B.Bourgeois, 2000).

1.3.2.1- Les stratégies technologiques des opérateurs orientées vers l'absorption résiliable des connaissances

Par absorption résiliable des connaissances technologiques (cf. Cantner, Hanusch, Pyka, 1998), on entend un modèle combinant une utilisation des sources externes de connaissance à travers les réseaux de la firme et le maintien d'une production interne de nouvelles connaissances, mais en diminution par rapport à la pratique antérieure.

1.3.2.1.1- Une diminution des recherches patrimoniales et une externalisation totale ou en partenariat des recherches non-patrimoniales

Deux facteurs semblent à l'origine d'initiatives prises par quelques grands opérateurs pétroliers au début de la décennie 1990 visant à la mise en œuvre de nouvelles stratégies technologiques. D'abord la contrainte de la baisse des coûts ne laissait pas d'autres possibilités que de réduire l'effort financier pour la R&D interne. Puis émergea la conviction qu'une nouvelle politique technologique active et soutenable à moyen terme pouvait être développée en externalisant sous certaines modalités une partie de cette R&D avec des coûts réduits et une efficacité accrue.

Les informations recueillies permettent d'attribuer au groupe British Petroleum l'initiative d'un changement stratégique dans ce domaine vers 1992 en Mer du Nord, qui sera suivi par les autres grandes compagnies pétrolières occidentales. Traditionnellement les activités de R&D font partie des domaines d'activité les plus contrôlés par les groupes, et ces derniers n'acceptent en général aucune diffusion à l'extérieur, même partielle et limitée, de leur contenu. D'où la très grande difficulté pour documenter quantitativement et qualitativement ces activités. Cependant comme pour toutes les autres activités des firmes, les activités de R&D font l'objet de questionnement sur leur coût et leur efficacité, lorsqu'on recherche tous les moyens disponibles pour augmenter le taux de rentabilité. Dans ce contexte, l'idée

originale consiste à considérer que dans les opérations de R&D autrefois réalisées en interne, une partie - la recherche dite non patrimoniale ou pré-compétitive - pouvait être externalisée soit totalement, soit partiellement (en partenariat). Cette nouvelle vision des politiques de recherche est officialisée quelques années plus tard dans le rapport du National Petroleum Council (1995) sur la nouvelle organisation publique de la recherche dans l'industrie.

La recherche technologique des compagnies pétrolières américaines a non seulement diminué de volume, mais elle a aussi changé partiellement de forme. Alors que les pratiques de coopération technologique entre firmes opératrices et fournisseurs demeuraient l'exception jusque dans les années 1970, on observe depuis le contre-choc à une augmentation de la recherche sous-traitée et/ou de la recherche menée en collaboration. Le N.P.C. lie le développement de cette coopération dans la R&D à l'émergence d'un nouveau paradigme de la création et de la diffusion de la technologie pétrolière, qui serait apparu depuis la fin de la décennie 1980 (Figure 8).

Figure 8 : L'opposition entre l'ancien et le nouveau « paradigme » de la R&D dans l'industrie pétrolière américaine

	OLD PARADIGM		NEW PARADIGM
Source of technology :	In-house	→	Leverage & Collaborate
Project Prioritization :	Technology Push	→	User needs
Motive :	Own-It	→	Use-it

Source : N.P.C., 1995, p.7.

On doit noter le rôle accélérateur des modifications institutionnelles apportées notamment aux Etats Unis sur la protection législative (National Cooperative Research Act) accordée aux entreprises qui s'engageraient dans des « Research Joint Ventures »(RJV) contre d'éventuelles poursuites pour entente anti-concurrentielle. Une conséquence a été l'accroissement du nombre de ces partenariats technologiques, notamment dans l'industrie pétrolière. A partir de la base de données du Département de Justice américain sur les RJV portant sur les années 1985-1995, N.S.Vonortas (2000) identifie soixante-trois paires de firmes ayant coopéré dans des RJV vingt fois et plus dans cette période, pour un nombre total de 1900 «contacts» dans ces projets de recherche commun. L'auteur remarque que sur ces 1900 «contacts», 70% proviennent de firmes pétrolières, auquel on peut rajouter 11% provenant de relations entre des compagnies pétrolières et la firme Du Pont.

Une des conditions du succès a résidé dans l'aptitude des compagnies pétrolières occidentales à combiner efficacement cette nouvelle organisation de l'innovation avec de nouvelles procédures d'acquisition pluri-annuelles d'équipements et services (« *technology and procurement* »).

Aux Etats-Unis C.D. Burton, responsable du projet Deepstar et membre du groupe « central offshore engineering » de Texaco, plaide aussi pour cette nouvelle approche coopérative de la R&D dans l'industrie pétrolière qui reposerait sur « *a research triad with service companies and government as one of the best ways of funding future oil and gas R&D* » (cité dans Koen,

1995), tout en reconnaissant l'existence de réticences de l'industrie pétrolière américaine face aux ingérences historiquement nouvelles des fonds publics américains dans ce domaine.

Ce changement substantiel dans la stratégie technologique des compagnies pétrolières est évidemment facilité par l'existence d'une très forte concurrence dans l'industrie parapétrolière alors même que sa concentration s'est fortement accrue. La preuve en est qu'à la fin de la décennie 1990, à nouveau marquée par une période de bas prix du pétrole, les prix des équipements pétroliers baissent. Dans ce contexte, la capacité de pression de la compagnie pétrolière sur des équipes externes pour accroître la productivité, améliorer les délais et la qualité et réduire les coûts, paraît plus grande que s'il s'agissait de son propre personnel. Enfin, malgré le déclin marqué de l'effort de R&D par l'industrie, cette externalisation des activités technologiques n'a pas été conduite jusqu'ici de telle façon que tout retour en arrière soit impossible.

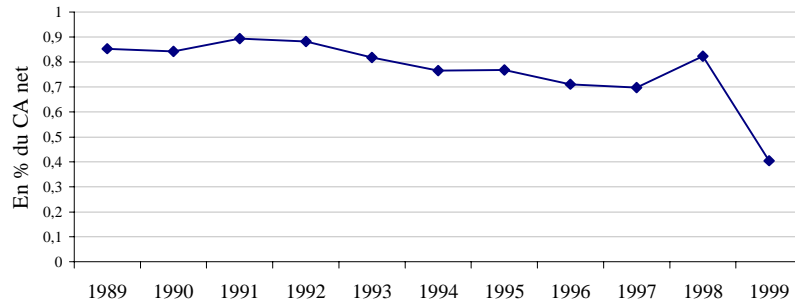
1.3.2.1.2- Des baisses d'intensité de R&D chez les opérateurs liées à leurs contraintes de rentabilité accrue à court terme

Dans les quinze dernières années, on a vu que le processus de globalisation des marchés financiers arrive progressivement à imposer à toutes les entreprises internationalisées des contraintes plus fortes de rentabilité à court terme, avec des exigences renforcées dans la distribution des bénéfices, et même dans certains cas des vetos sur les choix initiaux du management dans la politique des investissements et acquisitions. Pour parvenir à ces nouvelles performances les dirigeants s'engagent plus nettement au début de la décennie 1990 dans les politiques de baisse des coûts, et de réengineering, ou de reconfiguration des processus dans l'entreprise. Les dépenses de R&D, même faibles en proportion du chiffre d'affaires, n'ont pas échappé à cette tendance. Les réticences internes (la barrière culturelle du « *Not-Invented-Here* ») devant cette évolution ont été réduites par la mise en oeuvre de nouvelles stratégies technologiques décrites plus haut. Une difficulté provient de la pluri-activité de ces firmes, qui vient biaiser l'interprétation des chiffres globaux de R&D quand ils sont fournis.

Chez les opérateurs (cf annexe 2), si on prend les 25 plus grandes entreprises pétrolières américaines comme échantillon représentatif, les tendances entre 1985 et 1998 sont claires.

Au début de la décennie, l'intensité moyenne de R&D pour toutes les activités amont, aval, pétrochimiques et de diversification est d'environ 0,95 à 1% ; ce chiffre diminue à peu près régulièrement pour arriver au niveau de 0,60% à la fin de la décennie 1990. Si on se limite maintenant d'un côté aux dépenses de R&D pour la rubrique « Oil recovery » qui semble la plus proche des activités amont, et de l'autre au chiffre d'affaires de ces mêmes activités (« operating revenues of US and Foreign Petroleum Production »), on peut définir ainsi une intensité de R&D pour les seules activités amont. L'évolution de la série est plus irrégulière que la première, mais va dans le même sens et avec des niveaux proches : de 0,9 % à la fin de la décennie 1980 vers 0,5/0,7% en 1995/1998. Les différences n'apparaissent donc pas significatives entre ces deux séries. On trouve les mêmes ordres de grandeur d'intensité de R&D -toutes activités confondues- pour les compagnies pétrolières américaines à partir des sources NSF (NSF,1999) et de l'échantillon Worldscope (cf figure 10). En prenant les deux années extrêmes de cet échantillon, on assiste à une division par deux de l'intensité moyenne.

Figure 10 : Moyenne arithmétique des intensités annuelles de recherche des opérateurs pétroliers (uo)



Source : auteurs d'après Wordscope

1.3.2.2- Les stratégies technologiques des fournisseurs orientées davantage vers les partenariats ou la sous-traitance

1.3.2.2.1- La capacité des leaders à construire des partenariats concurrentiels pour des prestations de services plus intégrés

Dans l'organisation des tâches sur le terrain des champs pétroliers et gaziers, la tendance est au remplacement d'une structure lourde de contrôle par la compagnie pétrolière de toutes ces tâches (la "supervision") par celle plus "efficace" d'un "supervisor" dont le rôle est tenu par une compagnie para-pétrolière intégrée, qui propose d'assurer par exemple un "forage clé en mains". Pourquoi plus efficace ? La concurrence renforcée tend à donner une prime plus grande à la compétence des para-pétroliers pour les tâches ou sous-métiers dans lesquels ils sont plus spécialisés, et pour lesquels ils sont en mesure de profiter effectivement de cette spécialisation du fait d'un bon taux d'utilisation à un échelon mondial de ces compétences ; cette même concurrence empêche que les compagnies pétrolières, même les très grandes, puissent réunir toutes les compétences nécessaires, d'autant plus que la vitesse de renouvellement de ces dernières est très grande.

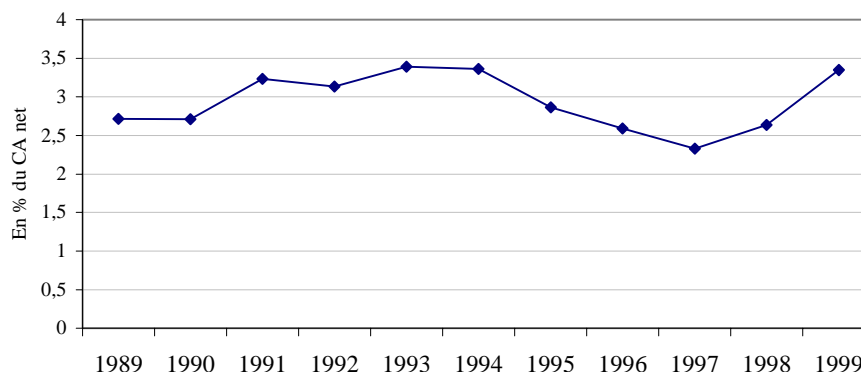
Les coûts de transaction sont réduits quand le prestataire de services para-pétroliers est lui-même intégré : dans ce cas un chef de projet d'une filiale de ce groupe devient le "supervisor" du forage, et négocie en interne les conditions de prestation des autres filiales ; ce nouveau dispositif permet ainsi une économie de temps et de coûts de coordination à la compagnie pétrolière. Cette nouvelle organisation est recherchée par les majors du para-pétrolier qui ont dans la décennie 1990 assez systématiquement procédé à l'élargissement de leurs lignes d'activités, le plus souvent par croissance externe. Enfin une intégration croissante des métiers et connaissances est considérée de plus en plus comme une condition de progression dans les performances des équipements et services achetés par l'industrie pétrolière : les sociétés para-pétrolières intégrées gardent un avantage concurrentiel dans ce domaine, surtout quand cette spécificité s'appuie sur une organisation interne très réactive et proche des besoins des compagnies pétrolières. L'obtention de cette capacité organisationnelle implique des efforts longs et étendus de restructuration interne, comme en témoigne la réorganisation des services de recherche/développement chez Schlumberger (cf Chapitre 4).

1.3.2.2.2- Maintien et variabilité des intensités de recherche

Les informations disponibles sur l'intensité de recherche des firmes parapétrolières américaines (NSF- années 1996 et 1997) et de l'échantillon Worldscope (années 1989/1999) révèlent deux tendances.

D'une part les fournisseurs semblent avoir réussi à maintenir une intensité moyenne autour de 3% , malgré les pressions financières pour une rentabilité accrue. (cf figure 11)

Figure 11 :Moyenne arithmétique des intensités annuelles de recherche des fournisseurs du parapétrolier (so)



Source : auteurs d'après Wordscope

D'autre part l'écart-type des valeurs des intensités est en moyenne trois fois plus important pour les fournisseurs que pour les opérateurs. Cette dernière tendance paraît devoir s'expliquer d'avantage par des différences de trajectoire technologique propre à chaque entreprise que par leurs différences de pluri-activité.

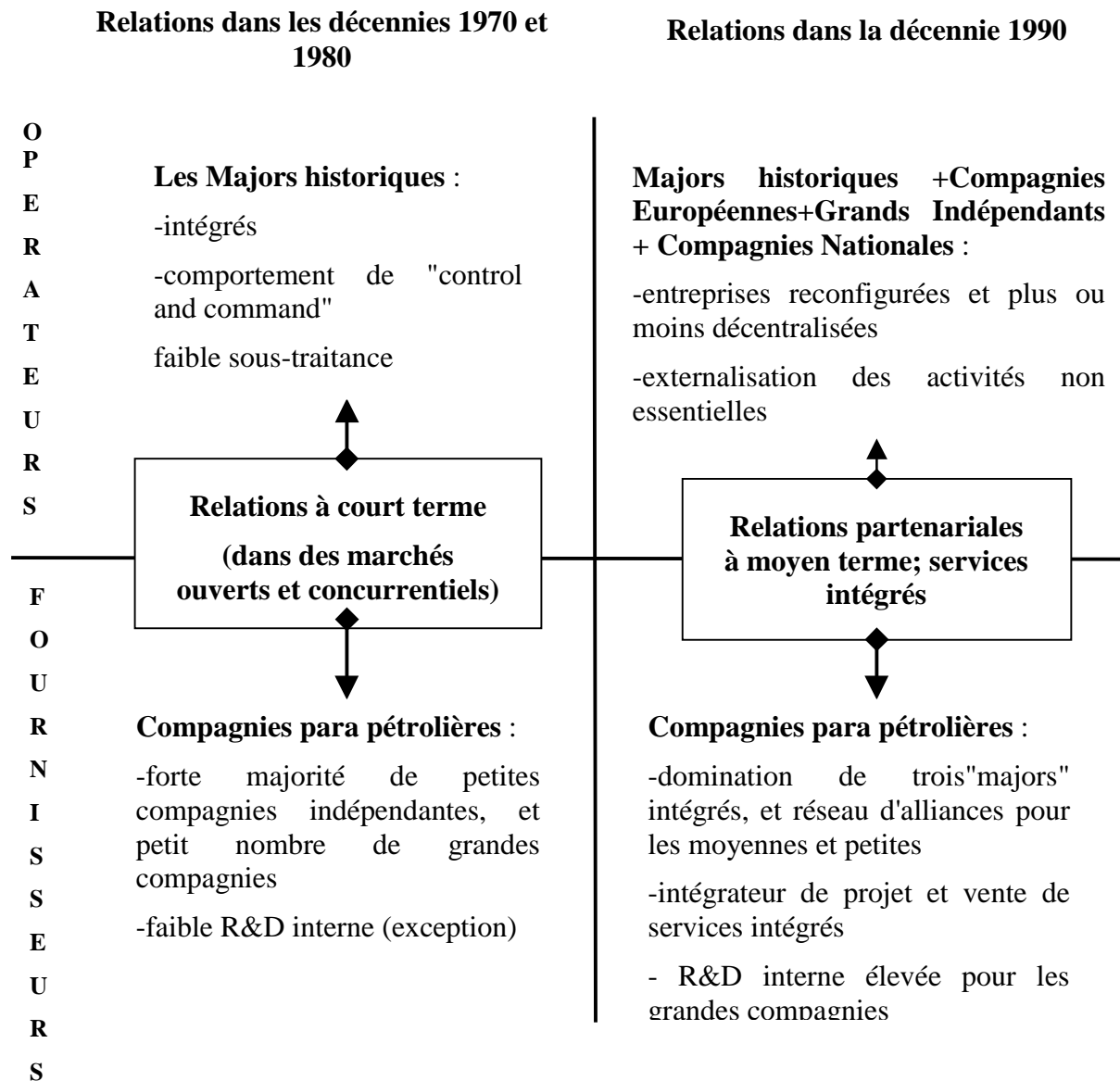
Pour Schlumberger, la trajectoire prise par ce groupe depuis de nombreuses années tend à privilégier l'arme technologique dans ses avantages concurrentiels. Ceci explique, avec éventuellement une définition extensive des dépenses de R&D (« Research and engineering expenditures »), son niveau de départ très élevé de l'intensité de R&D au début de la décennie 1990: 7,2%. Les derniers chiffre connus pour 1998 et 1999 semblent montrer un léger effritement vers des valeurs comprises entre 5 et 6%. Si l'on restreint la définition de l'intensité de la R&D du groupe Schlumberger à celle de ses seuls services pétroliers (oilfield services), les tendances indiquées par l'évolution des chiffres, sur une période plus courte du fait de l'indisponibilité des données antérieures, vont dans le même sens et avec des niveaux proches. Pour Halliburton les données disponibles indiquent une trajectoire totalement différente. Au début des années 1990, les ratios obtenus (0,17/0,20%) montrent que le groupe ne semble pas faire de recherches ou très peu ; puis avec les acquisitions de Western Atlas, Dresser, cette intensité moyenne augmente brusquement vers 1,6/1,8% dans les années 1997/1998. Il n'est pas exclu que cette évolution soit le produit indirect et partiel de retraitements comptables dus à ces méga-acquisitions. Si ces chiffres sont confirmés, en particulier dans le segment « energy services » du groupe, où l'intensité de R&D atteint entre 2 et 2,4%, cette évolution témoignerait d'une volonté de rattrapage.

*

* *

En conclusion on peut résumer les principaux changements de la période dans la figure 12.

Figure 12 : Une schématisation des changements dans les relations entre opérateurs et fournisseurs pétroliers



Source : auteurs.

*

* *

2- La coévolution de la dynamique concurrentielle et des stratégies technologiques dans l'industrie électrique

Comme dans la section précédente, on présentera d'abord les changements dans l'environnement de sélection des producteurs d'électricité et leurs stratégies d'adaptation, puis les mêmes éléments dans le cas des industries électriques, enfin les stratégies technologiques respectives de ces deux groupes d'acteurs.

2.1- Les changements dans l'environnement de sélection des groupes de production d'électricité et leurs stratégies d'adaptation

2.1.1- Les changements dans l'environnement de sélection des opérateurs

L'accent sera mis sur les changements spécifiques de l'environnement de sélection des producteurs d'électricité, en n'oubliant pas d'autres types de changements plus génériques relatifs à la financiarisation, la globalisation, dont les premiers participent. Trois types de changements, liés entre eux mais présentés séparément, paraissent avoir exercé les influences les plus importantes : d'abord des changements institutionnels visant à définir de nouvelles règles concurrentielles; ensuite des changements technologiques modifiant l'espace des choix technologiques en privilégiant la trajectoire des turbines à gaz; enfin des changements sur les réglementations environnementales imposent des contraintes sur le choix et le coût des équipements de production compatibles avec ces nouvelles normes.

Les changements institutionnels

Ils concernent¹⁸ d'abord des nouvelles relations avec les clients des opérateurs, et par conséquent avec leurs concurrents, mais aussi de nouvelles relations avec les fournisseurs d'équipement et d'énergie primaire.

Depuis la fin des années 1980 un puissant mouvement de libéralisation et privatisation de cette industrie de réseau traditionnellement sous le contrôle de l'Etat est mis en oeuvre. Progressivement il concerne presque tous les pays¹⁹, mais avec des modalités fort différenciées entre pays leaders dans la réforme (Grande Bretagne, Etats-Unis, Chili) et les autres pays suiveurs. Il ne peut être question ici de rendre compte de toutes ces variations ni du lien entre les institutions nationales et les modalités d'ouverture concurrentielle nationales²⁰. On trouvera dans les tableaux 7 et 8 une schématisation de l'étendue des réformes respectivement dans les pays industrialisés (situation à fin 2000) et en Amérique Latine (situation en 1996). Cette schématisation illustre la très large gamme des options prises par pays, de même qu'à l'intérieur de grands pays comme les Etats Unis.

Ces changements ont été impulsés par de très nombreuses réformes. Parmi les plus importantes d'entre elles, on peut citer les suivantes :

¹⁸ "Dans les secteurs considérés ici, l'environnement institutionnel (est) -défini comme (le) cadre des institutions externes déterminant les règles générales s'appliquant aux agents et constituant contraintes et points d'appui pour la construction et le fonctionnement des arrangements institutionnels- ", D.Finon, 2001 , Analyse des institutions nécessaires à l'intégration des nouveaux marchés électriques en Europe, 6 Février 2001, mimeo, IEPE.

¹⁹ Dans lesquels on trouve l'exception notable du Japon.

²⁰ cf par exemple Finon, 2000b.

Tableau 7 : Evolution de la restructuration réglementaire et organisationnelle de l'industrie électrique dans les pays développés entre 1985 et 2000

Situation en 1985		Situation en 2000		
Monopole	Autres configurations stables	Configuration stable, avec émergence de réforme	Configuration intermédiaire	Industrie concurrentielle ouverte
	Autriche	→	Autriche	
	Belgique	→ Belgique	→	
	Danemark	→	Danemark	
France		→ France		
	Allemagne	→	Allemagne	
Grèce		→ Grèce		
Irlande		→ Irlande		
	Italie		→ Italie	→
Luxembourg			Luxembourg	
	Pays Bas	→	Pays Bas	→
Portugal		→ Portugal	→	
	Espagne		→ Espagne	→
	Finlande			→ Finlande
	Suède			→ Suède
Royaume Uni				→ Royaume Uni
	Norvège			→ Norvège
	USA	→ USA (les Etats n'ayant introduit encore aucun changement)	→	USA (le reste des Etats les plus avancés dans la libéralisation)
JAPON		→ JAPON		

Source : auteurs, d'après D. Finon (2000a et b) ; Légende : évolution institutionnelle observée entre 1985 et 2000; évolution institutionnelle probable à court terme. N.B. : la catégorie « Configuration intermédiaire » est, de par la construction du tableau, très hétérogène entre les deux autres catégories « polaires ».

Tableau 8 : Les spécificités nationales dans les réformes des industries électrique en Amérique Latine (1996)

Type de réforme	Contenu	Pays
Radicale	Déintégration verticale totale, Réseaux ouverts, Privatisation générale	Argentine, Bolivie, Chili, Pérou
Intermédiaire	Déintégration verticale partielle, Réseaux ouverts, Privatisation partielle	Colombie, Honduras
Faible ou modérée	Ouverture aux nouveaux entrants de la production d'électricité, Ou réglementation non changée, Ou privatisation du monopole intégré	Barbades, Costa Rica, Mexique, Suriname, Uruguay, Trinidad et Tobago
En cours de définition	Lois spéciales pour autoriser la production indépendante, Travaux sur un projet de loi générale sur l'électricité	Brésil, Equateur, Guatemala, Nicaragua, Panama, République Dominicaine, Salvador
Aucune réforme	Organisation inchangée	Haiti, Paraguay, Venezuela

Source: auteurs d'après F.Cuevas, 1996.

- aux Etats-Unis le Public Utility Regulatory Act (PURPA) en 1978 et sa réforme en 1986, l'Order 636 de la Federal Energy Regulatory Commission (FERC) en 1992, le Comprehensive Electricity Competition Plan en 1998;
- en Grande Bretagne, l'Electricity Act de 1989;
- dans l'Union Européenne : la directive de libéralisation des marchés électriques européens, adoptée en février 1997, et sa mise en œuvre à partir de février 1999;
- au Japon, en mai 1999, la promulgation d'une nouvelle loi sur les industries électriques, et sa mise en œuvre à partir du 21 mars 2000 qui marque le début d'un programme de libéralisation/ déréglementation « ushering a new era of competition in the electricity power industry » (Source : Japan Electric Power Information Center, Electric Power Industry in Japan 2000/2001, p.5).

A cette libéralisation de l'industrie électrique puis gazière, s'est combinée celle des marchés des hydrocarbures et en particulier la suppression progressive de toutes les mesures visant à prohiber l'emploi du gaz comme combustible pour la production d'électricité. De plus la vague de libéralisation affecte en profondeur l'industrie gazière, et une tendance industrielle nouvelle se fait jour à partir des années 1995 aux Etats Unis, puis au Royaume Uni : celle de la « convergence » des industries de l'électricité et du gaz naturel se réalisant notamment par les fusions-acquisitions (cf. S. Meritet - 2000) sur les quelles on reviendra plus loin.

L'émergence des normes de protection environnementale

Progressivement depuis le début des années 1990 les producteurs d'électricité sont soumis, avec les autres industries polluantes à une réglementation environnementale de plus en plus sévère. Les législations ou réglementations de protection environnementale ont pour objet de diminuer les rejets de composant solides (poussières, cendres), des émissions de gaz acides sulfureux et sulfuriques (désulfuration), et enfin la teneur en oxyde d'azote²¹. A moyen et long terme les émissions de gaz carbonique sont visées. En ordre de grandeur le coût de désulfuration des gaz de combustion d'une centrale au charbon représente près de 5% du coût total de production du kilowatt-heure²². Les émissions de polluant sont nettement différenciées par type de centrale thermique et combustible utilisé (cf. tableau 9) : les turbines à gaz à cycle combiné ont, de ce point de vue, un net avantage sur les centrales à fuel ou à charbon.

²¹ On peut citer notamment pour la CEE la directive de la communauté européenne de 1988 sur les grandes installations thermiques qui fixe, par rapport au niveau de l'année 1980, des réductions de 20% des émissions nationales de dioxyde de soufre en 1993, puis de 40% en 1998 et enfin de 60% en 2003.

²² Selon le meeting du G7 à Cannes (Août 1990), le coût d'élimination du dioxyde de carbone dans les gaz de combustion d'une centrale au charbon, et de son stockage dans le sous-sol atteindrait 30% du coût total du kwh.

Tableau 9 : Comparaison des principales émissions de polluants entre la turbine à gaz et la turbine à vapeur dans la production électrique (environ 1992)

	Nox (g/kwh)	CO2 (g/kwh)	SO2 (g/kwh)
Turbines à gaz :			
-Turbine à gaz à cycle simple	1.5	500	0.00025
-Turbine à gaz à cycle combiné	1.3 0.35 (NO2)	400 380	0.0025 0
Turbines à vapeur :			
-Turbine à vapeur dans centrale au charbon	2.7-9.3	1100	2.6-7.6
-Turbine à vapeur dans centrale au charbon, avec scrubbers	0.6(NO2)	830	0.6
-Turbine à vapeur dans centrale au fuel	1.75	900	1.7-5

Source : Islas J., 1999, p.45/65

Les changements technologiques

Une présentation détaillée de l'évolution des performances des principales technologies de centrales électriques, et de leurs principaux composants, ne peut être retracée dans le cadre de ce rapport. En laissant de côté le cas très particulier des centrales nucléaires dont l'adoption a été sensiblement freinée pendant cette période 1985/2000 à la suite de problèmes d'acceptabilité économique et sociale liés au nouvel environnement de sélection de l'industrie électrique, on mettra l'accent sur trois tendances.

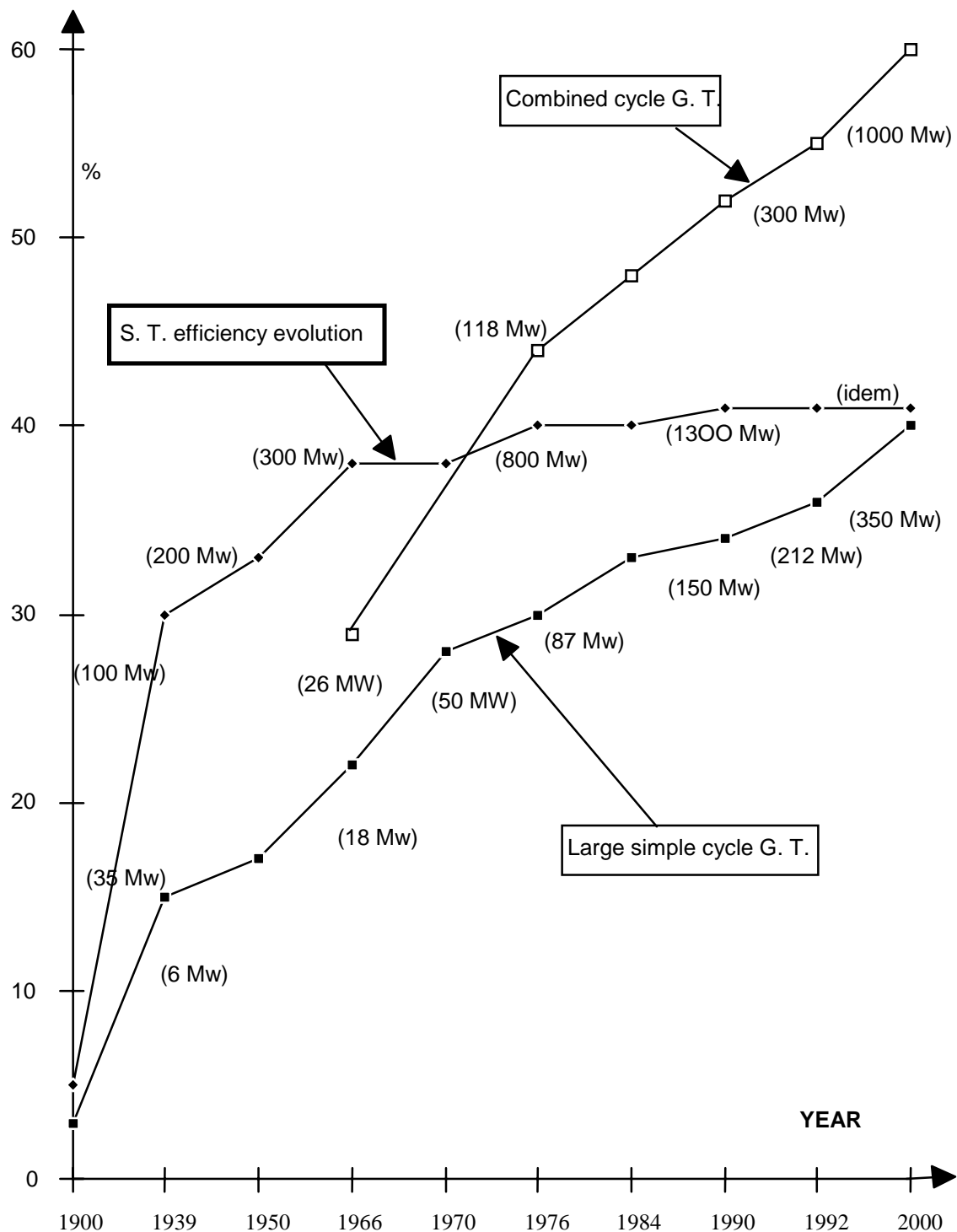
- i) On recherche un accroissement de la fiabilité des équipements, en combinaison avec une automatisation croissante de leur exploitation à la suite des progrès des capteurs, avec l'utilisation de systèmes de pilotage, et de dispositifs d'asservissement de systèmes complexes, visant à accroître la sécurité de ces unités en général très capitalistiques, dont les arrêts imprévus sont par définition très coûteux.
- ii) Un effort nouveau dans l'histoire des technologies de centrales thermiques est entrepris pour une dépollution partielle des gaz de combustion principalement dans les centrales au charbon, et dans les turbines à gaz ; à titre d'exemple la teneur en NOx dans les gaz de combustion des nouvelles turbines à gaz passe entre 1982 et 1997 d'un peu plus de 100 ppm à moins de 20. (d'après Testi G., Bayegan H.M, 1999),
- iii) On continue de poursuivre, mais de manière différenciée selon les technologies, l'effort séculaire d'amélioration des rendements de conversion combustibles fossiles/production d'électricité. La figure 9 illustre une accélération de ces progrès dans la période 1970/1995 pour les turbines à gaz à cycle combiné, mais une stagnation pour les turbines à vapeur.

Si on s'en tenait à ces trois changements, les innovations correspondantes peuvent être qualifiées d'incrémentales, dans le sens où elles constituent des prolongements de trajectoires ou paradigmes technologiques bien établis. Il en va différemment dans le cas de la turbine à gaz dont la rapidité des progrès de performance et la réussite de son hybridation avec les turbines à vapeur dans des cycles combinés constituent dans la période 1985/2000 à tout le

moins une innovation majeure , voire une innovation radicale selon que l'on privilégie l'aspect bifurcation de trajectoire ou celui de la création d'une nouvelle trajectoire. Les succès étonnants observés dans l'adoption de cette nouvelle technologie (plus de la moitié des commandes mondiales dès 1998- cf. supra) trouvent leur explication dans la très bonne adéquation (fitness) des caractéristiques intrinsèques de cette technologie avec les nouvelles attentes des opérateurs : équipements standardisés, à bas coût d'investissement, sans contrainte forte de localisation, facilement exploitable et automatisable, restant économique dans de petites tailles, sans impact majeur-hors celui du CO₂- sur l'environnement.

L'effet économique le plus important de la combinaison de ces innovations technologiques (l'introduction de générations récentes et efficaces de turbines à gaz à cycle combiné) et institutionnelles (introduction de la concurrence entre producteurs) est l'avantage donné aux nouveaux entrants utilisant cette technique sur les firmes établies dans le secteur, du fait que cette technologie de production d'électricité est dans la fin des années 1990 la moins coûteuse dans de nombreux pays développés. De ce fait l'impact de la « contestabilité » concurrentielle rendue possible par des réformes institutionnelles est renforcé sensiblement par celui de la supériorité technologique de ces turbines à gaz à cycle combiné ou à cycle simple dans l'environnement de la décennie 1990.

Figure 9 : Evolution des rendements des turbines à vapeur , et des turbines à gaz à cycle simple et combiné -1900/2000



Source : B. Bourgeois, J.Islas Samperio (1992)

2.1.2- Les réponses des opérateurs en place et des nouveaux entrants.

Un début de fluidisation des structures et actifs industriels

La libéralisation a créé, par les réactions stratégiques des opérateurs notamment dans leurs décisions d'acquisitions/ fusions et désinvestissements, ce que l'on peut appeler une « fluidisation » des structures industrielles dans la production d'électricité, en opposition à la très grande stabilité qui prévalait avant les années 1985. Dans une dynamique qui se manifeste nettement depuis les années 1990 et qui s'accélère en fin de période, on trouve plusieurs manifestations de cette fluidisation : pénétration de nouveaux entrants, réduction du périmètre d'activités des firmes établies et reconversion vers de nouvelles activités, convergence entre industrie électrique et industrie gazière. Les dimensions, également nouvelles dans cette période, de l'internationalisation et de la recomposition de la chaîne de valeur, seront présentées plus loin.

L'ouverture concurrentielle a facilité *l'arrivée de trois nouvelles catégories d'entrant* dans l'industrie de la production d'électricité en plus de la catégorie traditionnelle des entreprises électriques avec obligation de fourniture sur un territoire donné (*utilities*) : les producteurs indépendants avec des contrats à long terme (*Independent Power Producers (IPP) with Purchasing Power Agreements (PPA)*), les producteurs marchands (*Merchant*) sans PPA, et enfin les autoproducteurs industriels. Selon l'indicateur utilisé leur contribution varie sensiblement. Elle est la plus importante lorsqu'on utilise l'indicateur des nouvelles centrales commandées annuellement : entre 1985 et 1999, la part des IPP passe de 2,2 à 29,2% du total mondial (+27%), celle des autoproducteurs de 8 à 9,8% (+1,8%), celle des producteurs marchands de 0 à 21,4%, tandis que celle des « utilities » déclinait corrélativement de 90 à 39,5% (moins 50%). Elle est réduite à de plus justes proportions si on prend le critère de la production d'électricité. Aux Etats Unis la part des « utilities » diminue seulement, entre 1988 et 1998, de 4,6% : respectivement 93,4%, et 88,8% du total²³.

La proportion de ces IPP est directement fonction de l'intensité des réformes concurrentielles introduites dans l'industrie électrique. Il n'est donc pas surprenant que leur part relative dans la construction des nouvelles centrales au Japon ne soit que de 1% en 2000, et probablement de 3% en 2010.

Aux Etats Unis la structure organisationnelle, entendue comme comprenant le nombre et les lignes d'activités des opérateurs, a connu les changements suivants entre 1992 et 1998 (source EIA- 1999).

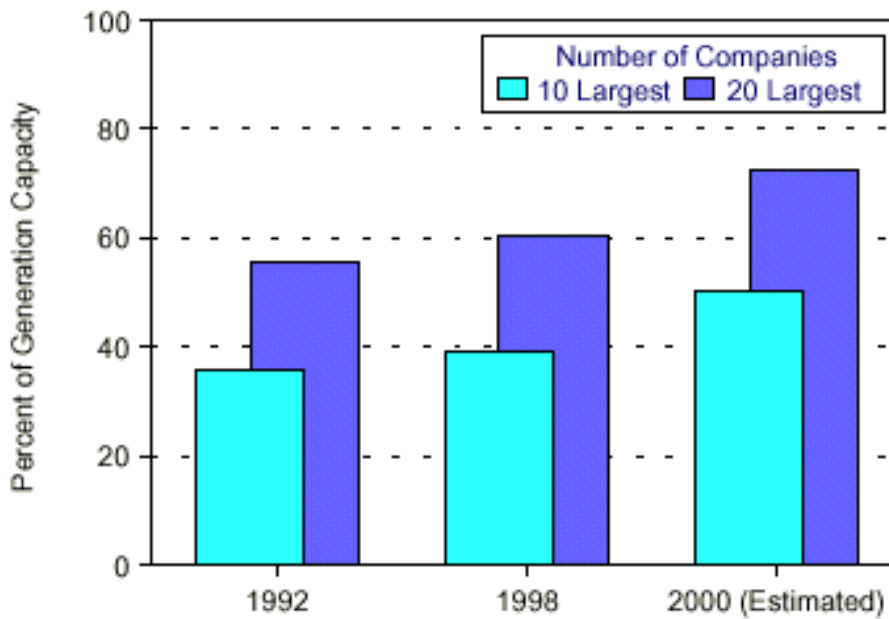
- La production des entreprises électriques avec obligation de fourniture sur un territoire donné (*utilities*) (moins 8% en nombre d'entreprises), commence de glisser vers les producteurs indépendants (plus 9% en nombre d'entreprises),
- Les « *Investor Owned Utilities (IOU)* » connaissent un début de concentration après la libéralisation (cf figure 10)

²³ Source : eia.doe.gov/cneaf/electricity/chg_str/booklet/egc.html

- La part des « *utilities* » dans les additions de nouvelles capacités de production électrique, en moyenne de 62% dans la période 1985-1991 décroît à environ 48% dans la période 1992-1998.

Un indice supplémentaire de la fluidité des structures industrielles aux États-Unis est le changement de rang de classement des capacités de production des « *IOU* » (Tableau 10).

Figure 10: Concentration de la propriété de la capacité de production d'électricité dans les entreprises électriques avec obligation de fourniture sur un territoire donné (Investor Owned Utilities) aux États Unis entre 1992 et 2000



Source : EIA, US DOE, 1999, « The changing structures of the Electric Power Industry, 1999 : Mergers and other corporate combinations ». Page ix

Tableau 10 : Evolution du rang de classement des dix plus grandes « Utilities » aux Etats Unis entre 1992 et 2000.

Company	1992 Ranking	1998 Ranking	2000 (Estimated) Ranking
Southern Company	1	1	2
American Electric Power Company	2	3	^a 1
Unicom (formerly Commonwealth Edison)	3	5	Not in 10 largest
TXU (formerly Texas Utilities Company)	4	4	4
Duke Energy Corporation	5	7	8
Entergy Corporation	6	2	3
FPL Group, Inc. (Florida Power & Light)	7	6	7
SCE Corp. (Southern California Edison)	8	Not in 10 largest	Not in 10 largest
PG&E Corporation (Pacific Gas & Electric)	9	Not in 10 largest	Not in 10 largest
Reliant Energy (formerly Houston Industries)	10	9	10
New Century Energies	Did not exist	Not in 10 largest	^b 8
First Energy	Did not exist	8	10
Carolina Power & Light/Florida Progress ^c	Did not exist	Did not exist	6
Dominion Resources, Inc.	Not in 10 largest	10	Not in 10 largest
Unicom/Peco	Did not exist	Did not exist	5
Xcel Energy (New Century Energies/Northern States Power) ^d	Did not exist	Did not exist	9

Notes : (1) Les dix compagnies les plus importantes sont des holdings d'entreprises électriques avec obligation de fourniture sur un territoire donné (*Investor-Owned Utilities-IOU*) qui sont propriétaires d'une ou plusieurs compagnies d'exploitation de centrales électriques. (2) Sous réserve de l'aboutissement de fusions en cours pendant l'année 2000.

Source : EIA, US DOE, 1999, op.cit. p.19

La tendance à la concentration des principales « utilities », compensée aux Etats-Unis par une diversification très grande de la part des « non-utilities », n'est pas générale. Ainsi en Grande Bretagne, un des pays qui a poussé le plus loin les réformes institutionnelles, l'évolution des parts de marché dans la production d'électricité témoigne d'une déconcentration croissante.

Tableau 11 : Evolution des parts -en %- des compagnies dans la production d'électricité en Grande Bretagne (1990/2001)

Compagnies	1990/1991	1995/1996	2000/2001
National Power	46	31	21
Power Gen	28	23	17
Nuclear Electric	17	22	24
Independents	1	14	21
Autres	8	10	17

Source : EIA/DOE, 1999, d'après Electricity Industry Review, Electricity Association, London, England , January 1997

Par ailleurs l'intensification de la concurrence (pertes de clients captifs, guerre des prix) conduit les grandes compagnies électriques traditionnelles à une gestion plus réactive face aux nouveaux signaux de l'environnement, fondée d'avantage sur *les acquisitions et désinvestissements*. Les facteurs explicatifs de ces désinvestissements sont doubles : d'une part la législation des Etats contraignant les compagnies verticalement intégrées à se séparer d'une partie de leurs actifs de production ou de leurs actifs de transport/distribution, d'autre

part une décision stratégique des entreprises décidant de sortir d'un secteur devenu trop concurrentiel. A la fluidisation des entreprises se combine donc une mobilité plus grande de leurs actifs industriels, et un effort de compression des coûts internes, notamment par la baisse du nombre d'emplois. On a sélectionné, à un échelon mondial, les 18 entreprises de production d'électricité les plus importantes (cf : tableau 11), en documentant leurs principaux mouvements d'acquisition/fusion. L'apparence de stabilité, notamment à partir des années 1995, est trompeuse : elle masque des initiatives stratégiques de fusion/recomposition et d'internationalisation prises par un certain nombre d'entre elles sous l'effet d'anticipations de déréglementation et de libéralisation des marchés de l'électricité et du gaz. D.Gallois et P.Ricard notent à la fin de l'année 2000, à propos des reventes de part de Veag par RWE et E.ON à HEW, qu'en Europe occidentale.

Dans cette perspective trois exemples importants de ces « fusions/convergence » (*convergence mergers*) peuvent être donnés aux Etats Unis dans les années 1997/1999. Enron, compagnie intégrée dans les activités de transport et distribution de gaz, fusionne en 1997 avec la compagnie Portland Electric, une compagnie « utility » verticalement intégrée dans les activités électriques en Oregon. La même année la compagnie Duke Power verticalement intégrée dans la production, le transport et la distribution d'énergie électrique, fusionne avec Pan Energy, une compagnie de transport et trading de gaz naturel dans plusieurs Etats des Etats Unis. Enfin plus récemment, Dominion Resources Inc, compagnie mère de Virginia Power, compagnie électrique avec obligation de fourniture (utility) et Dominion Energy, producteur de gaz et d'électricité, annoncent leur fusion avec Consolidated Natural Gas (CNG), l'une des plus grandes compagnies intégrées de production, transport, distribution de gaz naturel²⁴. Une des conséquences de ce mouvement est la montée des compagnies multi-énergies (électricité/gaz) dans le tableau de classement des compagnies énergétiques par capitalisation boursière décroissante, qui était traditionnellement dominé par les compagnies pétrolières (cf. annexe 5).

Une tendance nouvelle à l'internationalisation des investissements

L'internationalisation des investissements et des actifs de production/distribution contrôlés par les compagnies électriques est une tendance historique nouvelle. Avant 1985, du fait de l'existence des monopoles nationaux ou intra-nationaux, et de leur lien institutionnel et géographique étroit au réseau qu'ils contrôlaient, les actifs étrangers de ces compagnies étaient quasi inexistantes, et du même coup leur taux d'internationalisation très faible²⁵. Avec la libéralisation de presque toutes les industries électriques, puis gazières, selon des modalités nationales précisées précédemment, la concurrence entre producteurs/distributeurs multi-énergies devient de plus en plus internationale (tableau 13).

Dans les pays en développement, les besoins d'augmentation de la capacité et de la fiabilité du parc de production sont importants, et les compagnies nationales en général publiques sont incapables, de même que leur actionnaire l'Etat de financer les investissements correspondants. En privatisant et libéralisant leur système électrique, ces Etats offrent un large domaine d'intervention aux investisseurs internationaux privés. La Banque Mondiale suit naturellement avec attention les évolutions d'investissements à long terme à l'étranger. Dans une note de Mai 2000 (Public Policy for the Private Sector, N° 208), Ada Karina Izaguirre met l'accent sur quatre tendances.

²⁴ EIA, December 1999, The changing structure..., op.cit. p.35

²⁵ Le taux d'internationalisation des ventes de l'échantillon des 20 premières sociétés électriques est inférieur à 10% jusqu'en 1997 pour la quinzaine de sociétés documentées. Il augmente rapidement après pour atteindre 16% en 1999.

- Les participations privées, mesurées par les investissements totaux (contributions publiques et privées) dans les projets énergétiques avec participation privée ont rapidement augmenté de 2 à 46 milliards de \$ US entre 1990 et 1997, puis ont décliné en 1998 et 1999 respectivement à 25 et 15 milliards de \$, à la suite de la crise financière en Asie et Amérique Latine notamment.
- Les quatre pays receveurs les plus importants ont été : Argentine, Brésil, Chine et Inde.
- Les investissements dans l'électricité, et en particulier dans la production d'électricité, représentent l'essentiel des investissements énergétiques (tableau 13). Les formes prises par ces participations peuvent varier : « *management contracts with or without investment commitments to divestitures, to greenfield facilities under build-operate-own (BOO)* ²⁶ *or build-operate-transfer (BOT)* ²⁷ , *operations, rehabilitation or construction risks* ».
- La source principale de financement de ces investissements provient de capitaux étrangers à long terme.

²⁶ BOO, système de " *concession (qui) permet de conserver la propriété du projet une fois le contrat initial (PPA-Power Purchase Agreement) arrivé à son terme. Le producteur d'énergie indépendant (IPP- Independent Power Producer) peut alors négocier un nouveau PPA ou choisir de vendre à l'entreprise de services publics*".Source : Alsthom, Panorama, N°3, Juillet 1997, p.11

²⁷ BOT: "*Une société privée contracte des prêts pour financer le projet qu'elle exploite pendant une période déterminée avant d'en transférer la propriété à un pays ou à un producteur d'énergie.*" Source : Alsthom, panorama, N°3, Juillet 1997, p.11

NATIONAL POWER PLC						ue18	ue18	ue18	ue18	ue18	ue18	ue18	ue18	ue18	ue18
POWERGEN PLC						ue19	ue19	ue19	ue19	ue19	ue19	ue19	ue19	ue19	ue19
CENTRAL ELECTRICITY GENERATING BOARD-CEGB- (UK)	ue20	ue20	ue20	ue20	ue20	ue20									
TOTAL UE		18			18			19		19			19		

(1) selon le critère du chiffre d'affaires- Source : auteurs

Tableau 13 : Présence internationale des acteurs européens dans l'électricité (1998)

	Amérique du Nord	Europe	Amérique Latine	Asie/Océanie	Europe de l'Est	Afrique/Moyen Orient
EDF	0	++	+	++	+	+
Endesa	0	+	+++	0	0	0
Enel	0	0	0	0	0	0
National Power	++	0	0	++	+	+
PowerGen	0	+	0	+++	+	0
RWE	0	0	0	0	+++	0
Tractebel	+	++	+	++	0	0
Veba	0	0	0	0	+++	0
Viag	0	0	0	0	+++	0

Légende : 0 : nulle; + : entre 0,1 et 25% de la puissance totale; ++: entre 25,1% et 50% de la puissance totale, +++: supérieure à 50,1% de la puissance totale.

Source : IEPE, d'après Eurostaf, 1998.

Tableau 14 : Les investissements privés internationaux dans les infrastructures des pays en développement (1990/1999)

	Nombre de projets cumulés sur la période 1990/1999	Investissements cumulés sur la période 1990/1999 en milliards de \$
Infrastructures (eau, énergie, transport, télécommunications)	1700	Environ 500
Dont infrastructures du « Secteur de l'énergie »	700 dans 76 pays	187
Dont Secteur de l'électricité (production, transport, distribution)	600 dans 70 pays	160 dont 80% sur la production
Dont Secteur du gaz (transport, distribution)	Environ 100 dans 30 pays	37 dont environ 75% sur le transport

Source : auteurs d'après Ada Karina Izaguirre, 2000, op.cit.

Des informations complémentaires sur les quinze principaux investisseurs étrangers dans la production d'électricité révèlent la part prépondérante (60%) des compagnies électriques (*utilities*), mais aussi le rôle significatif (13%) des fournisseurs d'équipement électrique, tandis que les producteurs indépendants (IPP) et compagnies de réseau et services se partagent le solde.(d'après EDF, DI).

Entre pays industrialisés, le mouvement semble plus récent : il affecte maintenant principalement certains pays européens (Grande Bretagne, Allemagne, France, Pays Nordiques, Espagne), et les Etats Unis. Aux Etats Unis les transactions étrangères (acquisitions et désinvestissements) sur les actifs de l'industrie électrique ne commencent vraiment à prendre de l'importance qu'en fin de période, vers 1997 (cf. tableau 15).

Tableau 15 : Les acquisitions et désinvestissements sur les actifs des industries électriques et énergétiques aux Etats-Unis de 1991 à 1997

Units : current million \$ US	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Foreign acquisitions in energy assets (oil and gas, midstream natural gas, petroleum refining, coal, electric power)	1716	2398	4588	1003	3276	1874	3338
Foreign acquisition in Electric Power (only)	NA	NA	150	0	0	0	1390
Foreign divestitures in energy assets (oil and gas, midstream natural gas, petroleum refining, coal, electric power)	1291	1390	2198	1472	976	1462	1874
Foreign divestitures in Electric Power (only)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	528

Source : auteurs, d'après Table 29, Value of foreign acquisitions and divestitures in US Energy, 1991-1997, Appendix C- Completed Foreign Direct Investment Transactions- in US EIA-DOE, Performance Profiles of Major Energy Producers, 1998.

Au total les compagnies européennes semblent avoir des ratios élevés d'internationalisation de leur capacité de production. (Tableau 16)

Tableau 16 : Ratio d'internationalisation de compagnies électriques européennes (Début 2000)

	Capacité de production nationale -en MW-	Capacité de production à l'étranger - en MW-	Ratio étranger/national -en %-
EDF	100 000	11 500	11,5
IVO	9 000	2 970	33
National Power	26 000	12 000	46,1
Tractebel	37 000	21 487	58
Power Gen	14 723	3 234	22
Endesa	22 868	3 500	15,3

Source : Finon D., 2000a.

Enfin, après les réponses de fluidisation des actifs et des structures industrielles, et l'émergence de compagnies électriques internationalisées, un troisième type de réaction stratégique concerne les nouveaux critères de choix des investissements dans les actifs de production, soit par les firmes en place, soit par les nouveaux entrants.

En effet afin de s'adapter à leur nouvel environnement, les opérateurs transfèrent une partie de leurs contraintes vers leurs fournisseurs en sollicitant des changements technologiques et organisationnels lourds pour ces derniers, mais dont ils n'ont pas la possibilité concurrentielle de les esquiver.

En termes techniques, la réponse rapide et efficace des fournisseurs est l'offre de la technologie des turbines à gaz déclinée en cycle simple ou combiné, avec des équipements de plus en plus standardisés et des gammes de puissance plus orientées vers les faibles tailles (50 à 250 MW). En termes organisationnels la baisse des compétences technologiques chez les opérateurs est largement compensée par la prestation de nouveaux services d'exploitation et maintenance proposés par les fournisseurs sur longue période.

Ce sont ces nouveaux liens entre opérateurs et fournisseurs que l'on va examiner maintenant du point de vue des constructeurs.

*

* *

2.2- Les changements dans l'environnement de sélection des fournisseurs et leurs stratégies d'adaptation

2.2.1- Les changements dans l'environnement de sélection des fournisseurs

Une intensification concurrentielle directe entre constructeurs résultant de la disparition des marchés nationaux protégés et de l'International Electric Association.

Les changements institutionnels les plus importants semblent au début de la décennie 1990 se concentrer en Europe Occidentale. La réalisation progressive du Marché Unique européen dans le début de la décennie 1990, imposant en conséquence dans le secteur de l'électricité, de l'eau, des transports et des télécommunications, une ouverture à la concurrence internationale des commandes publiques²⁸ est mise en œuvre avec la directive 90/531 de la CEE. En conséquence les coordinations entre constructeurs européens et japonais dans l'International Electric Association pour se partager les marchés nationaux ne sont plus compatibles avec ces nouvelles règles concurrentielles.

Une intensification concurrentielle indirecte entre constructeurs par les changements de critères de choix des investissements par les opérateurs

La libéralisation et l'ouverture concurrentielle ont déterminé une réorientation et une diversification dans les priorités stratégiques des entreprises de production d'électricité. Il ne peut être question d'en rendre compte pour chacune des nouvelles catégories d'entreprise apparues depuis les réformes institutionnelles de la décennie 1990²⁹. En simplifiant une réalité plus complexe, on peut dire que le nouvel environnement financier et boursier incite les entreprises à donner la priorité d'une part à l'acquisition et au contrôle des parts de marché, et d'autre part à la réduction des coûts soit en externalisant des fonctions devenues non essentielles³⁰ comme la création technologique (cf. supra.2.3), soit en privilégiant les investissements d'actifs de production avec taux de retour rapide (10/15ans au lieu de 20/30 dans le passé), soit en réduisant les marges de sécurité, notamment dans les réserves tournantes de production, jugées trop lourdes dans ce nouvel environnement³¹. Les facteurs autres que le coût de production et les performances opérationnelles tendent à diminuer dans la hiérarchie des choix des opérateurs. La tendance est plutôt maintenant à l'exigence contractuelle de performances garanties, à la prestation de services complémentaires, voire

²⁸ A ce sujet le rapport Atkins ("The cost of non-Europe in Public Sector Procurement", Bruxelles, 1989) réalisé pour le compte de la Commission Européenne a joué un rôle décisif. Cf A.Ninni, 1990, Recent changes in the power equipment industry and the opening up of public procurement markets in the EEC., Energy Policy, May 1990, p.320-330.

²⁹ cf par exemple sur ce sujet : D.Finon, 2000a, La diversité des stratégies des entreprises électriques américaines face à la libéralisation du marché électrique, Revue de l'Energie, N° 513, Janvier 2000.

³⁰ " Sous la pression de la concurrence, nos clients traditionnels ont d'avantage tendance à externaliser les activités périphériques afin de réduire les coûts et les risques. Cette tendance prévaut également chez les industriels qui pénètrent sur le marché. L'externalisation des activités de maintenance en est un bon exemple, même si elle n'est pas répandue partout. Certains producteurs font de la maintenance une de leurs principales activités et proposent leurs compétences aux autres acteurs du secteur." Nick Salmon, Directeur général de la Division production d'Energie de GEC Alstom, Panorama, N°4 Octobre 1997, p.20.

³¹ En trois ans, de 1997 à 1999, la marge de réserve est passée aux Etats Unis respectivement de 14, à 11, puis 9%.

dans certains cas en lieu et place des actuels exploitants de centrales, et de co-financement du projet. En conclusion ces nouveaux critères de choix des opérateurs électriques ont plusieurs effets sur la sélection de l'offre des fournisseurs:

- une demande combinant des équipements et des services performants,
- une demande privilégiant les technologies de production, avec une faible intensité en capital et rapides à installer³²,
- une demande mettant en concurrence, sauf exceptions en déclin, tous les fournisseurs mondiaux.

La libéralisation du marché électrique est incontestablement un facteur d'intensification concurrentielle indirecte pour les fournisseurs, qui se combine à celui de la disparition des marchés nationaux protégés. Taizo Nishimuro, chairman de la Japan Electrical Manufacturers Association (JEMA) et de la compagnie Toshiba, est le premier à le reconnaître pour le Japon, qui est entrain de s'engager prudemment dans le sentier de la concurrence entre producteurs d'électricité : *" The impact will be severe because the whole purpose of deregulation is to lower the cost of energy to industry and to the public at time of slow growth in energy consumption. So the power companies in Japan have to lower the cost of electricity and that translates directly into fewer orders for the electrical manufacturers.Because of this deregulation we have no choice but to adopt the worldwide average in terms of quality and cost."* (Taizo Nishimuro, First magazine, 2000).

La libéralisation est donc l'un des facteurs explicatifs d'une modification dans la demande des équipements par les opérateurs : celui de *"solution de type "boite noire" d'un bon rapport coût /performance"*, avec *"des centrales électriques standard qui soient moins chères et plus rapides à construire, tout en étant plus fiables, plus performantes et plus faciles d'entretien."*(Source Gec Alstom, Panorama, N°5 Février 1998, p.14).

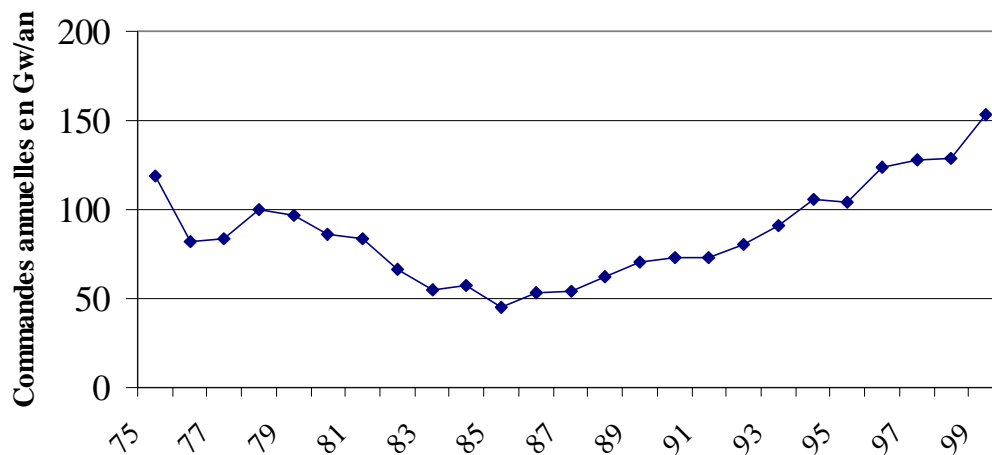
Une demande d'équipements plus volatile et difficile à prévoir

Un dirigeant de Siemens Westinghouse pointait récemment, dans le champ des turbines à gaz à cycle combiné devenues la technologie de référence, la vitesse de retournement des marchés et leur ampleur : *" We underestimated the (US) market size over the past few years by a factor of four"* (Bill Trappen, Manager of market analysis, Siemens Westinghouse, in Power Engineering , vol 14, n°5, 2000, p.30). La première raison est le changement dans l'appréciation par les opérateurs des critères d'obsolescence de leurs capacités de production : *" In the old model, load growth and conventional retirements dictated how much capacity was displaced. In the new deregulation model, economics dictates displacement decisions"*. Or l'obsolescence économique est dans le nouvel environnement concurrentiel et financier plus volatile et donc plus difficile à anticiper pour un producteur, parce qu'elle dépend notamment, mais indirectement, d'éventuelles nouvelles restrictions réglementaires sur les émissions maximales autorisées de Nox, et de fluctuations difficilement prévisibles du prix du pétrole.

³² Ce qui a un effet d'éviction sur les technologies lourdes en capital et longues à installer comme le nucléaire : *"If liberalisation of the market continues then power companies may have to gradually reduce their emphasis on nuclear power. It is a serious problem because nuclear power is still an effective means of suppressing carbon dioxide emissions and is useful for sustaining the basis of electrical power in this (Japan country)".* (Yoichi Kaya, Energy and the environment, 2000).

Les constructeurs font face en 2000 à une flambée de commandes, soit environ quatre fois le volume commandé en 1985 qui a marqué le point le plus bas d'un marché mondial déprimé (cf. figure 11).

Figure 11 : Les fluctuations des commandes annuelles de centrale électrique (1975-1999)

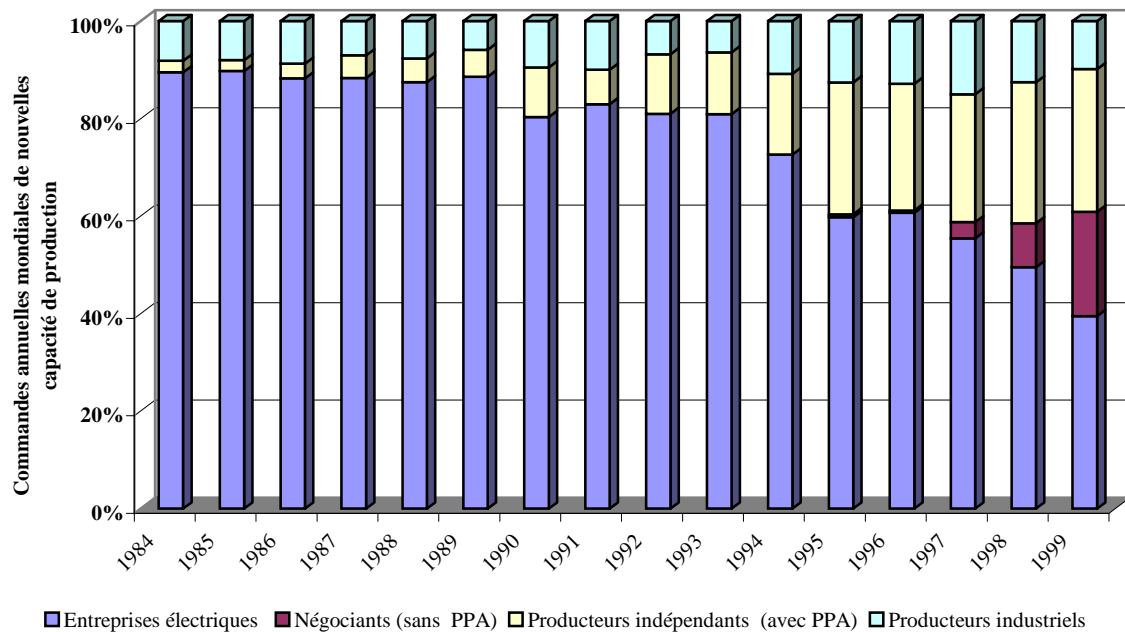


Source : IEPE

Une hétérogénéité fortement accrue des opérateurs

L'émergence de trois nouvelles catégories d'opérateurs a été mentionnée précédemment. La figure 12 indique le déclin important des "Utilities", compensé par la montée en puissance des "IPP". Cependant cette hétérogénéité nettement accrue des opérateurs semble masquer une convergence des nouvelles attentes entre les "utilities" et les autres opérateurs.

Figure 12 : Répartition mondiale des commandes de centrales électriques par catégorie d'opérateurs (1984-1999)

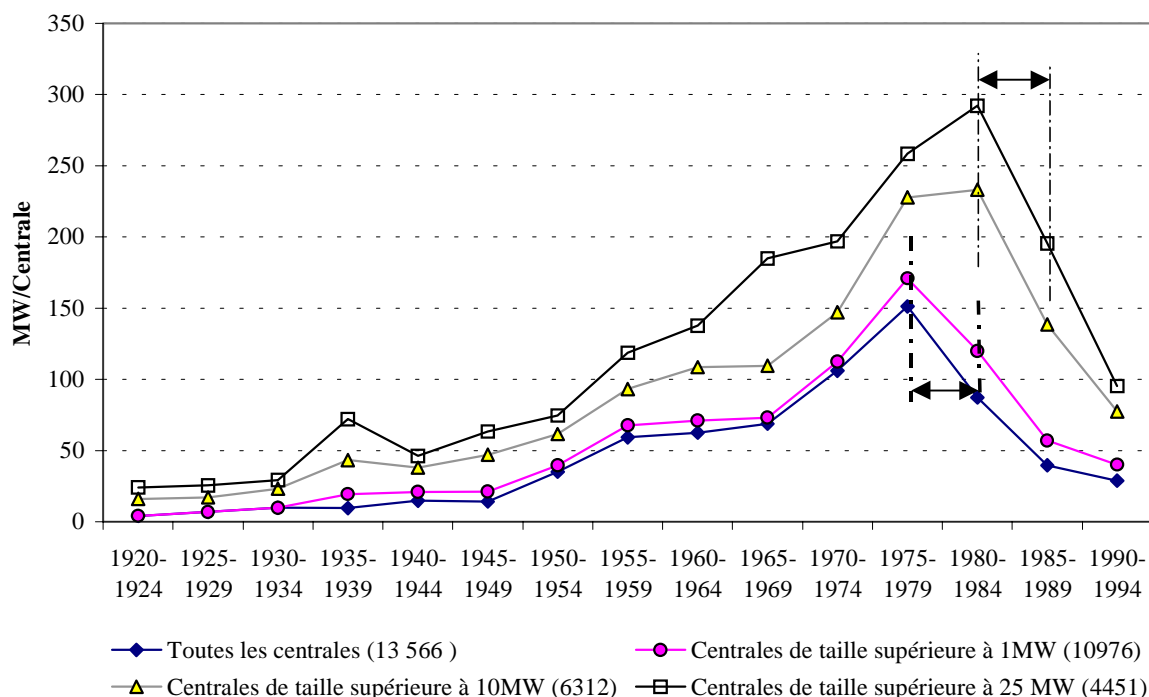


Source : IEPE

Les changements dans les attentes technologiques des opérateurs : vers des tailles unitaires plus faibles

Les fournisseurs d'équipements constatent un infléchissement de tendance dans la commande des nouvelles centrales : celle d'une diminution de la taille moyenne des unités (cf pour les USA figure 13), révélant la préférence des producteurs pour des unités modulables, et donc une exposition réduite au risque financier d'investissement irrécupérable, tout en offrant des coûts raisonnables de production. Aux Etats Unis cette tendance se manifeste dès les années 1985/1987. Depuis, le même changement historique de trend vers des tailles de plus en plus grandes pour bénéficier d'économies d'échelle se confirme dans d'autres pays qui s'ouvrent à la privatisation et à la déréglementation de leur industrie électrique, avec une évolution annoncée dans la prochaine décennie vers des systèmes de production distribuée, et des tailles unitaires encore plus faibles.

Figure 13 : Taille moyenne des centrales électriques mises en service entre 1920 et 1994 aux Etats Unis : le tournant des années 1982/1987



Source : IEPE , d'après Dunsky P., 2000, p.34.

Cette évolution des demandes technologiques vers des tailles plus faibles n'exclue cependant pas que des progrès de performance puissent continuer de se réaliser aussi avec des tailles plus importantes, y compris pour les turbines à gaz. Le tableau 18 illustre un parallélisme dans l'augmentation des tailles de certains modèles de turbines à gaz, et l'amélioration des rendements de conversion en électricité .

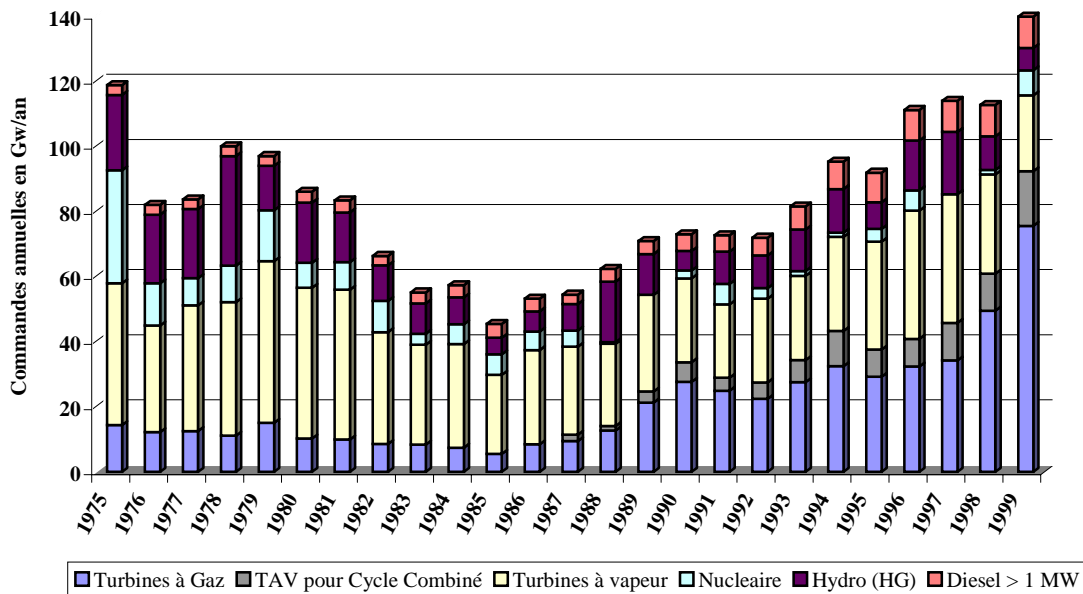
Tableau 17 :Performance des turbines à gaz à la fin 1998

Manufacturer	SIEMENS			GENERAL ELECTRIC		MITSUBISHI	
	KWU V94.2	KWU V94.3	KWU V94.3 A	GE 9FA	GE 9H	MW 701G1	MW 701G2
1 st year	1981	1992	1995	1991	1998	1997	1998
Available power MW	159	229	301	275	390	330	370
Efficiency % Low Heating Value	54,4	57,3	60,4	58,6	62,7	61,1	60,6

Source : IEPE, d'après White David, 1998, p.42.

Néanmoins la figure 14 montre que les technologies les plus adaptables aux unités de petite taille, à savoir les turbines à gaz, s'imposent de manière croissante à partir des années 1990.

Figure 14 : L'augmentation de la part des turbines à gaz dans les commandes annuelles de centrale électrique (1975-1999)



Source : IEPE

2.2.2- Les réponses des fournisseurs en place face à la sélectivité accrue du marché mondial.

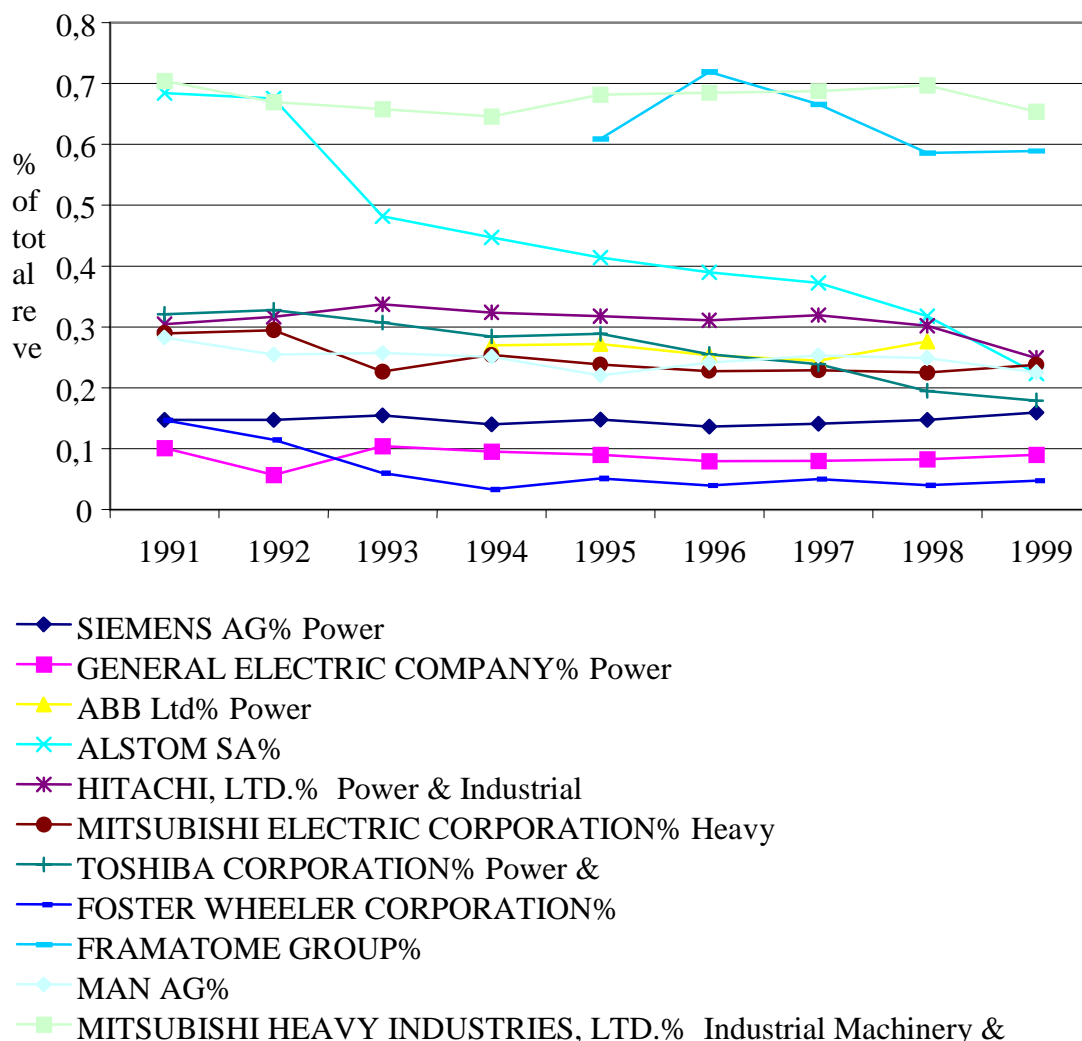
On peut résumer les effets de la tendance à la privatisation et à la libéralisation concurrentielle des producteurs d'électricité par les changements suivants sur les entreprises de la construction électrique : " *i) modernization of procurement practices, ii) increasingly global competition, as customers seek suppliers beyond national boundaries, iii) significant negative pressures on payment terms, prices, implementation time and life cycle costs and iv) increased pressure on performance criteria and increased emphasis on the operating profitability of equipment.*" (source : Alstom -Change in holding structure-22 June 1998). Les réponses stratégiques apportées face à ces changements d'environnement, variables selon les groupes concernés, peuvent être regroupées dans les trois catégories suivantes :

- diversification ou sortie du secteur,
- accroissement de la concentration et de l'internationalisation,
- réorganisation et baisse des coûts.

2.2.2.1- Les réponses en terme de diversification et de sortie du secteur

Les rentabilités obtenues dans la vente des équipements de production d'énergie électrique sont faibles dans la décennie 1990, à l'exception de celles obtenues par le leader General Electric, protégé par une avance technologique significative dans les turbines à gaz. Les perspectives pour améliorer ces marges étant soit très faibles (voir paragraphe suivant) ou nulles à court et moyen terme, la tendance dominante est la recherche d'une diversification dans des activités à rentabilité plus forte, et donc au déclin de la part relative du chiffre d'affaires provenant de cette activité (cf figure 15).

Figure 15 : Tendance au déclin des activités de construction d'équipements de production d'électricité dans le chiffre d'affaires des grands fournisseurs mondiaux



Source : auteurs, d'après Worldscope

Pour certains de ces groupes, la diversification évolue en fin de période vers une sortie du secteur : ABB cède ses actifs de production à Alstom, tandis que Westinghouse les vend à Siemens. De même les actionnaires majoritaires de l'ancienne entreprise franco-britannique GEC-Alstom, à savoir GEC-Marconi d'un côté et Alcatel de l'autre, se désengagent de cette industrie pour réinvestir leurs actifs financiers respectivement dans les télécommunications,

ou la défense. Le pari d'ABB semble lié à une anticipation du management d'ABB d'une rupture technologique et institutionnelle dans l'industrie électrique : "*The future of industry is likely to be much smaller scale, localised, generation projects, using a variety of technologies, rather than centralized steam or hydropower.....ABB now looks likely to focus more on engineering and control issues; on how distribution is handled and energy flows are arranged. All this implies a heavy correlation between older forms of energy distribution and contemporary developments in telecommunications.*" (FT Energy Economist April 2000, 222/21).

2.2.2.2- Les réponses en terme de concentration et d'accroissement de l'internationalisation

L'histoire des quinze dernières années de l'industrie est surtout marquée par les vagues de concentration par acquisition plutôt que par des fusions (Tableau N°19). Le premier facteur explicatif de ces vagues est lié aux tendances structurelles du secteur : industrie à faible croissance, encore marquée par des surcapacités, engagée souvent dans des guerres de prix, et sans véritable marché protégé avec des baisses de prix de l'ordre de 50% dans la décennie 1990. Dans ce contexte de baisse des prix, plusieurs solutions sont possibles pour rétablir les marges minimales demandées par les actionnaires. L'une d'entre elles consiste pour retrouver le point mort d'équilibre à augmenter les parts de marché : un constructeur estimait qu'entre 1994 et 1997, la baisse des prix entraînait une augmentation des parts de marché d'équilibre respectivement de 10 à 15%. Le seul moyen rapide pour atteindre ces nouvelles parts est de les acquérir par croissance externe.

Le tableau 18 retrace l'évolution des parts de marché mondial des constructeurs de turbines à gaz, et montre le leadership atteint par General Electric.

Tableau 18 : Parts de marché à l'échelon mondial des principaux fabricants de turbines à gaz pour la production d'électricité

	1989/1990	1993/4-1997/8	1999
General Electric + licenciés	45,4%	39%	44%
GEC +Alstom/Man	Dt 14,0%	Dt 5%	Cf Alstom
ALSTOM	Cf GEC Alstom	Cf GEC Alstom	13 % (avec ABB)
ABB (avec C.E. et Ansaldo, F.Tosi)	11,3%	16%	Cf Alstom
Siemens /KWU	5,1%	Cf Siemens-Westinghouse	Cf Siemens-Westinghouse
Westinghouse	1,5%	Cf Siemens-Westinghouse	Cf Siemens-Westinghouse
Siemens-Westinghouse	Cf Siemens et Westinghouse	32%	27%
Mitsubishi +Mitsubishi Heavy Industries	2,2%	9%	7%
Autres	34,5	4%	9%
Total Mondial en MW commandés	24 000 MW en moyenne annuelle sur les 2 ans	35 500 MW en moyenne annuelle sur les 5 ans	67 000 MW

Source : auteurs d'après A.Ninni (1990) pour 1989/1990, Siemens (1999) pour 1993/4-1997/8, Data Monitor (2000) pour 1999.

Fuji Electric co Ltd (J)	se10	se10	se10	se10	se10	se10	se10	se10	se10	se10	se10	se10	se10	se10	se10	se10
Babcock International Group plc (UK)	se11	se11	se11	se11	se11	se11	se11	se11	se11	se11	se11	se11	se11	se11	se11	se11
Foster Wheeler Corp (US)	se12	se12	se12	se12	se12	se12	se12	se12	se12	se12	se12	se12	se12	se12	se12	se12
British Nuclear Fuels plc (UK)	se14	se14	se14	se14	se14	se14	se14	se14	se14	se14	se14	se14	se14	se14	se14	se14
Rolls-Royce plc (UK)	se15	se15	se15	se15	se15	se15	se15	se15	se15	se15	se15	se15	se15	se15	se15	se15
Northern Engineering Industries (NEI-UK)	se31	se31	se31	se31	se31											
Framatome (F)	se13	se13	se13	se13	se13	se13	se13	se13	se13	se13	se13	se13	se13	se13	se13	se13
Jeumont Industrie (F)	se29	se29	se29	se29	se29	se29	se29	se29	se29							
Allied Signal Engines (US) a division of Allied Signal Inc Building (1)		se21	se21	se21	se21	se21	se21	se21	se21	se21	se21	se21	se21	se21	se21	se21
The Signal Companies (US)	se39															
Allied Corporation (US)	se40															
Honeywell																
Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft-AEG (D)	se36	se36	se36	se36												
AEG, a sub of Daimler Benz-Daimler Benz AG, then Daimler Chrysler (D)				se26	se26	se26	se26	se26	se26	se26	se26	se26	se26	se26	se26	se26
Ansaldo a sub of IRI (I)	se28	se28	se28	se28	se28	se28	se28	se28	se28	se28	se28	se28	se28	se28	se28	se28
Kvaerner Group As, then KV Rner Asa (N)	se22	se22	se22	se22	se22	se22	se22	se22	se22	se22	se22	se22	se22	se22	se22	se22
FKI electricals group a sub of FKI plc (UK)	se37	se37	se37	se37	se37	se37	se37	se37	se37	se37	se37	se37	se37	se37	se37	se37
Babcock (UK)	se38	se38	se38													
Nombre total de groupes		32			28			26			24			25		23

Source : auteurs

Légende : Les codes en italique sont relatifs à des entreprises dont la continuité des activités se réalise principalement hors du secteur, et donc ne sont plus, à ce titre, retenues dans notre échantillon.

Absorption ou création d'une j.v. :> Sortie de l'industrie : —————>

Transformation juridique majeure des actifs de la construction électrique : ●—————●

Parallèlement les indicateurs d'internationalisation révèlent des ratios en accroissement. Le taux d'internationalisation des ventes (ventes hors base nationale/ventes totales de chaque groupe) augmente dans l'échantillon des 20 premiers fournisseurs mondiaux de 35,4 à 49,2% entre 1991 et 1999. Pour l'internationalisation des actifs, on ne dispose que d'une chronique pour le groupe General Electric dont le taux d'internationalisation passe de 11,3% à 34,8% entre 1991 et 1999 (Source : auteurs d'après Worldscope).

2.2.2.3- Les réponses en termes de réorganisation et baisse des coûts

On mentionnera pour terminer cet inventaire des réponses stratégiques des constructeurs à leur changement d'environnement les efforts des directions pour la baisse des coûts internes face à une baisse des prix de vente des matériels : externalisation, nouvelle politique d'achat des matériaux et semi-produits, réduction du nombre de plateformes de production, accélération des gains de productivité, etc. Les réorganisations ont aussi porté sur un accroissement des prestations de service dont la valeur ajoutée et la rentabilité sont nettement plus élevées que la vente de matériels. Ainsi par exemple l'objectif de croissance dans le chiffre d'affaires du segment "Production d'énergie électrique " chez Alstom est d'augmenter la part des services de 30 à 40% du total. Les réorganisations ont aussi porté sur l'élimination de certaines redondances provenant des fusions/acquisitions.

*

* *

2.2.3- Les changements dans les stratégies technologiques des opérateurs et des fournisseurs : de la co-conception à la polarisation des réseaux technologiques autour des fournisseurs.

La présentation de ces stratégies technologiques de l'industrie électrique est construite à partir d'un constat de base : la disparition entre 1985 et 1998, dans le cas où elle existait encore, des partenariats technologiques entre opérateurs et fournisseurs, et la polarisation des réseaux technologiques autour des quatre ou cinq grands fournisseurs mondiaux.

Il faut au préalable apporter une précision chronologique et des nuances géographiques importantes dans cette transition entre "ancien " et "nouveau" modèle de relations technologiques.

La chronologie de cette transition va du début des années 1990 pour certains pays en pointe dans la libéralisation de leur industrie électrique (ex : Royaume Uni), jusqu'à la fin des années 1990 pour d'autres pays, comme le Japon, qui amorce seulement ce processus de réformes concurrentielles. Les nuances géographiques concernent la variété nationale des modalités de l'ancien modèle. Quand on examine de près, comme le fait S.Thomas (1995), les relations opérateurs /fournisseurs à un échelon national, on est obligé de convenir qu'une coordination/coopération n'a véritablement existé qu'en Grande Bretagne, France, Japon, Italie, avec une efficacité économique très variable selon les cas. A contrario la disparition de cette relation n'a pas eu lieu dans les pays où elle n'avait jamais vraiment existé comme aux Etats-Unis, et à un moindre degré en Allemagne.

Comme dans le cas des hydrocarbures , on commentera d'abord les ordres de grandeur des indicateurs clés de l'innovation, puis on présentera les changements de leurs stratégies d'innovation respectives.

2.2.3.1- Introduction : une estimation des indicateurs clés de l'innovation des deux secteurs en 1995

Comme dans le cas précédent des hydrocarbures (tableau 6), on ne dispose à l'échelon mondial que d'une estimation des dépenses de R&D pour les opérateurs et fournisseurs. Cette estimation est construite sur la base de ratios moyens d'intensité de R&D multipliés par une estimation du chiffre d'affaires³³.

³³ Note méthodologique de la société Décision sur la réalisation de ce tableau : "Estimations sur la base des chiffres publiés par les sociétés, équipementiers et électriciens, et d'organismes publics ou coopératifs comme l'EPRI aux Etats Unis. Ils ont été extrapolés sur la base de coefficients moyens RD/CA. (souligné par nous). Pour les équipementiers ce coefficient est de l'ordre de 3 à 4%, et pour les électriciens il est inférieur à 1%.. Cependant pour la partie "industrie de l'électricité" les chiffres sont sans doute en partie sous-estimés car la recherche nucléaire n'a été prise en compte que très partiellement. En outre la simple comparaison équipementiers-électriciens peut être trompeuse car dans certains pays comme la France la part des électriciens sur la recherche en équipements de réseau est importante, les équipementiers concentrant plus leurs efforts de recherche sur les équipements industriels ou domestiques. La recherche "coopérative " correspond à celle réalisée par des organismes comme l'EPRI aux Etats Unis , ou bien aux grands Instituts de Recherche allemands (par exemple Fraunhofer Institut). Ce type de rcherche coopérative s'est également développé en Grande Bretagne depuis la disparition du CEGB et de ses centres de recherche. Cette rubrique comprend également la recherche publique.". Source : Rapport de Decision, "- Les chiffres-clé des réseaux électriques dans le monde"

Tableau 20 : La Recherche et Développement dans l'industrie de l'électricité et des équipements électriques en 1995 à un échelon mondial, selon DECISION

Unités : Millions de \$	Total des deux catégories d'acteur	Dont équipementiers de la construction électrique	Dont industrie de l'électricité	Répartition dans l'industrie de l'électricité :	
				Dont entreprises de l'industrie électrique	Dont organismes publics et coopératifs
France	1970	1600	370	370	0
Allemagne	2650	2500	150	50	100
Grande Bretagne	370	300	70	20	50
Italie	400	200	200	200	0
Reste de l'Europe	3100	3000	100	100	0
Total Europe	8490	7600	890	740	150
Total Etats Unis	3700	3000	700	200	500
Total Japon	4900	4500	400	400	0
Total Reste Du Monde	1200	1000	200	200	0
Total Monde	18290	16100	2190	1540	650

Sources : société DECISION, SERIBE, 1998, Tableau : La Recherche et Développement dans l'industrie de l'électricité et des équipements électriques en 1995.

De plus cette estimation recouvre l'intégralité des activités de production, transport, et distribution d'énergie électrique, tant chez les opérateurs que chez les fournisseurs. Sous ces réserves, les chiffres de R&D des opérateurs sont presque huit fois inférieurs à ceux des fournisseurs. La répartition géographique montre aussi une concentration à près de 80% dans les pays de la triade.

Cette supériorité des engagements financiers des fournisseurs dans la R&D trouve son prolongement à l'échelon des brevets : entre 10 et 20 fois plus de brevets que ceux obtenus par les producteurs d'électricité.

Tableau 21 : Les indicateurs clés de l'innovation chez les opérateurs et fournisseurs de l'industrie électrique à l'échelon mondial (1995)

	Opérateurs de l'industrie électrique (ue)	Fournisseurs de l'industrie électrique (se)
A- Technologies de la production d'électricité		
A1- Chiffre d'affaires mondial (Mio \$)	789 091 (Production d'électricité : 62% du total du CA)	33 110 (Equipements de production d'électricité : Chaudières, turbines, générateurs- Non compris : Services et génie civil)
A2-Dépenses de R&D mondial	NA	NA
A3-Intensité de R&D	NA	NA
A4- Nombre de brevets délivrés par l'OEB	57	539
A5- Nombre de brevets délivrés par USPTO	14	760
A6- Spécialisation dans les technologies de production d'électricité (ex brevets OEB) (A4/A11)	21%	17,2%
A7- Spécialisation dans les technologies de production d'électricité (ex brevets USPTO) (A5/A12)	4,3%	11,5%
B- Tous domaines technologiques		
A8- Chiffre d'affaires mondial Mio \$	1 272 728	1 069 155
A9-Dépenses de R&D mondiales Mio \$	2240	16 100
A10-Intensité de R&D	Inférieur à 1%	Entre 3 et 4%
A11- Nombre de brevets délivrés par l'OEB	273	3130
A12- Nombre de brevets délivrés par USPTO	323	6610

Note sur l'élaboration des données :

1- Nombre de brevets : les firmes sont à périmètre variable ; le chiffre mentionné pour 1995 est la moyenne arithmétique des trois années cumulées : 1994, 1995, 1996. Pour l'OEB, les chiffres proviennent de l'OST ; pour l'USPTO de Derwent.

2- Le domaine technologique Felec désigne l'ensemble des technologies de production d'électricité, tant pour les opérateurs électriciens que pour les firmes de la construction électrique, avec les classes suivantes de brevets : E02B, F01D, F02B, F02C, F03B, F03D, F22B, F23, F24J, F 28, G21C, H01M, HO2K, E02D, F01K, F01P, F02D, F02G, F02K, F04, F22 D, F22G, G21B, G21D, G21 F, G21 H, HO2N, HO2P, G05, HO5K.

3- Dépenses de R&D :

Secteur de l'électricité : la source est société DECISION, SERIBE, Les réseaux de l'énergie et de l'information, Tome "- Les chiffres-clé des réseaux électriques dans le monde, Tableau : La Recherche et Développement dans l'industrie de l'électricité et des équipements électriques en 1995. (ventilation par acteurs (équipementiers et électricité, et par région - Chiffre d'affaires : Secteur de l'électricité: société DECISION, SERIBE (op.cit.).

Le C.A total est estimé par la multiplication du nombre de kwh vendu par région, par le prix moyen de vente du kwh dans cette région : Europe : source UNIPEDE; Reste du Monde: source WEC.

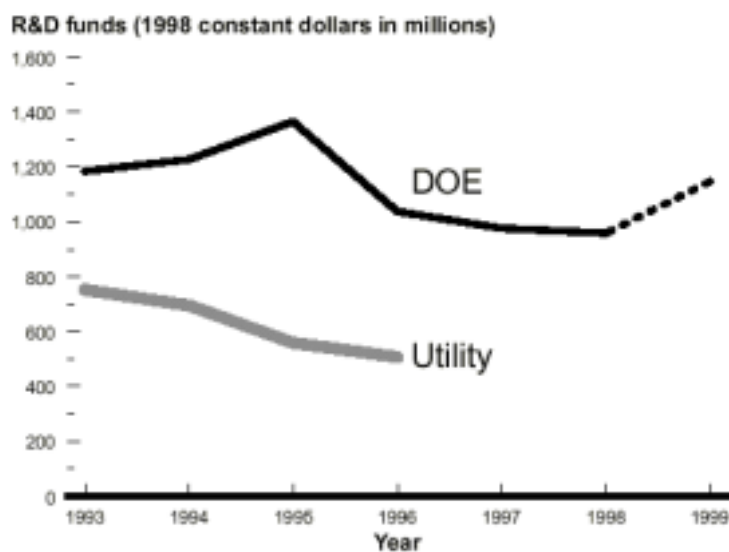
Le CA de la production d'électricité est obtenu par application d'un taux uniforme moyen correspondant au cas Anglais : 62% pour la production, 6% pour le transport, 26% pour la distribution, 6% pour la vente.

Le CA des équipementiers est obtenu par sommation des chiffres de production et non de ventes par pays ou zones. Les chiffres sont établis à partir des statistiques de production nationale pour les Etats Unis, Japon, France, Allemagne, Italie, Grande Bretagne.

2.2.3.2- Les nouvelles stratégies technologiques des opérateurs : un abandon de l'effort technologique lié aux nouveaux impératifs concurrentiels

Les rapports américains et européens aboutissent aux mêmes conclusions sur l'effet de la libéralisation concurrentielle sur les politiques de R&D des opérateurs électriques : i) une baisse sensible du budget pour répondre aux nouveaux impératifs stratégiques de baisse des coûts des entreprises imposée par les guerres de prix, ii) une sélection des projets de R&D avec des retours à court terme et exclusifs pour l'entreprise, ce qui réduit la part des projets généraux financés en coopération. Ces résultats sont aussi confirmés par Defeuilley et Furtado (2000). La figure 16 illustre l'évolution américaine récente³⁴ de 1993 à 1999.

Figure 16 : Baisse du financement de la R&D dans l'industrie de l'électricité aux USA par le DOE et les Investor Owned Utilities (1993/1999)



Notes: The decline in utilities' funding is expected to continue.

DOE's time periods are fiscal years; utilities' time periods are calendar years.

DOE's 1993-97 funds are actual; 1998, appropriated; and 1999, requested.

Source: GAO's presentation of data from DOE's budgets, FERC, and selected electric utility companies.

Source : General accounting Office (GAO), 1998, Electricity Utility Restructuring- Implications for Electricity R&D, Washington, DC, T-RCED-98-144

³⁴ "Electricity R&D encompasses both basic and applied research and includes all aspects of electricity generation, including nuclear, fossil and renewable energy technologies; transmission and distribution technologies; energy storage technologies; and environmental studies of electricity-related issues, according to the Executive Director of DOE's Energy Resources Board."

Le tableau 22 montre que les budgets de l'EPRI sont affectés par cette baisse générale.

Tableau 22 : Financement de la R&D de l'industrie électrique aux USA par institutions

Institutions	1993 (Mio \$)	1996 (Mio \$)
Department of Energy	1117	1029
Entreprises d'Electricité	708	476
-via l'EPRI	424	300
-Intra-muros	284	176
TOTAL	1825	1505

Source : GAO, 1996

En Europe, le rapport de 1998 de l'UNIPED (UNIPED, 1998) met en lumière les mêmes tendances pour l'industrie électrique européenne : malgré une diversité institutionnelle accrue des industries nationales, " *Most utilities no longer have a unit dedicated specifically to R&D. A substantial amount of sub-contracting is performed for non-core business projects and part of the research is moving from utilities to manufacturers. Generally, fundamental research and demonstration activities are pursued within the relevant electricity-related R&D structures (op. cit. p.2)*". " *Electricity Supply Industry operators in deregulated or partially liberalised markets make no case for the existence of a common R&D mission, except of course in areas politically defined as priorities by the government (e.g. greenhouse gas reductions, use of specific renewable energy technologies (op. cit. p.3)*". En moyenne l'intensité de la recherche a diminué d'un facteur proche de 2 entre 1994 et 1997 : " *while some years ago more than 1% of the company turnover was spent on R&D, the current range according to given figures , is from 0,1 to 1, 7% with an average of 0,6%* " (op. cit. p.4).

L'intensité de R&D des trois firmes japonaises (Tokyo Electric Power, Kansai Electric, Chubu Electric Power), bien que protégées encore de la concurrence dans les années 1992/1999, diminue aussi.

L'intensité moyenne de la R&D de notre échantillon des entreprises électriques leaders évolue entre 0,8 et 1% du chiffre d'affaires.

2.2.3.3- Les nouvelles stratégies technologiques des fournisseurs : une réorganisation d'efforts technologiques globalement en effritement

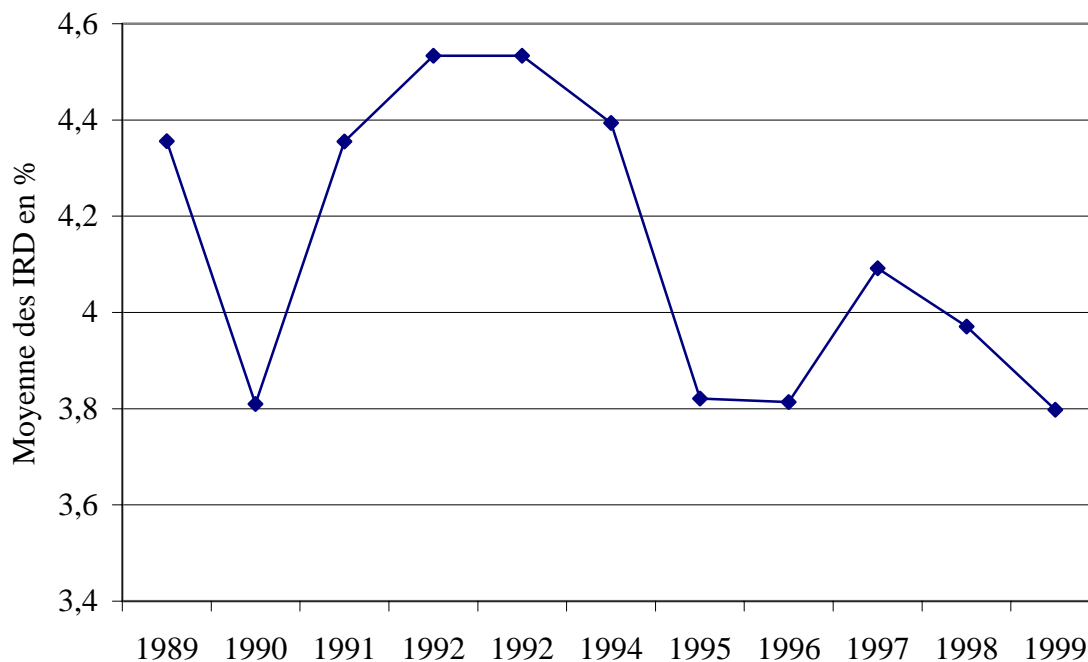
L'appréciation globale des efforts de R&D des fournisseurs est plus délicate dans la mesure où i) l'activité de production d'équipements électriques n'est qu'un segment parmi beaucoup d'autres, ii) les intensités de R&D de chacune de ces activités peuvent varier dans de larges plages, iii) enfin que ces indicateurs ne sont pas en général documentés par ligne d'activité.

Ainsi par exemple, l'intensité moyenne de R&D du groupe Siemens est de 7,13% en 2000, mais de 3,45% pour sa filiale Power (Power generation, plus Power transmission and distribution), et de 13,7% pour sa filiale Infineon (micro processeurs, composants

électroniques,...) (Source : rapport annuel 2000 de Siemens). De même l'intensité moyenne de R&D du groupe Alstom est de 4% en 1998, mais de 4,56% pour sa filiale "Energy" (Power generation equipment) et de 2,77% pour sa filiale "Industrial and Marine". (Source : rapport annuel 199 d'Alstom). Enfin pour ABB l'intensité moyenne du groupe est en 1998 de 7,97%, mais de 7,24% pour les activités de production d'énergie (Source : Rapports annuels d'ABB, 1998 et 1999).

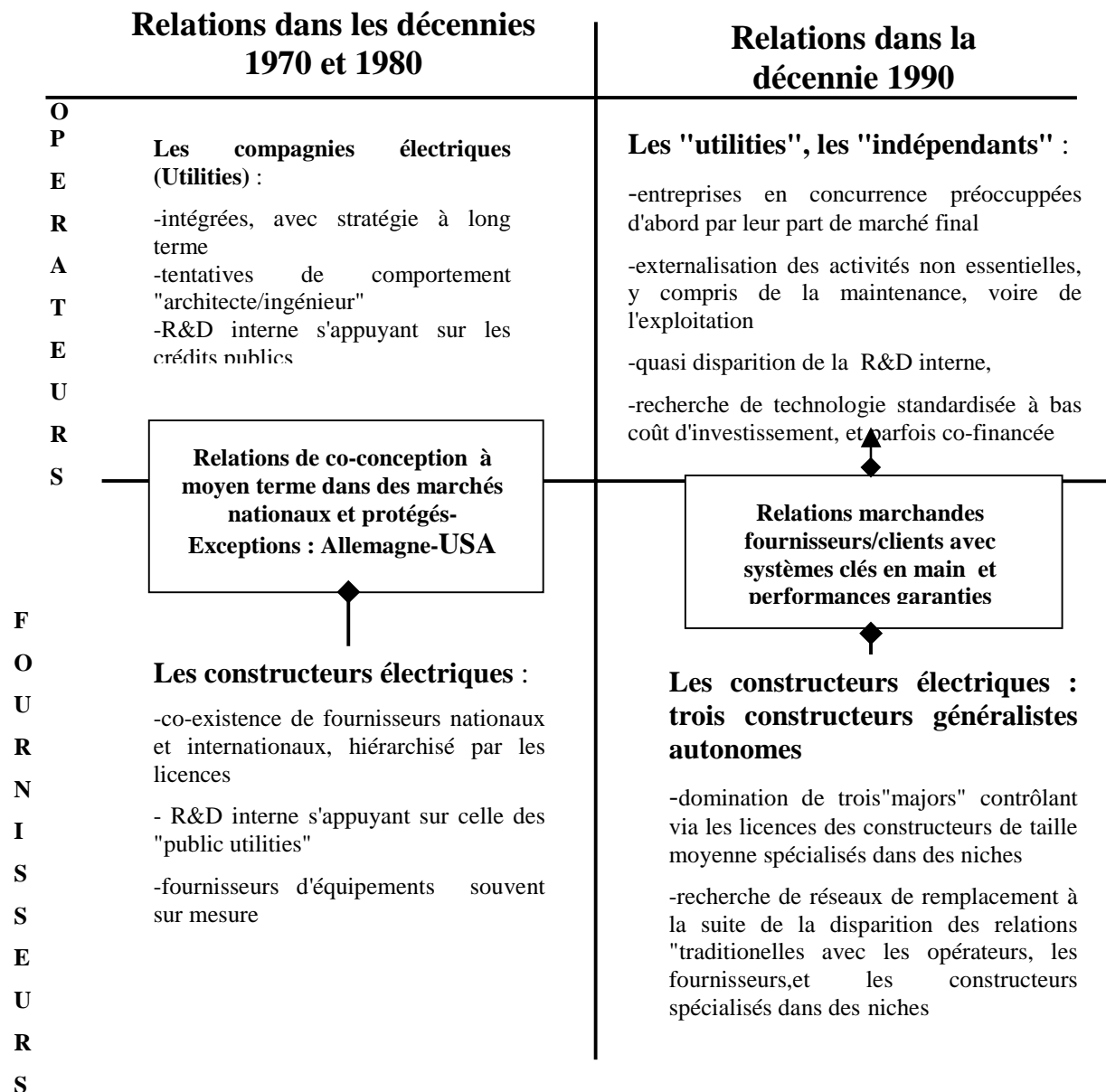
Les informations sur les évolutions d'intensité moyenne de R&D (figure 17), à l'échelon des principaux groupes constructeurs de notre échantillon, ne sont donc qu'indicatives, d'autant plus que les firmes documentées peuvent varier. Elles semblent, sous ces réserves, suggérer l'hypothèse d'une tendance à l'effritement de l'effort de R&D, d'environ 4,2% à 3,8%.

Figure 17 : moyenne arithmétique de l'intensité de R&D des firmes leaders de la construction électrique mondiale (Source : auteurs, d'après Worldscope.)



2.2.3.4:-Les nouvelles relations entre opérateurs et fournisseurs : vers un abandon des partenariats technologiques : de la co-conception client/fournisseur à la polarisation des réseaux technologiques autour des seuls fournisseurs, au clés en main, et au prêt à fonctionner

Figure 18 : De la co-conception à la polarisation des réseaux technologiques autour des fournisseurs



Source : auteurs

La domination actuelle des "trois majors " de la construction électrique mondiale est liée à une famille de techniques de production de l'électricité encore très largement fondée sur le recours à des techniques utilisées depuis un siècle pour les turbines à vapeur (et depuis les années 1960 si on prend en compte le nucléaire), depuis les années 1950 pour les turbines à gaz simple, depuis 1987 pour les turbines à gaz à cycle combiné. Or l'émergence probable, mais pas encore totalement confirmée à ce jour, des techniques de l'électricité répartie ou distribuée devrait permettre l'arrivée de nouveaux entrants qui n'auront plus les mêmes barrières à l'entrée à surmonter. Tom Bray, directeur de "Industrial Power" chez Allied Signal

Engines pointait cette possibilité en 1999, lors de la création avec MTU (filiale de Daimler Chrysler Aerospace) d'une nouvelle JV (Verricor Power Systems) dédiée à la production de petite centrale à turbine à gaz avec cycle combiné et ou cogénération : "*My belief is that one day, it will be the big generators that will become the niche operators, while those of us who provide small plant will become dominant*".

En d'autres termes on assisterait à une mise en oeuvre éventuelle d'une *future "révolution technologique"*, ou à l'émergence d'un "*nouveau paradigme*", orientées par une tendance à la miniaturisation dans l'électricité répartie ou décentralisée, dont les termes peuvent être préférés ici à la notion de bifurcation technologique. Cette nouvelle trajectoire amorcée avec les développements récents des TAG, peut être à l'origine d'une redistribution des cartes chez les équipementiers de la production d'électricité. La preuve de cette transition en cours est l'intérêt de Siemens, GE, et Alstom, entreprises leaders dans les grandes tailles, pour les piles à combustible, les petites TAG, etc...

*

* *

3- Conclusion

En reprenant à présent les catégories conceptuelles définies dans le chapitre 1, l'examen de l'évolution des caractéristiques des stratégies technologiques des firmes dans les industries de l'énergie conduit aux conclusions suivantes.

3.1- Les stratégies technologiques des différentes catégories d'acteurs

Force est de constater que les différentes catégories d'acteurs nécessitent des analyses distinctes.

Les firmes fournisseurs d'équipement dans les deux sous-secteurs (firmes So et Se) présentent une évolution historique sensiblement conforme aux scénarios évolutionnistes d'internationalisation des activités technologiques. Cette internationalisation accompagne une croissance de la taille des firmes ainsi qu'une internationalisation de leurs marchés. L'effort technologique soutenu semble s'être toujours nourri de relations inter-industrielles verticales, de manière croissante pour les fournisseurs para-pétrolier, de manière décroissante pour les fournisseurs d'équipement électrique. Dans ce dernier cas, une ouverture plus horizontale ainsi que l'étoffement du réseau global intégré de R&D viennent compenser la défection des clients utilisateurs (firmes Ue). Ces firmes fournisseurs évoluent aujourd'hui de manière dominante dans un contexte de capitalisme d'alliance et une logique de création de ressources.

Les firmes utilisatrices d'équipement dans l'énergie (firmes Uo et Ue) présentent une toute autre évolution. Elles ont nettement réduit l'importance de leur effort de R&D en une quinzaine d'années, recentrant leurs activités d'innovation et reportant une part croissante de l'effort de R&D en direction de leurs fournisseurs d'équipement. La tendance est cependant beaucoup moins prononcée pour les firmes pétrolières (Uo) du fait du maintien d'une stratégie offensive dans l'acquisition de nouveaux titres miniers dans des zones difficiles, qui serait incompatible avec un abandon de l'effort. Ces dernières gardent une logique de création de ressources et tentent d'évoluer vers un mode d'organisation de type firme-réseau. Mais est-ce que le déclin net de l'effort technologique est compatible avec une organisation de type réseau ?

Concernant les firmes Ue, l'évolution dans son ensemble paraît à contre-courant des prédictions des analyses évolutionnistes concernant les stratégies technologiques des firmes multinationales. Loin de se rapprocher d'un capitalisme d'alliance fondé sur la firme-réseau, ces firmes reviennent à un capitalisme hiérarchique négligeant les relations inter-industrielles, voire, pour certaines d'entre elles (les traders et autres IPP), abandonnent la logique de création de ressources pour une logique d'allocation de ressources consistant à acquérir la technologie par le biais de leurs fournisseurs.

3.2- Les modes d'internationalisation des activités technologiques des firmes de l'énergie

Ces évolutions concernant les firmes utilisatrices d'équipement ont des répercussions sur leurs schémas d'internationalisation des activités technologiques.

En ce qui concerne les modalités intra-organisationnelles d'internationalisation des activités technologiques, les pratiques dominantes dans les firmes U de l'énergie semblent encore loin du modèle du « réseau intégré de R&D ». Par rapport à ce modèle, les pratiques des firmes U semblent : 1) dans le cas des firmes pétrolières ne s'en rapprocher que dans de rares exceptions historiques comme les pratiques de veille technologique de quelques très grands groupes (Shell Oil par exemple) ; 2) dans le cas des entreprises de production électrique évoluer vers un modèle opposé. L'élargissement de l'horizon national en terme de création de ressources est en fait bien souvent délégué aux fournisseurs d'équipement chargés d'effectuer une part croissante de la création technologique. D'autre part la vague de concentration et de fusions-acquisitions qui concerne ces industries perturbe sans cesse le portefeuille d'activités de R&D et oblige à mettre l'accent sur la chasse aux doublons beaucoup plus que sur l'enrichissement de la base technologique par le biais de la croissance externe. Ici, la valorisation des relations inter-industrielles et la territorialisation de la R&D internationalisée semblent absentes.

Concernant les modalités inter-organisationnelles d'internationalisation des activités technologiques des firmes, on peut douter que la tendance à la coopération se développe chez les opérateurs de l'électricité. Les coopérations technologiques internationales horizontales restent peu nombreuses dans cette industrie à maturité. Hagedoorn et al. (op.cit.) rappellent d'ailleurs que les études menées sur le sujet montrent que les projets de coopération en R&D entre firmes sont de plus en plus l'apanage des industries à forte intensité de R&D (80% des cas aujourd'hui). Par ailleurs lorsque de telles coopérations ont lieu dans le secteur pétrolier, elles répondent souvent à de puissantes incitations financières des pouvoirs publics sous forme d'aides à des projets de coopération. Ou alors, elles mettent en relation des firmes des pays de la Triade avec des firmes de pays hors Triade, dans une logique privilégiant la baisse des coûts du développement technologique ou la satisfaction de critères politiques d'accès aux marchés. Sur le plan vertical, les relations entre utilisateurs et fournisseurs d'équipements ou de composants semblent plutôt s'être durcies, évoluant vers un report croissant des contraintes d'innovation des utilisateurs vers les fournisseurs. La « sous-traitance intelligente » et le partenariat, où l'utilisateur garde la maîtrise de l'architecture globale de son produit, sont souvent remplacés par des contrats de fourniture clés-en-mains, surtout dans l'électricité. Ainsi ce type d'externalisation de l'effort de R&D s'éloigne des impératifs du nouveau modèle de production de connaissances décrit par M.Gibbons et alii (1994) et des conditions permettant les apprentissages interactifs (Lundvall, 1992). De ce fait l'internationalisation indirecte des activités technologiques des firmes utilisatrices par l'intermédiaire de leurs fournisseurs a toutes les chances de rester virtuelle. Pour les firmes fournisseurs en revanche, la recherche de relations partenariales internationales devient un moyen de compenser la perte relative de potentiel d'apprentissages dans les relations avec les clients opérateurs.

L'ensemble des conclusions de ce chapitre 2, combinées avec celles du chapitre 1, sont synthétisées dans les deux tableaux suivants.

Tableau 23 : Schématisation des stratégies technologiques par catégorie d'acteurs et par période

	Décennies 1970-1980	Décennies 1980-1990
U	<p>U_o: firmes managériales intégrées (R&D interne) + sous-traitance par petits lots de biens et de services</p> <p>Création de ressources technologiques</p>	<p>U_o : firmes-réseaux : externalisent une partie de la R&D, partenariats technologiques avec fournisseurs, fonction d'architecte</p> <p>Création de ressources technologiques</p>
	<p>U_e : proches de la firme-réseau : monopoles locaux ou nationaux intégrés + partenariats avec fournisseurs nationaux</p> <p>Création de ressources technologiques</p>	<p>U_e: abandon de toute R&D, acquisition d'équipement clés-en-main</p> <p>Allocation de ressources technologiques</p>
F	<p>S_o : fournisseurs sous-traitants, petite taille, R&D dominée, d'ampleur modeste</p> <p>Création de ressources technologiques</p>	<p>S_e : place croissante, voire dominante, dans la création technologique, recherche de partenariats avec les Uo_{il}</p> <p>Création de ressources technologiques</p>
	<p>S_e : fournisseurs nationaux des monopoles nationaux (exception : US marchés internationaux), R&D partenariale</p> <p>Création de ressources technologiques</p>	<p>S_e: créateur unique de la technologie, avec les pouvoirs publics</p> <p>fournisseurs clés-en-main, et parfois avec garantie financière des résultats</p> <p>Création de ressources technologiques</p>

Tableau 24 : Schématisation de la localisation/internationalisation des activités technologiques par catégorie d'acteurs et par période

	Décennies 1970-1980	Décennies 1980-1990
U	Uo : firmes multinationales, mais avec leur R&D en général centralisée dans le pays de leur maison-mère	Uo : firmes multinationales, -pour les non-US augmentation de l'internationalisation de leur R&D vers les US -pour les US : maintien de leur localisation nationale (US dominant dans les technologies pétrolières), sauf prescription de certains pays producteurs
	Ue : firmes nationales, R&D uniquement nationale avec partenariat de fait avec Felec	Ue : début de pluri-activité et d'internationalisation -abandon des activités de R&D, donc pas d'internationalisation directe de ces activités -internationalisation indirecte passive par l'intermédiaire des Felec
F	So : R&D dans le pays d'origine, avec exception Schlumberger (très internationalisé y compris en R&D)	So : recherche de partenariats technologiques avec les Uoil -pour les US renforcement des sites de recherche aux US -pour les nonUS internationalisation croissante avec implantation aux US (Houston, Texas)
	Se : R&D nationale en liaison avec les monopoles nationaux (exception US, R&D en liaison avec des clients étrangers, mais localisation principalement nationale)	Se : entreprises devenues mondiales avec internationalisation de la R&D (sauf GE) partenariats technologiques plurinationaux avec soutien des crédits publics

L'analyse empirique permet de vérifier dans quelle mesure la schématisation proposée ci-dessus correspond à la réalité.

*

* *

Chapitre 3

La méthodologie mise en œuvre

Les investigations empiriques de notre étude s'appuient d'une part sur une analyse quantitative, d'autre part sur une analyse qualitative.

1- L'analyse quantitative

Elle est menée à partir d'un échantillon de firmes de deux industries de l'énergie, sur une période définie. Nous mettons en pratique à l'occasion de cette étude une méthode de recension des dépôts de brevets inédite, indispensable au vu des restructurations touchant les industries de l'énergie : la prise en compte de la variation du périmètre des firmes au cours du temps. Enfin nous choisissons de privilégier des indicateurs liés aux brevets de manière à garantir une fiabilité des données et une exploitation quantitative dans les délais et à un coût raisonnable, sans exclure d'autres indicateurs complémentaires.

1.1- Définition de l'échantillon de firmes et de la période d'observation

La période d'observation retenue va de 1985 à 1998 inclus. Elle se justifie sur les plans pratique et problématique. Sur le plan pratique, cette quinzaine d'années constitue la période de données fiables et complètes concernant les dépôts de brevets. En effet, pour les brevets déposés à l'Office Européen des Brevets (OEB), les bases de données ne sont fiables qu'à partir du milieu des années 80. Et, compte tenu des délais, variables d'un organisme à l'autre mais rarement inférieurs à 2 ans, entre date de demande de dépôt et date de publication, la prise en compte des années postérieures à 1998 ne donnerait pas de résultats significatifs³⁵. Sur le plan problématique, cette période correspond justement à celle où les travaux des économistes constatent une accélération de l'internationalisation des activités technologiques des firmes dans les industries à intensité en R&D moyenne ou faible.

L'échantillon de firmes a été défini à partir d'une sélection parmi les firmes des deux sous-secteurs que sont le pétrole et l'électricité. Cet échantillon est composé de 4 séries : les firmes *uo*, c'est-à-dire les opérateurs du pétrole utilisateurs d'équipement d'exploration-forage ; les firmes *so*, c'est-à-dire les fournisseurs d'équipement d'exploration-forage dans le pétrole ; les

³⁵ Le choix de l'année 1998 comme année ultime de la période s'est d'ailleurs révélé comme étant lui-même précoce dans les statistiques de brevets obtenus.

firmes *ue*, c'est-à-dire les opérateurs de l'électricité utilisateurs d'équipement de production d'électricité ; et les firmes *se*, c'est-à-dire les fournisseurs d'équipement de production d'électricité.

Le principal critère de sélection est celui du chiffre d'affaire. L'échantillon est donc composé des « majors » dans chacune des 4 séries. Toutefois certaines firmes ayant un chiffre d'affaire élevé n'ont pas été retenues car elles ne sont pas significatives en matière de R&D et de dépôts de brevets : c'est le cas de certains opérateurs du pétrole dans des pays du Tiers Monde.

Puisque nous prenons en considération la variation de la composition et du périmètre des firmes, il va de soi que notre échantillon ne peut rester stable sur l'ensemble de la période (par exemple deux firmes peuvent fusionner, ou au contraire une firme peut se scinder en plusieurs firmes). Pour procéder de manière cohérente, nous avons opté pour la démarche suivante : nous avons d'abord défini notre échantillon en 1998, ce qui nous amène à 55 firmes ; puis nous avons remonté dans le temps, introduisant des firmes supplémentaires lorsque nous arrivions avant une fusion acquisition, supprimant des firmes lorsque nous arrivions à une période où ces dernières n'étaient pas encore des entités indépendantes. Comme, dans l'ensemble, il s'est produit sur la période dans les industries de l'énergie plus de fusions-acquisitions que de scissions-impartitions, le nombre de firmes de l'échantillon a tendance à augmenter lorsqu'on remonte le temps. Nous arrivons donc aux 4 séries présentées en annexe 1.

1.2- La prise en compte des variations du périmètre des firmes

1.2.1- L'intérêt scientifique de ce choix

La recension des dépôts de brevets des firmes exige l'utilisation de bases de données mises au point à partir d'institutions publiques de délivrance, telles que l'OEB ou l'USPTO (United States Patents and Trademarks Office). Cela présente l'intérêt d'un accès systématique à l'information, ne dépendant pas de l'accord des firmes (pour une analyse approfondie de ce point, voir ci-après). Cela comporte cependant l'inconvénient de ne pas pouvoir directement affecter les brevets déposés aux firmes qui les contrôlent. En effet, les brevets recensés sont signalés en référence à deux acteurs : le *déposant* qui est la personne (morale ou physique) qui fait la demande de dépôt de brevet, et l'*inventeur* qui est la personne à qui est attribuée la paternité de l'invention. Or le déposant peut être la maison-mère d'une firme, mais aussi n'importe quelle filiale de cette firme. Pour connaître le nombre de dépôts de brevets d'un groupe, il convient donc de recenser tous les dépôts effectués par des filiales lui appartenant, et de les ajouter à ceux déposés par la maison-mère.

Par conséquent, l'exercice exige de connaître toutes les filiales contrôlées à un moment donné par chaque firme étudiée. Ce travail, fastidieux lorsque l'échantillon est nombreux et lorsque les firmes retenues sont de grandes multinationales (donc dotées de multiples filiales), est néanmoins possible à l'aide de dictionnaires internationaux de la composition des firmes multinationales comme celui de Dun & Bradstreet, « Who owns whom ». Dans le cas

d'études statiques portant sur une seule année, la faisabilité est grande, à la condition d'accéder à l'édition correspondante du dictionnaire Dun & Bradstreet. La difficulté survient lorsqu'on cherche à établir des données sur les dépôts de brevets en séries chronologiques, sur plusieurs années. Car, pour la rigueur de l'analyse, il conviendrait d'effectuer le travail de recension des filiales des firmes pour chaque année avant d'interroger les bases de données sur les dépôts de brevets. Le temps nécessaire est alors considérable. De plus, l'accès aux dictionnaires Dun & Bradstreet est de plus en plus difficile lorsque l'on remonte le temps : l'éditeur ne vend pas les éditions antérieures à celle de l'année en cours, et très peu de centres de documentation disposent de séries suivies d'éditions ou acceptent de les rendre accessibles aux chercheurs extérieurs.

Face à ces contraintes, les économistes recensant les dépôts de brevets d'un ensemble de firmes sur plusieurs années, notamment pour en étudier l'internationalisation (Patel et Pavitt, 1991, 1998 ; Cantwell et Jane, 1999 ; Patel et Vega, 1999) ont jusque là opté pour la démarche suivante. Ils choisissent une année de référence dans leur période d'observation. Ils effectuent ensuite le travail de recension des filiales des firmes de leur échantillon pour cette année-là. Ils obtiennent ainsi un périmètre de référence pour chaque firme. Puis ils conservent ce périmètre pour les interrogations des bases de données sur les dépôts de brevets, pour les autres années de leur période. C'est la méthode à *périmètre constant*.

Cette méthode fournit donc une approximation des dépôts de brevets contrôlés par les firmes d'un échantillon sur plusieurs années. Elle se justifie, en termes de rigueur scientifique, à *condition* que la propension des firmes à changer de périmètre sur la période soit faible. Ou encore, à *condition* que l'on puisse affirmer avec certitude que les firmes de l'échantillon pratiquent une gestion des outputs technologiques consistant à faire déposer les brevets principalement par la société-mère, même si les innovations proviennent de filiales³⁶. Dans ce cas en effet l'impact des variations de périmètre se traduit directement dans le nombre de dépôts de brevets de la société-mère.

Dans l'étude que nous menons, rien ne nous permet d'assurer que l'une ou l'autre de ces conditions soit remplie. D'une part, les restructurations multiples et croissantes qui touchent les firmes des industries de l'énergie depuis une quinzaine d'années (voir chapitre 2) affectent de façon continue et substantielle le périmètre de nombreuses firmes de notre échantillon (notamment chez les fournisseurs d'équipement). D'autre part nous n'avons pas d'éléments suffisamment complets pour faire l'hypothèse que les firmes en question auraient *toutes* tendance à privilégier le dépôts des brevets par la société-mère. En fait un rapide aperçu des données qui nous ont été fournies sur les dépôts de brevets montre une très forte variabilité du rôle des filiales dans ce domaine d'une firme à l'autre. Par conséquent, la méthode à périmètre

³⁶ Les raisons stratégiques qui poussent certaines firmes à cette pratique de drainage des dépôts de brevets vers la société-mère sont notamment les suivantes : 1) favoriser la circulation des innovations dans la firme grâce à un échange équitable : la société-mère finance les dépenses de R&D des filiales et dépose les brevets, et en contrepartie ces dernières s'acquittent des droits nécessaires à l'utilisation des innovations brevetées auprès de la société-mère qui peut veiller à une certaine équité entre les filiales et éviter des situations de rente (de la part des filiales à l'origine des innovations) ; 2) éviter les stratégies dites de « red carpet » par les filiales, consistant à invoquer le prétexte de la lourdeur des dépenses de R&D pour justifier de faibles performances économiques et financières ; 3) s'assurer la propriété durable des droits liés aux brevets déposés en cas de cession de filiales.

constant présente un risque important, dans notre étude, de donner une mauvaise approximation de l'évolution des dépôts de brevets des firmes, et a fortiori de l'internationalisation de ces dépôts de brevets.

Ces faits nous ont conduits à nous engager dans la voie d'une approche inédite prenant en compte les changements de composition des firmes à travers le temps : c'est la méthode à *périmètre variable*. Elle permet de connaître à divers moments le nombre réel de brevets contrôlés par les firmes. Elle impose toutefois un travail considérable, et une méthodologie stricte, que nous présentons maintenant. Auparavant il est important de préciser que nous *avons pris soin de vérifier, a posteriori, la pertinence de notre choix*. En effet, pour la recension des dépôts de brevets comme pour l'évaluation de l'internationalisation de ces dépôts de brevets, nous avons comparé les résultats obtenus selon la méthode à périmètre variable avec des résultats selon la méthode à périmètre constant. Pour cette dernière, nous avons choisi l'année de référence 1992, car elle est quasiment l'année médiane de notre période d'observation. Cela permet de ne pas donner un poids démesuré à la tendance à la concentration dans les industries de l'énergie (ce qui aurait été le cas si l'année de référence avait été en fin de période) ni de la sous-estimer non plus (ce qui aurait été le cas si l'année de référence avait été en début de période).

1.2.2- Mise en œuvre pratique de la méthode à périmètre variable

Idéalement, la méthode à périmètre variable suppose de reconstituer le périmètre réel des firmes chaque année de la période d'observation. Nous n'avons pas pu emprunter cette direction pour deux raisons : d'une part, malgré nos investigations, nous n'avons pas pu accéder en France aux éditions complètes des dictionnaires Dun & Bradstreet sur 14 années (et en particulier sur les plus anciennes) ; d'autre part, notre budget limite les possibilités d'interrogations répétées des bases de données sur les dépôts de brevets (interrogations fournies par des sociétés de gestion de bases de données aux prestations coûteuses). Nous avons donc décidé de sélectionner *5 années de référence* pour effectuer des interrogations : 1986, 1989, 1992, 1995, 1998. Pour chacune de ces 5 années, nous avons naturellement reconstitué le périmètre des firmes de notre échantillon, de sorte que nous sommes bien dans le cas de la méthode à périmètre variable.

Par ailleurs, pour éviter des biais numériques liés à la variabilité d'une année à l'autre des demandes de dépôts de brevets d'une firme (car la demande intervient souvent en moyenne après plusieurs années de recherche et l'écart-type peut être de quelques mois), nous retenons pour chaque année de référence non pas le nombre de brevets déposés cette année-là, mais la somme des nombres de dépôts de brevets de l'année en cours, de l'année précédente, et de l'année suivante (sauf pour 1998 qui équivaut à la somme des nombres pour 1997 et 1998)³⁷. Cela présente également l'avantage de travailler avec des nombres plus importants, et donc d'obtenir des chiffres significatifs sur le plan statistique pour les firmes qui déposent très peu de brevets.

³⁷ Les chiffres sont donc minorés pour la dernière année de référence.

Pour les dépôts de brevets des années précédant et suivant chaque année de référence, nous travaillons là avec le périmètre constant de l'année de référence. Le choix de l'année médiane comme année de référence dans chaque cas (sauf 1998) permet de compenser les probabilités de sur-estimation et de sous-estimation des nombres de dépôts de brevets³⁸. Nous adoptons de plus la *convention* suivante : toute modification de périmètre intervenant durant l'une des années de référence est prise en compte pour cette année de référence (même si elle intervient le 31 décembre).

La reconstitution des 5 séries de firmes (correspondant aux 5 années de référence) avec leur arborescence de filiales s'est appuyée sur deux fonds documentaires. D'une part, nous avons élaboré une base de données recensant toutes les informations trouvées sur les restructurations touchant les firmes de notre échantillon, depuis le milieu des années 80. Cette base fournit diverses informations : date, organisation acquéreur, organisation vendeur, nature de l'opération, montant des transactions, etc.. Elle a été constituée à partir de plusieurs sources : Financial Times, revues spécialisées dans les industries de l'énergie pour l'essentiel.

D'autre part, nous avons utilisé plusieurs éditions du dictionnaire « Who owns whom » de Dun & Bradstreet. On y retrouve la liste quasi-complète des filiales contrôlées par les firmes de notre échantillon. Dans la mesure où Dun & Bradstreet distingue les filiales contrôlées à 50% au moins du capital des autres, nous avons adopté la *convention* suivante : nous n'incorporons dans le périmètre des firmes que les filiales contrôlées à 50% et plus du capital. Cela permet de considérer que les firmes contrôlent effectivement les brevets déposés par leurs filiales. Nous n'avons cependant pas eu accès aux 5 éditions nécessaires du dictionnaire Dun & Bradstreet. Notamment, les années de référence 1986 et 1989 sont restées introuvables. Pour ces deux années-là, nous nous appuyons sur notre base de données, en partant des arborescences constituées en 1992, et en les modifiant compte tenu des acquisitions/cessions de filiales majeures survenues avant cette date.

Il aurait été fastidieux (et fort coûteux) de conduire des interrogations sur les dépôts de brevets pour toutes les filiales (à 50% et plus) de chaque firme. En effet certaines grandes multinationales contrôlent plus d'une centaine de filiales. De plus cela ne serait pas utile. Car parmi toutes les filiales, beaucoup ne réalisent pas de R&D et ne déposent jamais (sauf exception) de brevets. Une sélection s'impose donc, de manière à aboutir à des arborescences réduites aux filiales significatives en matière de dépôt de brevets. Nous l'avons effectuée de la

³⁸ Considérons l'année de référence N. Le choix d'un périmètre constant basé sur celui reconstitué en N, pour les années N-1 et N+1 entraîne les effets suivants :

- sur-estimation des dépôts de brevets de la firme X en N-1 si X a acquis ou absorbé une filiale nouvelle en N ;
- sous-estimation des dépôts de brevets de la firme X en N+1 si X a acquis ou absorbé une filiale nouvelle en N+1 ;
- sur-estimation des dépôts de brevets de la firme X en N+1 si la firme X a cédé une filiale en N+1 ;
- sous-estimation des dépôts de brevets de la firme X en N-1 si X a cédé une filiale en N ;

Par conséquent la probabilité d'une compensation sur le grand nombre est élevée.

manière suivante. Nous sommes partis d'une base de firmes et de leurs filiales significatives en matière de dépôt de brevets fournie par l'Observatoire des Sciences et des Techniques (l'une des deux institutions à qui nous avons commandé l'interrogation sur les dépôts de brevets). Cette base OST comprend plus de 4000 déposants de brevets identifiés soit comme des firmes indépendantes, soit comme des filiales de firmes auxquelles elles sont explicitement rattachées. Ces déposants ont été sélectionnés sur la base du critère suivant : ils ont déposé auprès de l'OEB plus de 5 brevets au total sur la période 1994-1995-1996. Cette liste présente l'avantage de comporter l'essentiel des firmes de notre échantillon. Nous avons donc une représentation des arborescences de nos firmes (réduite aux filiales qui nous intéressent) pour l'année 1995, en ce qui concerne les dépôts auprès de l'OEB. Il convenait donc de compléter ces arborescences de base par d'éventuelles filiales qui, sans déposer suffisamment de brevets auprès de l'OEB, en déposent en quantité significative auprès de l'USPTO.

Ce complément a été apporté en utilisant des données de l'USPTO. Il s'agit de la liste des déposants de brevets auprès de l'USPTO (sur longue période avec les nombres de dépôts pour chaque année) dans les 3 domaines technologiques suivants : mécanique, chimie, électricité. Nous avons sélectionné dans cette liste les déposants ayant à leur actif au moins 150 dépôts sur une période allant de 1977 à 1998. Nous avons obtenu plus de 800 déposants. Pour chacun d'eux, nous avons vérifié s'il s'agissait d'une firme indépendante, si elle faisait partie de l'échantillon, et, s'il s'agissait d'une filiale, nous avons recherché sa société-mère (à l'aide des dictionnaires Dun & Bradstreet). Ainsi, nous avons abouti à une représentation crédible de l'arborescence des firmes réduite aux filiales significatives en matière de dépôt de brevets pour l'année 1995. A l'aide des dictionnaires Dun & Bradstreet des autres années ainsi que de notre propre base de données, nous avons pu faire évoluer ces arborescences pour les 4 autres années de référence en tenant compte des restructurations survenues.

Nous obtenons ainsi au terme de ce travail considérable 5 séries distinctes de firmes qui permettent de mettre en pratique la méthode de recension des dépôts de brevets et d'analyse de leur internationalisation pour chaque firme à *périmètre variable*.

1.3- Le traitement des indicateurs liés aux brevets

1.3.1- Le choix de privilégier des indicateurs liés aux brevets

Tant pour l'évaluation de l'effort d'innovation des firmes que pour l'appréciation de l'internationalisation de cet effort, on peut distinguer deux catégories principales d'indicateurs quantitatifs. D'un côté, il est possible de partir des *inputs* consacrés aux activités technologiques :

pour l'effort d'innovation : dépenses de R&D des firmes, effectifs de chercheurs et d'ingénieurs de bureau d'études, nombre de laboratoires, parts relatives des dépenses de recherche fondamentale, de recherche appliquée, de développement industriel, dépenses de sous-traitance de travaux de R&D, coopérations technologiques avec des tiers

pour l'internationalisation des activités technologiques : part des dépenses et des effectifs de R&D mobilisés à l'extérieur de la base nationale des firmes, nombre de laboratoires de R&D implantés à l'étranger, nombre et part des coopérations technologiques avec des partenaires situés à l'étranger.

D'un autre côté, on peut se référer aux *outputs* des activités technologiques : pour l'effort d'innovation, il s'agit essentiellement des dépôts de brevets et, pour l'internationalisation, il s'agit de la part des brevets déposés dont l'inventeur est situé hors de la base nationale des firmes. On suppose alors un lien direct entre dépôt de brevet et effort d'innovation.

Les indicateurs partant des inputs présentent l'avantage d'une grande diversité et permettent des analyses circonstanciées. Ils dispensent de plus de faire des hypothèses sur le lien entre effort d'innovation et dépôt de brevets. Mais leur utilisation en pratique présente des difficultés liées à l'accès aux données chiffrées. En effet, il n'existe pas de recension systématique des données correspondant à ces indicateurs, qui pourrait alimenter des bases de données pour un grand nombre de firmes³⁹. Certaines bases de données générales sur les grandes firmes mondiales (de type *Worldscope Database*) ont bien une rubrique consacrée aux dépenses de R&D, mais très souvent les données correspondantes sont absentes. En fait, ce type de données est considéré comme stratégique par les firmes, et sauf obligation légale (aux Etats-Unis pour certaines catégories de firmes), elles ne les communiquent pas systématiquement. La seule démarche permettant d'accéder à ces données consiste à contacter personnellement chaque firme, convaincre ses dirigeants de l'intérêt de l'étude, gagner leur confiance et leur autorisation d'utiliser les informations. Cette démarche n'est pas hors de portée des économistes, mais elle est d'autant plus faisable que : 1) l'échantillon de firmes de l'étude est petit ; 2) les firmes (ou les interlocuteurs pertinents de ces firmes) ne sont pas trop dispersées dans le monde ; 3) le temps dont ils disposent pour réaliser l'étude est important (car l'expérience montre que plusieurs entretiens sont nécessaires avec les responsables de chaque firme, qui demandent en plus généralement de vérifier l'utilisation qui est faite des informations fournies)⁴⁰.

Les indicateurs partant des outputs quant à eux, essentiellement ceux liés aux brevets, ne posent pas ces problèmes d'accès à l'information. Le dépôt d'un brevet engendre une information publique accessible auprès de l'institution d'enregistrement. Les informations sur les brevets sont donc accessibles, fiables, standardisées⁴¹. Pour les utiliser il est recommandé de recourir à des sociétés spécialisées dans la gestion et le traitement de ces données publiques qui effectuent des recensions continues selon divers critères et constituent des bases

³⁹ Aux Etats-Unis la National Science Foundation procède à une enquête annuelle publiée depuis quelques années, sur le budget de R&D des 500 plus grandes entreprises. Malheureusement l'indication fournie reste globale, ce qui est source d'indétermination dans le cas des grandes firmes diversifiées.

⁴⁰ On trouve la satisfaction de l'une au moins, et bien souvent de plusieurs de ces conditions dans la plupart des travaux économiques ayant adopté cette démarche (entre autres Gassmann et Von Zedwitz, 1999 ; Kuemmerle, 1999).

⁴¹ A condition de bien comprendre leurs spécifications changeantes selon les diverses institutions produisant ces données.

de données structurées. La faisabilité d'une étude empirique selon les indicateurs liés aux brevets dépend donc pour l'essentiel du budget nécessaire à l'acquisition des informations.

Toutefois, cette catégorie d'indicateurs n'évalue qu'*indirectement* l'effort technologique et son internationalisation. On l'a dit, ils supposent un lien naturel et homogène entre effort technologique (notamment de R&D) et dépôt de brevet. Or plusieurs limites doivent être rappelées (Commission Européenne, 1997). D'abord, tout effort technologique ne débouche pas nécessairement sur le dépôt d'un ou de plusieurs brevets. Pour des raisons stratégiques (préférence pour la confidentialité) ou légales (certaines innovations, dans les services notamment, ne peuvent donner lieu à dépôt de brevet) de nombreuses firmes innovent sans déposer de brevet. La propension à breveter varie donc d'une firme à l'autre au sein d'un même secteur et au sein d'un même pays. Ensuite, il faut tenir compte des différences de propension à breveter dues aux différences sectorielles et aux différences de pays. Cette limite touche les études comparant des secteurs très différents sur une base multinationale. Enfin, se pose le problème de la « valeur » technologique de chaque brevet : le décompte des dépôts de brevets suppose cette valeur unique, alors que coexistent des brevets « historiques » en terme de rupture technologique, et toute une série de brevets couvrant simplement des applications d'une technologie existante. En conclusion le problème de l'utilisation des indicateurs de dépôts de brevets par les économistes naît de l'écart entre propension à breveter et propension à innover.

Malgré ces limites, les indicateurs liés aux brevets peuvent être considérés, sous certaines conditions d'homogénéité et de durée minimale, comme un « proxy » satisfaisant des efforts technologiques. Des études se sont attachées à examiner la corrélation entre dépenses de R&D d'une série d'organisations et dépôts de brevets effectués. Les résultats montrent une forte corrélation⁴². Par exemple, P.Patel (1996) a comparé la distribution géographique des dépenses de R&D de firmes américaines et l'origine géographique (localisation de l'inventeur) des brevets qu'elles déposent : la corrélation présente un indice de 0,97. Par ailleurs, le biais des différences de propension à breveter selon les pays (qui dépend pour l'essentiel des caractéristiques du système de protection des inventions dans chaque pays) peut être quasiment éliminé si on utilise les données des dépôts de brevets auprès des grandes institutions d'enregistrement de la Triade : USPTO, OEB et JPO (Japan Patent Office), dont la fiabilité en terme de protection est élevée et qui attirent presque systématiquement les demandes de dépôt de brevets (un brevet obtenu auprès de l'USPTO est quasiment indispensable pour affronter la concurrence mondiale).

Concernant notre recherche, il est clair que nous ne satisfaisons aucune des 3 conditions sus-mentionnées permettant de privilégier une approche par les indicateurs d'inputs. Nous ne délaissions pas les informations disponibles de cette catégorie, mais elles ont un statut complémentaire et non systématique. En revanche nous avons toutes les raisons de travailler à partir des données sur les brevets. Notre budget nous a permis d'obtenir des données sur les dépôts auprès de l'USPTO et de l'OEB, grâce à deux contrats de fourniture de données

⁴² Cependant la récente controverse entre Margolis and Kammen (1999) d'un côté et Sagar (2000) de l'autre montre que la vigilance et la rigueur restent nécessaires dans les affirmations de causalité ou corrélation générale.

conclus avec respectivement Derwent (aux Etats-Unis) et l'Observatoire des Sciences et des Techniques (à Paris). De plus nous limitons le biais des différences sectorielles de propension à déposer des brevets en retenant deux domaines d'une même industrie.

1.3.2- Le traitement des données liées aux brevets des firmes et organisations⁴³

Quelques précisions techniques sont nécessaires. Les données qui nous sont fournies par Derwent et par l'OST concernent les nombres de brevets recensés par *année de publication*. Pour l'OEB, la publication intervient 18 mois après la date de demande de brevet. Pour l'USPTO, elle intervient en même temps que l'octroi du brevet, ce qui la sépare de la date de demande de brevet d'une durée allant de 18 mois à 4 ans. Malgré les problèmes de comparaison entre les données émanant des deux offices du fait de cette différence de délais (les inventions correspondant aux brevets octroyés par l'USPTO sont plus anciennes que celles correspondant aux brevets octroyés par l'OEB à la même date) l'avantage du critère de la date de publication est qu'il permet d'éliminer les demandes de brevet « non crédibles », c'est-à-dire non maintenues dans le délai de 18 mois⁴⁴.

Une seconde différence, plus importante, doit être mentionnée. Notre prestataire de données français (l'OST) a choisi de nous fournir des données de dépôts de brevets comptées avec la méthode fractionnaire. C'est-à-dire qu'un brevet accordé à une organisation est compté pour 1 dans le score de cette organisation. Si le brevet est accordé à deux organisations, chacune d'elle aura un score de 0,5, etc. Notre prestataire américain quant à lui recourt aux seules pratiques américaines en vigueur, c'est-à-dire un comptage en nombres entiers. Ceci signifie que lorsqu'un brevet est accordé à deux organisations, le score de chacune est 1 et le score total 2. En conséquence, les dépôts de brevets à l'USPTO sont sur-estimés quand on les compare aux dépôts de brevets à l'OEB, et cela, d'autant plus que les co-dépôts de brevets sont nombreux.

Nous avons sélectionné un ensemble de classes de brevets correspondant aux domaines d'activité du pétrole et de l'électricité ainsi que de leurs amonts respectifs. Pour les dépôts auprès de l'OEB comme de l'USPTO, il s'agit des deux groupes de classes présentés en annexe 4. La nomenclature utilisée est celle de la Classification Internationale des Brevets (CIB) ou International Patent Classes (IPC) en anglais.

⁴³ Nous ne retenons pas les dépôts de brevets émanant d'individus. Nous savons que la proportion d'individus bénéficiaires de brevets reste dans les classes technologiques des industries énergétiques minoritaire aux Etats-Unis (de l'ordre de 20% en 1980) et que cette proportion a diminué (12% en 1998).

⁴⁴ En effet certaines firmes développent des stratégies « d'inondation » de demandes de brevets, pour impressionner leurs concurrents, pour diluer les inventions capitales parmi des inventions sans intérêt afin de brouiller la veille technologique des tiers, etc. Dans un deuxième temps elles abandonnent la procédure pour ces « fausses » demandes.

Pour analyser l'effort d'innovation des firmes de notre échantillon, nous partons d'une première série de données : les dépôts de brevets contrôlés par chaque firme de l'échantillon dans le groupe de classes technologiques lui correspondant (classes technologiques du pétrole identiques pour les uo et so ; classes technologiques de l'électricité identiques pour les ue et se), pour chaque année de référence, avec le périmètre effectif de la firme chacune de ces années (méthode à périmètre variable).

L'analyse des dynamiques comparées d'effort d'innovation est effectuée en distinguant diverses sous-catégories de firmes (les firmes u et les firmes s ; les firmes o et les firmes e ; les firmes de nationalités différentes, etc.)

Cette analyse est enrichie grâce à une comparaison de cette première série de données avec deux autres séries. D'abord les dépôts de brevets contrôlés par chaque firme de l'échantillon pour chaque année de référence, à périmètre variable, mais toutes classes de brevets confondues : cela permet d'apprécier, notamment pour les grandes firmes multinationales diversifiées, la place des activités de l'énergie dans l'effort d'innovation et dans son évolution. Ensuite les dépôts de brevets totaux effectués par l'ensemble des déposants dans le monde et toutes classes de brevets confondues : cela permet de comparer la dynamique d'effort d'innovation des firmes de notre échantillon avec la dynamique générale d'effort d'innovation dans l'économie.

Enfin la première série de données est également comparée avec une série équivalente (chaque firme de l'échantillon, dans le groupe de classes technologiques lui correspondant, pour chaque année de référence) mais à périmètre constant (année de référence 1992), pour vérifier la pertinence de la méthode à périmètre variable.

Pour analyser l'internationalisation de l'effort d'innovation des firmes de notre échantillon, nous utilisons la série de données suivante : il s'agit d'une ventilation des dépôts de brevets contrôlés par chaque firme de l'échantillon (dans le groupe de classes lui correspondant et pour chaque année de référence à périmètre variable) selon les pays des inventeurs des brevets. L'inventeur d'un brevet est identifié par son adresse personnelle. La probabilité qu'une personne ayant inventé une technologie dont le brevet est déposé par une firme soit salariée de cette firme est forte. De même la probabilité que cet inventeur réside dans le pays où la firme possède une filiale et qu'il ait conduit les recherches au sein de cette filiale est elle aussi forte. Ainsi peut-on considérer que *la ventilation géographique des inventeurs à l'origine de brevets contrôlés par une firme représente de manière satisfaisante la ventilation géographique de l'effort technologique de cette firme.*

Il est donc possible à l'aide de cette série d'apprécier la part de l'effort technologique effectuée à l'étranger pour les firmes de l'échantillon. Là encore, des comparaisons

dynamiques sont faites selon diverses sous-catégories de l'échantillon (firmes u et s, firmes o et e, firmes de nationalités différentes, etc.)⁴⁵.

Enfin là aussi une série de données ventilées de la même manière mais à périmètre constant (référence 1992) est utilisée pour évaluer l'ampleur des différences avec celle à périmètre variable et apprécier la pertinence de notre choix méthodologique.

Pour l'ensemble de ces données sur les brevets, nous disposons d'une part des données sur les brevets déposés auprès de l'USPTO, d'autre part des données sur les brevets déposés auprès de l'OEB.

1.3.3- Les méthodes de constitution des données sur brevets utilisées par les deux sous-traitants OST et Derwent

1.3.3.1- La méthode utilisée par l'OST

(Mme Françoise Laville)

A- Les travaux de l'OST sur le brevet européen

Au fichier des demandes européennes (EPAT) ont été ajoutées les données fournies par l'Office européen des brevets (OEB) concernant les demandes EURO-PCT publiées entre 1985 et 1998 qui ne sont pas encore publiées dans la base EPAT. Coexistent donc dans la base OST (EPAT+) des demandes européennes et des demandes EURO-PCT.

Dès qu'une demande PCT entre en phase européenne, elle se transforme en « demande européenne » (ce qui peut durer jusqu'à 31 mois après le dépôt initial de la demande PCT). Or toute demande PCT est publiée 18 mois après son premier dépôt. Pour éviter des doubles comptes de brevets, l'OST a choisi d'éliminer de sa base les demandes PCT une fois qu'elles sont entrées en phase européenne.

Cette technique implique que le nombre de brevets dans la base OST varie beaucoup les dernières années.

Des travaux d'homogénéisation des deux bases fournies (EPAT et les EURO-PCT) ont été réalisés sur les codes postaux des inventeurs et des déposants, ainsi que sur les raisons sociales des déposants "personnes morales". L'OST a effectué la catégorisation des déposants entre personnes morales et personnes physiques.

⁴⁵ Pour les firmes ayant deux nationalités (à savoir : Shell, Gec-Alsthom, Schlumberger et ABB), nous considérons que toute invention provenant d'un inventeur situé dans l'un des deux pays d'origine n'est pas étrangère mais bien domestique.

Par ailleurs, un brevet est affecté au pays d'adresse de l'inventeur (en général personnelle). L'adresse de l'inventeur donne le pays de localisation du laboratoire où a été effectuée la recherche (ou position inventeur). De plus, chaque brevet possède une seconde "nationalité" : celle du déposant, c'est-à-dire celle de la firme titulaire du brevet (ou position de contrôle). "Nationalité inventeur" et "nationalité déposant" peuvent être confondues. Cette double information permet de construire des indicateurs bi-dimensionnels qui mettent en relation les pays en tant qu'inventeur des brevets et en tant que déposant.

Un brevet européen a une classification principale (notée CIB1 ou IC1 dans EPAT par exemple) et des classifications secondaires (CIB2 ou IC2). La classification principale correspondant à un et un seul code CIB, les classifications secondaires peuvent être plusieurs codes CIB. Les 2 types de classifications correspondent aux CIB du brevet. Dans cette étude nous avons pris l'ensemble des 2 classifications. Le type de compte utilisé est un comptage fractionnaire sur les différents codes de classement CIB utilisés, ainsi que sur les informations de nationalité des inventeurs et des déposants. Ainsi pour la présente étude tous les brevets de la base ayant au moins l'un des codes CIB spécifiés ont été retenus.

B- Les travaux sur les firmes multinationales

A partir des données sur le brevet européen (additionné des EURO-PCT) l'OST a construit une nouvelle base de données rassemblant les plus gros déposants (appelés par la suite "firmes multinationales").

Les firmes multinationales sont répertoriées dans le cadre du corpus "INSTITUTIONS" qui rassemble les informations concernant des institutions (entreprises, organismes publics, universités,...). Il a été établi par l'OST à partir de la base "EPAT+" (brevet européen et PCT) et des bases de données "WorldBase" et "Who own's Whom" de DUN & BRADSTREET sur les firmes mondiales.

Pour toutes les institutions importantes (ayant déposé au moins 5 brevets dans la période initiale 1995-1997), nous avons complété les données fournies dans la base des brevets européens par :

- adresse, n° téléphone ;
- secteur industriel ;
- chiffre d'affaires ;
- nombre d'employés ;
- groupe d'appartenance de l'institution recherchée et son adresse, code postal (donc mise en regard d'un code NUTS pour les groupes d'appartenance des firmes) ;
- nombre total de filiales du groupe.

Remarque : Selon les critères de la base de DUN & BRADSTREET, seules les filiales possédées à plus de 50 % sont dites appartenir à un groupe industriel. Celles qui sont possédées à moins de 50 % sont déclarées, comme "firmes individuelles" ou sans liaison.

••• le corpus "INSTITUTIONS" est constitué par un fichier de 46 500 institutions répertoriées avec des informations minimales (nom, numéro, adresse) dont 4 4 590 institutions (déposants importants) sont décrites avec des informations additionnelles (affiliation notamment).

Ces 4 590 institutions appartiennent à 2 942 groupes industriels différents ; 375 sont des firmes sans liaison avec des groupes multinationaux (dites firmes individuelles). Ce sont avant tout des institutions publiques dans différents pays..

••• liaison entre le corpus "INSTITUTIONS" et la base brevets (EPAT+)

A titre d'exemple, les 46 500 institutions ont déposé, dans la période, 1995-97 un total de 231 680 brevets soit 89% du total des brevets (les 11 % restant sont déposés par des personnes physiques). Les 4590 institutions "importantes" ont, quant à elles, déposé 154 510 soit 60 % du total des brevets.

Dans ce corpus et grâce à sa liaison avec l'ensemble des brevets de la base, toutes les données relatives aux firmes, aux classements technologiques, aux inventeurs sur des périodes de temps définies peuvent être extraites, notamment tout ce qui concerne les co-dépôts de brevets.

C- Les traitements effectués sur les firmes

Chaque brevet est rattaché à un pays d'invention, celui de l'adresse du ou des inventeurs. Chaque brevet peut également être rattaché au pays de contrôle - le pays du groupe industriel qui contrôle l'institution déposante du brevet. Ainsi, chaque pays est caractérisé par des indicateurs de position technologique "inventeur" dont une partie est contrôlée par des filiales étrangères dans le pays et également par des indicateurs de position technologique "de contrôle" dont une partie est inventée par des filiales à l'étranger.

Ainsi, pour chaque brevet, plusieurs informations sont disponibles :

- pays d'origine de la technologie ("pays inventeur")
- pays de la firme déposante
- pays du groupe multinational auquel appartient la firme ("pays de contrôle").

Les deux informations, pays d'origine de la technologie et pays de contrôle, ont été croisées pour construire différents indicateurs sur le brevet européen, mesurant notamment l'internationalisation de la technologie.

1.3.3.2- La méthode utilisée par Derwent

(Mme Irene Catania- Derwent information- Search Service Supervisor)

Deux recherches ont été effectuées : une première, dite recherche initiale de base, strictement limitée à notre échantillon de firmes et nos classes de brevets, et une seconde , dite recherche complémentaire, étendue au reste des organisations ayant déposé au moins un brevet dans ces mêmes classes de brevet afin de pouvoir apprécier l'importance relative de notre échantillon.

A- La recherche initiale de base

Elle a été conduite sur l'objectif de ne disposer de données de brevets que pour la liste de groupes (société mère plus filiales, avec périmètre variable pour les 5 années de référence) communiquée par les auteurs au deuxième trimestre 2000. Comme pour l'OST, les données sur les nombres de brevets ont été agrégées pour chacun de ces groupes en deux classes technologiques seulement par contrainte de coût : d'un côté les technologies pétrolières (nom de code : Foil), de l'autre les technologies électriques nom de code Felec. La composition précise de ces classes technologiques est donnée dans l'annexe 4. Tous les noms de ces sociétés mères et filiales ont été entrés dans la base USPatFull de l'USPTO, à partir des classes de brevets IPC et donc de l'utilisation d'un tableau de correspondance entre classes (et sous classes) IPC et classes (et sous classes) USPTO.

Les spécifications retenues pour la sélection et le comptage des brevets sont précisées ci-dessous :

- affectation aux classes IPC : affectation à une seule classe principale IPC ; sous cette convention un brevet n'est comptabilisé qu'une seule fois ;
- type de document de brevet : seuls les "utility patents", c'est à dire les brevets les plus importants ("patents for invention") sont sélectionnés ;
- année d'enregistrement du brevet prise en compte : l'année de publication, et non l'année de priorité (convention la plus proche du système retenu par l'OST).

Pour constituer la base de données en ligne correspondant à ces spécifications, Derwent a utilisé les opérateurs Booléens classiques "ou", "et", "non".

- Le fichier a été ainsi constitué en indexant toutes les firmes de l'échantillon , et en les regroupant avec la commande "ou".
- Ensuite les brevets technologiquement pertinents ont été sélectionnés à partir de leur appartenance soit aux classes Foil, soit aux classes Felec.
- Puis les brevets technologiquement pertinents pour l'échantillon ont été obtenus par la commande "et" sur le fichier précédent en excluant donc toutes les firmes extérieures à notre échantillon.
- Le fichier obtenu par année est regroupé par période de trois ans avec le périmètre de l'année médiane comme référence de la période.
- Les fichiers sont ensuite retraités selon les deux champs suivants : d'une part des organisations propriétaires des brevets accordés ('patent assignee'), d'autre part celui des pays dans lesquels résident les inventeurs des brevets accordés, ou pays inventeur ('inventor country') pour obtenir deux listes ordonnées par rang de classement décroissant.

- A partir du site en ligne STN de la base USPATFull, Derwent a utilisé une commande d'analyse statistique permettant de classer des ensembles d'enregistrements de brevets récupérés dans la base. Cette commande a été utilisée pour extraire quatre champs de données de brevets à classer ou à mettre sous forme de tableaux. Ces quatre champs sont : organisations propriétaires des brevets accordés ('patent assigne' ou 'PA'), pays inventeur (in.cny), classe de brevets IPC ('international class main', ou 'icm'), classe de brevets US ('us class main', ou 'inclm').
- Derwent a utilisé la commande 'Tabulate' pour générer le tableau des organisations propriétaires des brevets accordés ('patent assignee'), et par pays inventeur, par classe IPC. Un tableau de correspondance permet de passer, à l'échelon de toutes les firmes de l'échantillon, des nombres de brevets selon les classes IPC aux nombres de brevets selon les classes US, séparément pour Foil et Felec.
- Du fait que cette commande ne permet pas l'extraction de qui est dans le champ de l'enregistrement seulement, il n'a pas été possible d'affecter les codes, communiqués par les auteurs, à chacune des sociétés propriétaires des brevets accordés, et donc d'obtenir directement ces données par groupe consolidé. Ce travail de réaffectation a été effectué postérieurement par les auteurs.

B- La recherche complémentaire

Elle a concerné :

- d'abord la fourniture des données de brevets accordés, dans les mêmes classes de brevets, à toutes les autres organisations (cf. Tableau n°25 : recherche complémentaire 1), ce qui permet d'apprécier le pouvoir technologique dans les domaines FOIL et FELEC de nos groupes industriels sélectionnés,
- puis la fourniture des données de tous les brevets accordés dans toutes les classes aux seules organisations de notre échantillon (cf. Tableau n°1 : recherche complémentaire 2), ce qui permet d'apprécier le degré de spécialisation technologique des groupes de notre échantillon dans les classes FOIL et FELEC,
- puis la fourniture des données de brevets pour toutes les classes et toutes les institutions (cf. Tableau n°1 : recherche complémentaire 3), qui permet d'apprécier la part relative des brevets énergie dans le total des brevets, et la part de nos groupes dans le total des groupes.

Tableau 25 : Identification des domaines de recherches par Derwent des brevets USPTO

	Classes IPC de FOIL et FELEC	Toutes les autres classes IPC	Ensemble de toutes les classes IPC
Groupes de l'échantillon IEPE	recherche initiale de base		recherche complémentaire 2
Tous les autres groupes ayant reçu des brevets délivrés			

Ensemble de tous les groupes ayant reçu des brevets délivrés	recherche complémentaire 1		recherche complémentaire 3
--	----------------------------	--	----------------------------

1.3.3.3- La comparabilité des données européennes et américaines de brevets

Malgré nos efforts pour rapprocher autant que possible les spécifications des données américaines et des données européennes, leur comparabilité n'est qu'imparfaite comme le montre le tableau suivant.

Tableau 26 : Comparaison des données américaines et européennes de brevets

Paramètres de définition	Brevets européens OEB- Traitement par l'OST	Brevets américains USPTO - Traitement par Derwent	Commentaires sur les différences
Classes de brevet	8 Classes principales IPC pour les technologies pétrolières; 30 classes principales IPC pour les technologies électriques	Idem Possibilité de correspondance avec les classes USPTO à l'échelon de la classe, tous déposants confondus	
Base de données	EPAT+EURO-PCT	USPatFull de l'USPTO plus site en ligne STN	
Type de brevet	Brevet déposé	Brevet délivré	Du fait que tous les brevets déposés ne se transforment pas tous en brevets délivrés, les chiffres OEB sont à nombre égal de brevets supérieurs à ceux de l'USPTO
Année de référence	Année de priorité	Année de priorité	
Comptage des déposants	Comptage fractionnaire	Comptage par nombre entier	Le nombre de brevet par déposant est plus grand dans le système US que dans le système européen.

2- L'analyse qualitative

Elle se base sur deux séries d'entretiens avec des responsables de la R&D de deux firmes fournisseurs d'équipement dans l'électricité et dans le pétrole. Il s'agit de Alstom (ex GEC-Alsthom) et notamment son département Alstom Power (ex ABB Alstom Power), et de Schlumberger.

La méthode suivie est celle d'une série d'interviews parallèles semi-directives (une liste des questions était envoyée à nos interlocuteurs avant chaque interview). Au total nous avons eu 3 séances d'interview avec Alstom et 2 séances avec Schlumberger (chaque séance durant environ 2 heures).

L'objectif était d'obtenir des informations centrées sur deux sujets principalement : la dynamique générale (marchés, concurrence, innovation, internationalisation, etc.) de leur secteur et leurs perspectives d'avenir ; les relations avec leurs clients de l'énergie et leur évolution.

Cette analyse qualitative nous fournit une illustration des dynamiques mises en œuvre dans le domaine technologique par les firmes des industries de l'énergie ainsi que des clefs d'interprétation des résultats de l'analyse quantitative.

*
* *

Chapitre 4

Les résultats de l'analyse des indicateurs de dépôts de brevets et des entretiens chez Alstom et Schlumberger

Les hypothèses présentées et développées dans le chapitre 1 sur l'internationalisation des activités technologiques des firmes, nous ont permis, avec les compléments sur la coévolution des dynamiques technologiques et concurrentielles des industries pétrolière et électrique, de formuler une série d'attendus empiriques en fin de chapitre 2. L'objet de ce chapitre est de présenter les résultats de notre investigation empirique et de vérifier leur compatibilité avec ces attendus. Cette investigation empirique, de nature quantitative et qualitative, apporte des résultats sur les trois questionnements suivants :

- les données sur les dépôts de brevets confirment-elles les évolutions attendues, à savoir un désengagement des opérateurs parallèlement à un effort accru des fournisseurs ?
- les données sur l'origine géographique des inventeurs de brevets délivrés confirment-elles un processus d'internationalisation des activités technologiques des firmes, notamment chez les fournisseurs ?
- dans quelle mesure les spécificités sectorielles (pétrole et électricité) se retrouvent-elles dans les relations entre opérateurs et fournisseurs ?

1- Evolution des performances technologiques des firmes dans le pétrole et l'électricité entre 1985 et 1998

On se réfère ici aux données sur les dépôts de brevets à l'USPTO⁴⁶

Les brevets délivrés aux firmes de notre échantillon (désigné par firmes IFE), tous domaines technologiques confondus représentent entre 9,3% et 10,8%, sur la période, du total des brevets délivrés tous domaines et déposants confondus. Il s'agit donc de firmes importantes, qui pèsent dans les dépôts mondiaux à l'USPTO, conclusion renforcée si on tient compte de la faible intensité de R&D dans leurs secteurs d'origine.

⁴⁶ Les données obtenues auprès de nos sous-traitants sont apparues comme étant de qualités inégales. Seules les données Derwent peuvent prétendre à une exhaustivité et une robustesse satisfaisantes sur toute la période de l'étude. C'est pourquoi elles fondent l'essentiel de l'étude empirique quantitative. Quant aux données OST, elles sont robustes seulement pour deux années de référence 1995* et 1998*, et nous nous en sommes donc servi pour des comparaisons et recoupements divers.

Les brevets délivrés aux firmes IFE dans les domaines technologiques Foil et Felec (tels que définis en annexe 4) représentent entre 0,98% et 1,38%, sur la période, du total des brevets délivrés tous domaines et déposants confondus. En 1992*⁴⁷, la part est la plus faible : il semble que cette période marque une chute transitoire des dépôts de ces firmes dans les domaines Foil et Felec.

La part des dépôts de brevets des firmes IFE dans les domaines Foil et Felec par rapport à leurs dépôts de brevets tous domaines confondus tend globalement à se réduire : elle est de 15% en 1986* et de 12% en 1998* (avec une chute à 9% en 1992*, ce qui renvoie à la remarque ci-dessus). Dans l'ensemble ces firmes se diversifient dans leurs activités technologiques, ou se désengagent de l'énergie en général, ou encore se désengagent de l'énergie dans les domaines technologiques Foil et Felec. Ces trois hypothèses peuvent expliquer simultanément ou séparément cette tendance.

Entre 1986* et 1998c*, le nombre total de dépôts de brevets des firmes IFE a sensiblement progressé : +61% (soit 3055 en 1986* et 4932 en 1998c*) malgré la chute de 1992* (-21% par rapport à 1989*) sur-compensée ensuite (tableau 27).

Tableau 27 : Dépôts de brevets auprès de l'USPTO par année de référence et par catégorie de firme

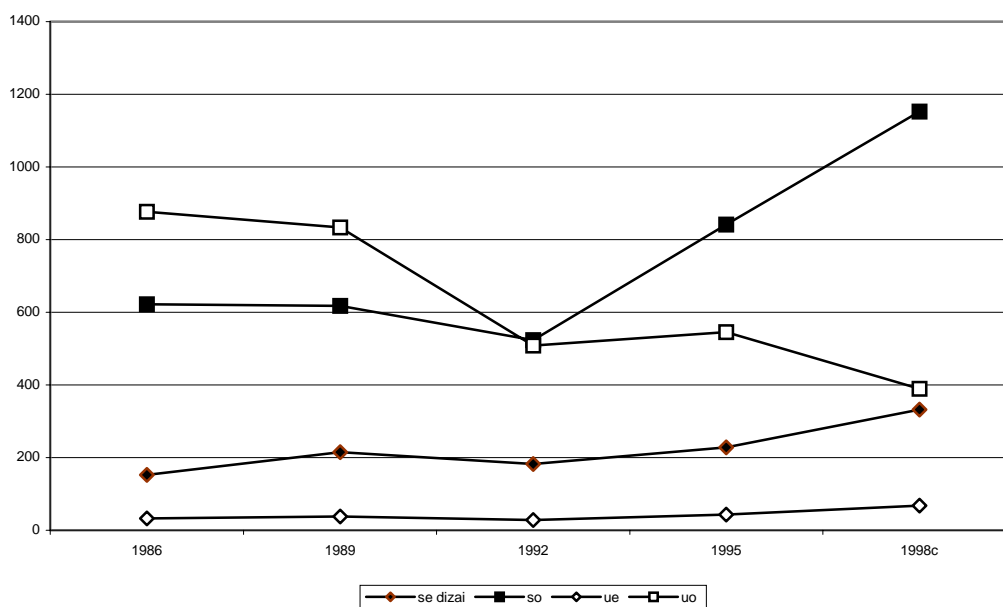
Nombre de brevets	1986*	1989*	1992*	1995*	1998c*	1998*
se	1524	2151	1823	2281	3322,5	2215
se dizai	152,4	215,1	182,3	228,1	332,25	221,5
so	622	618	524	841	1152	768
ue	33	38	28	43	67,5	45
uo	876	833	509	546	390	260
total brevets	3055	3640	2884	3711	4932	3288

Source : auteurs d'après Derwent

1.1.- L'accroissement considérable des performances technologiques des fournisseurs d'équipement compense l'effritement continu des dépôts de brevets des opérateurs

Les *données ventilées par catégorie de firme* (tableau 27 et figure 19) permettent de tirer une série d'enseignements.

⁴⁷ Chaque année assortie d'une astérisque désigne une année de référence, c'est-à-dire l'année médiane d'une période de 3 ans. Par exemple, 1992* désigne la période 1991-1992-1993. Pour 1998*, il s'agit toutefois des chiffres de la période 1997-1998 : ils sont donc multipliés par 1,5 pour donner 1998c* lorsque nous analysons des évolutions quantitatives des dépôts de brevets.

Figure 19: Nombre de brevets délivrés par l'USPTO aux quatre catégories de firme

Source : auteurs d'après Derwent

On peut faire les deux observations techniques suivantes au préalable :

- La chute de 1992* concerne toutes les catégories⁴⁸.
- Les dépôts des fournisseurs d'équipement dans l'électricité (se) sont beaucoup plus nombreux que ceux des autres catégories : 2 à 3 fois ceux des so, 2 à 10 fois ceux des uo, 50 fois ceux des ue. Il existe donc des **différences sectorielles marquées de propension à breveter**.

Mais les résultats montrent essentiellement que :

- 1) Les **fournisseurs** se et so enregistrent une **progression forte sur l'ensemble de la période** : +118% pour se (avec une hausse dès le début de la période) et +85% pour so (avec une hausse plus tardive, amorcée dans les années 90).
- 2) Les **opérateurs du pétrole** uo connaissent une **baisse presque continue** de leurs dépôts (-63% sur la période).
- 3) Les **opérateurs de l'électricité** ue se voient **délivrer très peu de brevets** (quelque dizaines par périodes de 3 ans) **dès le début** de la période. L'augmentation sur la période (de 33 en 1986* à 67,5 en 1998c* soit +103%) doit être relativisée par la faiblesse des chiffres absolus.

⁴⁸ Cela permet de penser que des retards d'enregistrement à l'USPTO dans les domaines énergétiques sont en cause.

Ces résultats confirment les hypothèses faites à la fin du chapitre 2 sur un désengagement technologique relatif des opérateurs alors même que les fournisseurs renforcent leurs activités technologiques.

Les données ventilées par catégorie et par origine géographique des firmes

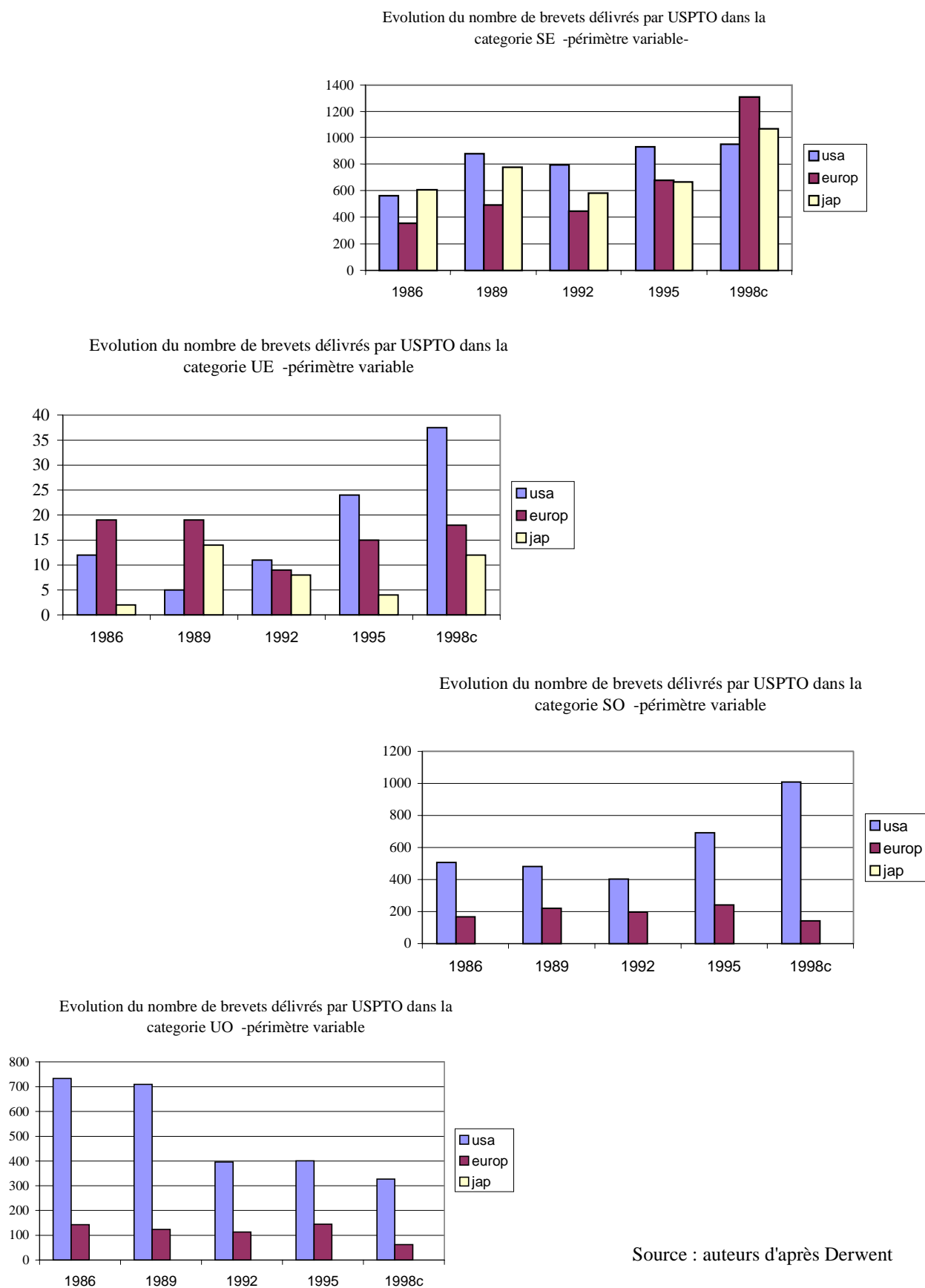
Elles montrent (tableau 28 et figure 20) par ailleurs que ces **tendances** sont **diversement suivies en Europe, aux Etats-Unis** et en Asie (Japon et Corée du Sud).

Tableau 28 : Dépôts de brevets auprès de l'USPTO par année de référence, par catégorie de firme et par origine géographique de la firme

Se	1986*	1989*	1992*	1995*	1998c*	1998*
Usa	560	881	798	932	951	634
Europe	357	493	445	681	1305	870
Japon	607	777	580	668	1066,5	711
Europe %	23	23	43	30	39	
So	1986*	1989*	1992*	1995*	1998c*	1998*
Usa	507,5	483	403,5	692,5	1008,75	672,5
Europe	167	221	198	242	143,25	95,5
Jap	0	0	0	0	0	0
Europe %	25	31	33	26	12	
Ue	1986*	1989*	1992*	1995*	1998c*	1998*
Usa	12	5	11	24	37,5	25
Europe	19	19	9	15	18	12
Japon	2	14	8	4	12	8
Europe %	58	50	32	35	27	
Uo	1986*	1989*	1992*	1995*	1998c*	1998*
USA	733	709	396	401	327	218
Europe	143	124	113	145	63	42
Japon	0	0	0	0	0	0
Europe %	16	15	22	27	16	

Source : auteurs d'après Derwent

Figure 20: Dépôts de brevets auprès de l'USPTO par année de référence, par catégorie de firme et par origine géographique de la firme



- 1) Chez les **fournisseurs se**, l'**augmentation** des dépôts de brevets est **tirée par les firmes européennes** (+265% soit de 357 en 1986* à 1305 en 1998c*), dont le poids dans le total des brevets se passe de 23% à 39% (1^{ère} place en 1998c*). En comparaison l'augmentation des firmes japonaises est de +76% et celle des firmes des Etats-Unis de +70%. On observe donc une **spécialisation technologique des firmes européennes dans la construction électrique**.
- 2) Chez les **fournisseurs so**⁴⁹, l'**augmentation** des dépôts de brevets est à l'inverse des se **tirée par les firmes des Etats-Unis** (+99% soit de 507,5 en 1986* à 1008,75 en 1998c*), bien que la hausse concernant ces dernières ne date que des années 90. Les firmes européennes⁵⁰ enregistrent une hausse moins forte (+25%), ce qui réduit leur poids dans le total des brevets so de 18% à 12%. Ainsi se confirme une **spécialisation technologique des firmes des Etats-Unis dans le para-pétrolier**.
- 3) Chez les **opérateurs du pétrole uo**, la **réduction** du nombre de dépôts de brevets est **également répartie** entre firmes européennes et firmes des Etats-Unis (-63%). Le poids des firmes européennes se maintient par conséquent à 16% du total, et la domination technologique des firmes des Etats-Unis se confirme.
- 4) Chez les **opérateurs de l'électricité ue**, on peut remarquer que le **désengagement** technologique n'est sensible pour les **firmes européennes** (19 en 1986* et 18 en 1998c*) alors que les firmes asiatiques connaissent une forte progression (2 en 1986* et 12 en 1998c*) ainsi que l'institution EPRI (principal acteur contrôlant les brevets) aux Etats-Unis (12 en 1986* et 37,5 en 1998c*). Mais la valeur absolue témoigne de niveaux faibles de l'effort technologique tout au long de la période.

Ces résultats montrent que l'**effort technologique des fournisseurs** face au désengagement relatif des opérateurs s'est effectué simultanément avec une **spécialisation internationale** : pour les firmes des **Etats-Unis**, elle s'est basée sur un **avantage historique** de leur nation dans le **secteur pétrolier**, alors que pour les **firmes européennes**, elle s'est forgée en une quinzaine d'années **sans partir d'une position dominante** (en 1986* elles arrivent en dernière position des dépôts de brevets, derrière les firmes asiatiques et des Etats-Unis) dans la construction électrique⁵¹.

La distribution des dépôts de brevets entre firmes

Le tableau 29 montre une concentration variable selon les catégories.

Les **fournisseurs se et so** ont dans l'ensemble une **plus forte concentration**, mais elle décline sur la période. Les **opérateurs du pétrole** gardent une **faible concentration** même si

⁴⁹ En raison du caractère bi-national de Schlumberger et de son appartenance à deux régions de référence différentes, nous avons réparti les dépôts de cette firme par moitiés entre les firmes des Etats-Unis et les firmes européennes.

⁵⁰ On rappelle que nos statistiques n'incluent pas les brevets amont de l'IFP.

⁵¹ Cela s'observe alors même que General Electric, le leader technologique du secteur notamment dans les turbines à gaz, est américain.

elle augmente légèrement. La concentration chez les opérateurs de l'électricité augmente en fin de période, mais reste peu significative toujours par suite des faibles nombres impliqués.

Par conséquent on peut voir que chez les **fournisseurs** (et chez les opérateurs de l'électricité en fin de période), il existe des **leaders technologiques** et des « **petites** » **firmes** (au niveau technologique) alors que chez les **opérateurs du pétrole** les firmes ont des **poids technologiques plus comparables**.

Tableau 29: Part des brevets déposés auprès de l'USPTO par le quart des firmes constituant les plus gros déposants, par catégorie de firme

	1986*	1989*	1992*	1995*	1998*
se	0,73	0,68	0,64	0,60	0,67
so	0,75	0,76	0,75	0,77	0,64
ue	0,45	0,51	0,48	0,70	0,69
uo	0,46	0,54	0,51	0,58	0,52

Source : auteurs

La distribution des dépôts de brevets entre pays d'origine des firmes

Le tableau 30 renforce les conclusions sur les spécialisations respectives croissantes des Etats-Unis et de l'Europe.

Tableau 30: Indice Herfindahl normé de la concentration des dépôts de brevets selon le pays d'origine de la firme et par catégorie de firme

	1986*	1989*	1992*	1995*	1998*
se	2170	2000	1926	1614	1203
so	5242	4576	4361	5438	5645
ue	744	824	1782	2453	2498
uo	6145	6815	5470	4939	6534

(si la valeur est proche de 0, la concentration est très faible ; si elle est proche de 10000, la concentration est très forte)

Source : auteurs

Les **opérateurs du pétrole** uo se distinguent nettement par une **concentration géographique élevée** des firmes déposant des brevets, ce qui traduit la **prédominance des firmes des Etats-Unis** dans ce domaine.

La concentration est également **assez élevée chez les so**, là encore du fait de la **prédominance** des firmes des **Etats-Unis**.

Chez les **fournisseurs se** en revanche, la **concentration géographique diminue** et devient faible, ce qui montre le renforcement du rôle des firmes européennes originaires elles-mêmes de pays divers.

Globalement, la **concentration géographique est plus forte dans le pétrole** du fait de l'**avantage technologique de longue date des firmes des Etats-Unis** dans ce secteur.

Remarque méthodologique : impact de la prise en compte des variations de périmètre.

La recherche des dépôts de brevets a été faite à périmètre variable des firmes de l'échantillon. Une comparaison avec une recherche équivalente sur des firmes gardant un périmètre constant de référence (celui de 1992) révèle les tendances suivantes :

1) Si on reste au niveau d'agrégation des catégories de firmes, les résultats changent très peu du fait que les principaux changements de périmètres constituent en fait des fusions de firmes présentes dans l'échantillon au départ⁵², ou des transferts de tout ou partie de firmes internes à l'échantillon.

2) Si on affine l'analyse en prenant en considération l'origine géographique des firmes, alors des divergences de résultats apparaissent, notamment chez les fournisseurs se : en 1986* les brevets de Combustion Engineering sont comptabilisés comme états-uniens selon la méthode à périmètre variable, alors qu'ils seront comptabilisés comme européens selon la méthode à périmètre constant 1992 (du fait de l'acquisition de Combustion Engineering par ABB). De même en 1998*, les brevets délivrés à une partie de Westinghouse sont comptabilisés comme européens selon la méthode à périmètre variable (du fait de l'acquisition d'une partie de Westinghouse par Siemens en 1998) alors qu'ils seront affectés aux Etats-Unis selon la méthode à périmètre constant 1992.

Les données à périmètre variable sont donc plus fiables, mais impliquent un travail de codage beaucoup plus fin et lourd à mettre en œuvre (cf. chapitre 3).

⁵² La recherche des dépôts de brevets à périmètre constant 1992 a été faite avec les conventions suivantes :

a) En 1986* nous avons ajouté les chiffres des firmes « ancêtres » des groupes issus de fusions dans les années 1987-88-89 : Asea et Brown Boveri pour ABB, Alcatel et The Gec pour Gec-Alsthom, et Baker et Hughes pour Baker Hughes. Ces firmes faisaient partie de l'échantillon de manière indépendante en 1986. Le but est d'éviter de produire des biais résultant des définitions de départ, entre les données à périmètre variable et à périmètre constant, biais inutiles à notre propos (qui est de voir d'une part les effets des restructurations sur la performance technologique des firmes, et d'autre part les effets des restructurations sur l'évolution de l'internationalisation des activités technologiques des firmes).

b) En 1998*, nous avons pris en compte les chiffres de Halliburton Energy Services car bien que significative seulement après 1992, cette filiale n'est pas une acquisition mais bien une création suite à une réorganisation du système de dépôt de brevets dans la firme. Nous avons aussi ignoré les chiffres des firmes présentes en 1992 mais absentes de l'échantillon en 1998 (notamment Camco Drilling) sans avoir été acquises par une autre firme de l'échantillon.

1.2.- Les fusions-acquisitions contribuent souvent au renforcement des performances technologiques des firmes

Nous disposons dans l'historique de notre échantillon de **six restructurations majeures** de firmes entraînant des changements de périmètre. Ce sont des opérations de **concentration** conduisant à l'émergence de grands groupes dans le secteur de la **construction électrique** et dans celui du **para-pétrolier**. Il s'agit des opérations suivantes :

- en 1988 Asea et Brown Boveri fusionnent et forment ABB, qui absorbe ensuite Combustion Engineering en 1989
- en 1987 Baker International et Hughes Tool fusionnent et forment Baker Hughes
- en 1989 Alcatel et The Gec créent une joint venture appelée Gec Alsthom
- en 1998 Halliburton absorbe Dresser
- en 1998 Schlumberger acquiert Camco Drilling
- en 1997 Siemens acquiert les activités « Power Generation » de Westinghouse.

D'autres restructurations ont aussi eu lieu (voir chapitre 2) mais elles concernent des firmes déposant peu de brevets au regard des firmes ci-dessus : nous basons donc notre analyse sur ces six cas.

Les **résultats d'une fusion ou d'une acquisition, en matière de performances technologiques** peuvent être envisagés de deux manières : soit on peut aboutir à un **renforcement** des dépôts de brevets traduisant des effets de synergie (le nombre de dépôts de brevet après la fusion-acquisition dépasse la somme des nombres de dépôts de brevets respectifs des deux firmes précédant l'opération, au-delà de la progression moyenne des firmes de la catégorie) ; soit inversement, il est possible que le nombre de dépôts de brevets après la fusion-acquisition n'augmente pas car la firme absorbante ou la nouvelle firme a privilégié la **rationalisation des efforts de R&D** (suppression des inputs doublons et des demandes de brevet similaires) dans le cadre d'une stratégie de concentration visant des objectifs non technologiques (commerciaux notamment).

Sur les six restructurations évoquées, deux ne peuvent pas faire l'objet de l'analyse de leur impact sur les performances technologiques des firmes : les acquisitions de Halliburton et de Schlumberger sont trop récentes et les chiffres trop agrégés pour que les données 1998* intègrent une part suffisante de brevets obtenus après les acquisitions grâce aux nouvelles filiales par rapport aux brevets obtenus suite à des demandes des anciennes firmes (avant leurs absorptions) après un délai normal ou prolongé (et consolidés avec les brevets des firmes absorbantes). Sur les **quatre cas** restants, les résultats montrent que la **concentration** débouche sur un **renforcement des performances** de dépôts de brevets.

- 1) En 1986*, Asea obtient 9 brevets et Brown Boveri 16 brevets. En 1989*⁵³, le groupe ABB obtient 95 brevets dont 36 sont dus à l'absorption de Combustion Engineering

⁵³ Pour une fusion intervenue en 1988, les données de 1989* (c'est-à-dire 1988-89-90) incluent : les brevets à délivrance rapide (l'année même de leur demande) obtenus par le groupe en 1988, 1989, 1990 ; les brevets à délivrance normale (entre un et deux ans après leur demande) obtenus par le groupe en 1989 et 1990 ; les brevets

en 1989. Sans cette dernière absorption, ABB en 1989* obtient donc 59 brevets. On a bien un effet de synergie car les dépôts additionnés de 1986* (9+16=25) sont inférieurs aux dépôts de 1989*. La progression entre les deux périodes est de +136% alors que pour la même période la progression pour l'ensemble des se n'est que de +41%.

- 2) On observe une évolution du même type, mais encore plus marquée, pour le cas Baker Hughes. En 1986*, Baker n'obtient aucun brevet, Hughes Tool en obtient 6. En 1989*⁵⁴, le groupe Baker Hughes obtient 113 brevets, soit une multiplication du total Baker+Hughes Tool de 1986* par 18,8, alors que pour la même période (1986*-1989*) l'ensemble des se stagne.
- 3) Le cas Gec Alsthom montre également un renforcement des dépôts de brevets mais selon une évolution plus lente et beaucoup plus modérée. Cela provient du fait qu'il s'agit d'une joint venture et non de la fusion de deux firmes existantes. En 1986*, Alcatel n'obtient aucun brevet à l'USPTO (dans le domaine Felec) et The Gec en obtient 1. En 1989*, Gec Alsthom (formé seulement en fin de période 1989*) n'obtient qu'un seul brevet. Par contre, la montée en puissance est manifeste ensuite puisque en 1992*⁵⁵, Gec Alsthom obtient 17 brevets, alors que l'évolution sur la période 1989*-1992* de l'ensemble des se est à la baisse (-15%).
- 4) En 1995*, Siemens obtient 202 brevets. En 1998c*, la firme en obtient 367, dont 31 sont imputables à la nouvelle filiale Siemens Westinghouse Power. Sur la base de ces chiffres, on voit que l'acquisition des activités de Westinghouse contribue à une dynamique de renforcement considérable des activités technologiques du groupe⁵⁶.

Ces quatre restructurations montrent que la concentration peut renforcer considérablement les capacités technologiques des firmes, parce qu'elle permet d'atteindre une taille critique dans les inputs dédiés aux activités technologiques et de tirer parti de complémentarités de connaissances.

Néanmoins dans certains cas **des stratégies de rationalisation peuvent coexister avec une augmentation des performances** de dépôts de brevets. En 1986*, Combustion Engineering obtient 75 brevets. Suite à son absorption par ABB en 1989, il n'obtient plus que 36 brevets au sein du nouveau groupe. Une rationalisation a conduit le groupe à réduire la contribution

à délivrance retardée (trois à quatre ans après leur demande) obtenus par le groupe pour des demandes faites par les deux firmes constituantes avant la fusion. On a donc une bonne partie des brevets imputables à des demandes (et donc des activités technologiques) postérieures à la constitution du groupe.

⁵⁴ Pour une fusion intervenue en 1987, les données 1989* enregistrent : les brevets à délivrance rapide obtenus chacune des trois années ; les brevets à délivrance normale obtenus chacune des trois années ; les brevets à délivrance retardée obtenus par le groupe pour des demandes faites par les deux firmes constituantes avant la fusion (avec une faible quantité en 1990). On a donc la majeure partie des brevets qui est imputable à des demandes postérieures à la constitution du groupe.

⁵⁵ Pour une joint venture constituée en 1989, les données 1989* ne permettent d'enregistrer des brevets à délivrance rapide que pour 1989 et 1990, et des brevets à délivrance normale que pour 1990. La représentativité des chiffres est faible. Il vaut mieux alors prendre les chiffres de 1992*.

⁵⁶ Cet impact est d'ailleurs susceptible de se renforcer à l'avenir, lorsque les données permettront d'affecter à Siemens Westinghouse Power tous les brevets (rapides, normaux et retardés) correspondant à ses demandes. En 1998* en effet, de nombreux brevets à délivrance lente sont encore obtenus par Westinghouse alors que la firme a transféré l'essentiel de ses activités « Power Generation » à Siemens.

de cette filiale tout en bénéficiant sans doute de transfert partiel de ses capacités vers les nouvelles filiales créées.

2- Evolution de l'internationalisation des activités technologiques des firmes dans le pétrole et dans l'électricité entre 1985 et 1998

2.1.- Dans un contexte général d'internationalisation croissante des activités technologiques sur la période dans les deux secteurs, les firmes européennes et américaines présentent des trajectoires différentes

Nous avons évalué l'internationalisation des activités technologiques des firmes IFE pour **trois périodes : 1986*, 1995* et 1998***. Nous pouvons ainsi apprécier l'évolution de cette internationalisation sur l'ensemble de la période de notre étude. Les données utilisées sont toujours celles des dépôts auprès de l'USPTO. Toutefois, nous disposons de données comparables sur les dépôts auprès de l'OEB pour l'année 1995*, ce qui nous permettra de mettre en relief certaines influences institutionnelles dues à la concordance/discordance entre l'origine géographique des firmes et la localisation de l'office d'enregistrement des demandes de brevets.

L'indicateur central de notre analyse est le **taux d'internationalisation des activités technologiques** ou **TIAT**. Il est égal, pour une période donnée, au rapport entre le nombre de brevets délivrés à une firme et émanant d'un inventeur situé hors de la base nationale de cette firme et le nombre total de brevets délivrés à et contrôlés par cette même firme⁵⁷.

2.1.1- Analyse de l'évolution du TIAT entre 1986*, 1995* et 1998*

Pour l'*ensemble des firmes IFE*, le TIAT moyen (pondéré selon le nombre de dépôts de brevets de chaque firme) est de :

7% en 1986*

11,7% en 1995*

12,8% en 1998*.

On observe une **internationalisation croissante des activités technologiques des firmes dans les industries du pétrole et de l'électricité**.

Les résultats des calculs du TIAT moyen par région et par catégorie de firme pour les trois périodes figurent dans le tableau 31.

⁵⁷ Pour les firmes à caractère bi-national, nous avons adopté la convention notée au chapitre 3 : ainsi par exemple, les brevets contrôlés par Shell et inventés aux Pays-Bas et au Royaume-Uni sont tous considérés comme domestiques.

Tableau 31 : Evolution du TIAT moyen par région et par catégorie de firme entre 1986*, 1995* et 1998*

		USA en %	Europe en %	Japon/Asie en %	Total en %
se	1986*	1,43	7,6	0,5	3,1
	1995*	2,6	25,4	0,74	8,9
	1998*	3	29,8	0,84	12,8
so	1986*	2,7	47,6	abs	10,9
	1995*	9,2	33,3	abs	13,4
	1998*	13,7	13,1	abs	13,7
ue	1986*	0	0	0	0
	1995*	0	26,4	0	9,4
	1998*	8	8,3	0	7,14
uo	1986*	2,86	60,8	abs	12,3
	1995*	5,2	65,5	abs	21,5
	1998*	8,7	30,9	abs	12,3
Total	1986*	2,32	27,2	0,5	7
	1995*	5,3	32,5	0,74	11,7
	1998*	8,4	28	0,83	12,8

Source : auteurs

L'internationalisation des activités technologiques des firmes, toutes catégories confondues

Elle est, comme dans d'autres secteurs étudiés par les économistes, **beaucoup plus forte dans les firmes européennes que dans les autres**⁵⁸. Elle est faible dans les firmes des Etats-Unis et quasiment nulle dans les firmes asiatiques (Japon et Corée du Sud ici).

Cependant pour les firmes de ces deux dernières régions **le TIAT moyen s'accroît régulièrement au cours de la période** : il reste très faible **en Asie** mais il quadruple presque **aux Etats-Unis** (de 2,3% en 1986* à 8,5% en 1998*).

⁵⁸ Ceci résulte pour partie d'un accroissement des échanges intra-européens de toutes sortes entre firmes implantées dans divers pays de taille faible ou modérée mais appartenant à un même ensemble communautaire : l'Union Européenne.

Par contre, pour les firmes européennes, le TIAT moyen, après avoir atteint un niveau très élevé en 1995* (32,5%), revient sous le plafond de 28%, comme en début de période.

L'internationalisation des activités technologiques des firmes, toutes régions d'origine confondues

Elle est **plus forte dans l'industrie liée au pétrole** (uo et so), que dans l'industrie liée à l'électricité (ue et se).

Ce sont les opérateurs du pétrole uo qui connaissent la plus forte internationalisation de la période, en 1995* (21,5%).

Le TIAT des opérateurs de l'électricité ue en 1995* est à apprécier avec prudence car il ne tient au résultat que d'une seule firme internationalisée à 100% alors que toutes les autres firmes ue ont un TIAT nul.

Chez les **fournisseurs para-pétroliers** so le **TIAT est moyen dès le début** de la période et progresse assez peu ensuite, mais l'internationalisation se consolide (13,7% en fin de période).

Chez les **opérateurs du pétrole**, on reste en fin de période avec une internationalisation des activités technologiques moyenne (12,3%), après une **accélération du processus au début des années 90, révisée ensuite** dans le cadre de leur mouvement de désengagement de l'effort technologique.

Dans la **construction électrique** se, le **TIAT augmente très sensiblement**, de faible à moyen (12,8% en 1998*), soit un quadruplement sur la période : un processus d'internationalisation net des activités technologiques des firmes apparaît.

Enfin les **opérateurs de l'électricité** ue ont connu une **internationalisation** de leurs activités technologiques **seulement à partir des années 90**, mais le TIAT stagne à un niveau faible-moyen (7,1% en 1998*).

L'internationalisation combinée de la région d'origine des firmes et de leur catégorie

On observe les résultats suivants :

- La **relative stabilité** du TIAT des **so** cache en fait une **compensation** entre d'une part une **chute du TIAT des firmes européennes** (de 47,6% à 13,1%) et une **très forte progression du TIAT des firmes des Etats-Unis** (de 2,6% à 13,7%). En fin de période les deux régions d'origine ont le même profil. En l'absence de restructurations importantes avec des firmes d'un autre pays d'origine, cette progression montre une montée en puissance des activités technologiques menées à l'étranger dans les firmes des Etats-Unis. Du côté européen, la perte du contrôle par Pearson (Royaume Uni) sur Camco International (localisé aux Etats-Unis) acquis par Schlumberger (bi-national France Etats-Unis) fait chuter le TIAT.
- L'internationalisation des activités technologiques des **uo** varie sur la période surtout en **fonction des à-coups européens portés par peu de firmes** néanmoins puissantes du point de vue technologique (Shell notamment), alors que les firmes des Etats-Unis ont régulièrement renforcé leur internationalisation technologique sur la période (de 2,9% à 8,7%).

- L'**internationalisation** des activités technologiques des **se** est essentiellement **tirée par les firmes européennes** (de 7,6% à 29,8%) même si celle des firmes des Etats-Unis progresse mais reste faible.
- Enfin l'internationalisation des activités technologiques des **ue**, au début imputable à une seule firme, anglaise, est en fin de période imputable également à l'EPRI (Etats-Unis) ainsi qu'à d'autres firmes européennes : on a bien l'**amorce d'un processus d'internationalisation, modéré**, dans cette catégorie.

Il faut remarquer que **dans trois catégories sur quatre**, les firmes **européennes** enregistrent une **diminution de leur TIAT moyen à partir du milieu des années 90, après que ce dernier ait atteint des niveaux très élevés**. On peut y voir une certaine réversibilité de la stratégie d'internationalisation des activités technologiques. Mais il faut garder à l'esprit que les firmes européennes présentent des profils extrêmement hétérogènes en la matière, ce qui donne un poids démesuré à toute variation du TIAT des plus internationalisées⁵⁹.

L'**enseignement important** à tirer de cette analyse par région d'origine et par catégorie de firme est le suivant : on trouve une même **corrélation positive** entre, d'une part, le **renforcement technologique des firmes d'une région dans une catégorie** visible à travers leur part croissante dans la distribution des dépôts de brevets de cette catégorie, et d'autre part **l'accroissement de l'internationalisation de leurs activités technologiques**. En effet on observe que le rattrapage technologique européen dans la construction électrique noté plus haut va de pair avec une internationalisation croissante des activités technologiques des firmes européennes. De même, la spécialisation technologique accrue des firmes des Etats-Unis dans le para-pétrolier coïncide avec le renforcement de leur TIAT tout au long de la période.

2.1.2- Comparaison des données USPTO et des données OEB pour l'année 1995*

En 1995*, le **TIAT moyen des firmes IFE** calculé à partir des données sur leurs dépôts de brevets auprès de l'OEB est de 11,9%. Ce **résultat est très proche** du résultat obtenu à partir des données sur les dépôts auprès de l'USPTO (11,7%).

Le tableau 6, qui fournit les résultats par région d'origine et par catégorie de firme pour les deux types de données, montre malgré tout quelques différences notables.

⁵⁹ A titre d'illustration, en 1995*, les firmes ayant un TIAT supérieur à 10% représentent 35% des européennes, 18% des Etats-Uniennes et 0% des asiatiques. Celles ayant un TIAT nul représentent 59% des européennes, 24% des Etats-Uniennes et 66% des asiatiques. On a donc des profils beaucoup plus homogènes aux Etats-Unis et en Asie qu'en Europe.

Tableau 32: TIAT moyen par région et par catégorie de firme en 1995* selon les données de dépôts de brevets auprès de l'USPTO et les données de dépôts de brevets auprès de l'OEB

		USA	Europe	Japon/Asie	Total
se	USPTO	2,6	25,4	0,74	8,9
	OEB	2,15	14,7	0,35	10,1
so	USPTO	9,2	33,3	abs	13,4
	OEB	8,5	49,4	abs	16,8
ue	USPTO	0	26,4	0	9,4
	OEB	1	20,1	0	13
uo	USPTO	5,2	65,5	abs	21,5
	OEB	7,8	32,4	abs	16,6
Total	USPTO	5,3	32,5	0,74	11,7
	OEB	5,7	18,2	0,35	11,9

Source : auteurs

- Le **TIAT des firmes européennes** est **nettement inférieur** pour les dépôts auprès de l'OEB à ce qu'il est pour les dépôts auprès de l'USPTO : ce sont surtout les filiales aux Etats-Unis des firmes européennes qui obtiennent des brevets principalement auprès de l'USPTO, ce qui renforce le TIAT, alors que les activités technologiques menées dans leur pays d'origine par ces mêmes firmes donnent lieu à des dépôts principalement auprès de l'OEB, ce qui diminue alors le TIAT. On a ici l'**illustration dans le cas européen du phénomène dit de « l'avantage national »**, c'est-à-dire le biais de la sur-représentation des brevets d'origine domestique auprès d'un office de brevets. Ce phénomène s'observe dans trois catégories sur quatre⁶⁰.
- Toutefois **aucun effet symétrique** n'est observé pour les **firmes des Etats-Unis**, dont les TIAT moyens toutes catégories confondues sont semblables quel que soit l'office d'enregistrement. Cependant on observe un léger phénomène d'avantage national dans la catégorie des **uo**, où le TIAT est plus élevé pour les brevets délivrés par l'OEB que pour les brevets délivrés par l'USPTO : la masse des brevets inventés aux Etats-Unis est systématiquement déposée auprès de l'office américain et seulement partiellement

⁶⁰ Pour la catégorie **so** où l'on n'observe pas ce résultat, les chiffres absolus sont à prendre avec précaution car seules 2 firmes comptent dans les dépôts des firmes européennes, ce qui donne beaucoup d'influence aux variations propres à chacune.

auprès de l'office européen, et dans le même temps tous les brevets inventés dans des pays européens par des filiales de firmes des Etats-Unis sont délivrés par l'OEB mais pas systématiquement auprès de l'USPTO.

Au-delà de ces différences, on retrouve bien dans ces deux séries de données **les mêmes hiérarchies de TIAT entre les régions d'origine des firmes d'une part, et entre les catégories de firmes d'autre part**, ce qui affirme la robustesse des résultats détaillés obtenus par les données sur brevets USPTO sur l'ensemble de la période.

2.2.- Les fusions-acquisitions contribuent dans certains cas à l'internationalisation des activités technologiques des firmes

Pour apprécier l'influence des changements de périmètre des firmes sur l'évolution de l'internationalisation de leurs activités technologiques, nous avons sélectionné une **série de firmes dont le TIAT a sensiblement augmenté durant la période 1986*-1998*** (gain de 10 points de pourcentage au minimum), pour atteindre en 1998* un niveau d'environ 10% au moins. Nous avons examiné dix firmes correspondant à ces critères⁶¹.

Nous avons donc **comparé** les résultats en terme de **TIAT** tirés de l'analyse **à périmètre variable des firmes** avec les résultats en terme de TIAT tirés de l'analyse **à périmètre constant 1992 des firmes**.

Pour **7 des 10 firmes** concernées, l'accroissement de l'**internationalisation** des activités technologiques n'est **pas imputable à des modifications de périmètre**, car ce dernier n'a pas changé sur la période. Ce sont les mêmes composantes de chaque firme qui mènent des activités technologiques de plus en plus hors de la base nationale de la firme (ouverture de laboratoires à l'étranger ou coopérations technologiques avec un partenaire étranger). Cela vient aussi du poids croissant dans les inventions de brevets de filiales figurant de longue date dans le périmètre de la firme mais situées hors de sa base nationale.

Dans **2 cas**, les **acquisitions** des firmes ont **contribué à renforcer le TIAT** :

Siemens en acquérant en 1997 les activités de construction électrique de Westinghouse (essentiellement basé aux Etats-Unis) voit son TIAT passer de 26,7% sans cette acquisition à 33% avec cette acquisition⁶² ;

Halliburton en acquérant Dresser en 1998 enregistre une légère progression de son TIAT (9,4% sans Dresser et 9,8% avec), grâce à l'internationalisation de Dresser plus prononcée que la sienne sur toute la période.

⁶¹ Il s'agit de Siemens, Daimler Benz, Schlumberger, Halliburton, Baker Hughes, Ingersoll Rand, National Power, Mobil, Amoco, Chevron.

⁶² On peut prévoir un renforcement de cet impact dans les années suivantes, car en 1998*, seule une partie des brevets potentiels de Westinghouse dans l'activité « Power Generation » (ceux à délivrance rapide essentiellement et quelques uns à délivrance normale) est prise en compte chez Siemens.

Dans les deux cas ces acquisitions s'inscrivent dans un processus d'internationalisation croissante des activités technologiques de la firme (respectivement 4,9% en 1986* et 33% en 1998*, et 1,7% en 1986* et 9,8% en 1998* pour Siemens et Halliburton).

Dans **un cas**, l'**acquisition** faite par une firme **fait baisser son TIAT** : Schlumberger en acquérant Camco International en 1998, firme basée essentiellement aux Etats-Unis, renforce la base bi-nationale de ses activités technologiques : son TIAT est de 14,6% sans l'acquisition, il passe à 13,5% avec. Cela s'inscrit dans un processus de régression du TIAT depuis les années 90, après une progression sensible (20% en 1992*)⁶³.

Enfin signalons que parmi les **restructurations du début de la période** évoquées ci-dessus (4.1.2), le cas de ABB montre un **renforcement considérable du TIAT suite à la fusion** des deux firmes d'origine **et à l'absorption** de Combustion Engineering (basé surtout aux Etats-Unis) : en 1986* le TIAT de Asea est nul, celui de Brown Boveri est de 6,2% ; en 1989*, le TIAT de ABB passe à 47%.

En conclusion il apparaît que la relation entre opérations de fusion-acquisition et internationalisation des activités technologiques est variable : nous ne tirons **aucune régularité** en la matière à partir des firmes de notre échantillon. On peut en déduire que les fusions-acquisitions ne sont en elles-mêmes ni un facteur suffisant ni un facteur nécessaire d'internationalisation des activités technologiques. On doit envisager la conjonction d'autres facteurs permissifs.

3- L'évolution des relations entre fournisseurs et opérateurs : illustration des différences entre le pétrole et l'électricité à partir des entretiens chez Alstom et Schlumberger

3.1.- Le désengagement technologique des opérateurs de l'électricité suscite une réorganisation résiliente des fournisseurs (horizontale et verticale vers l'amont) et leur internationalisation

Au début de l'année 2000, nous avons souhaité procéder à des entretiens dans l'entreprise ABB Alstom Power (aujourd'hui rebaptisée Alstom Power). Cette entreprise constituait l'un des cas les plus évidents, dans l'histoire de cette industrie de la construction électrique, de société parvenue à l'un des tous premiers rangs mondiaux à la suite de sa croissance externe et d'une action de rationalisation/consolidation.

⁶³ Cependant pour Halliburton comme pour Schlumberger, les impacts constatés sont plus « comptables » que réels pour les données relevant de 1998*. En effet la plupart des brevets ajoutés suite à l'absorption correspondent à des demandes faites avant l'absorption. Pour évaluer réellement cet impact, il faudrait attendre des données sur 2000 ou 2001, de manière à tenir compte d'éventuelles réorganisations de la géographie des activités technologiques de ces deux firmes suite à ces absorptions.

A travers le cas de cette entreprise et grâce aux informations recueillies après de nos interlocuteurs, nous pouvons illustrer de manière satisfaisante les hypothèses proposées à la fin du chapitre 2 concernant les relations entre fournisseurs et opérateurs dans l'électricité et la nature de l'internationalisation des activités technologiques des premiers dans ce contexte.

3.1.1.- Le désengagement technologique des opérateurs de l'électricité crée de nouveaux rapports avec les fournisseurs d'équipement qui subissent de nouvelles contraintes

a) Les nouvelles exigences des clients dans le contexte de mondialisation et de concurrence renforcée de la fin du 20^{ème} siècle

Le mouvement de déréglementation/privatisation dans l'industrie de la production d'électricité, initié dans les pays anglo-saxons dès le milieu des années 80 accéléré depuis 1995/96, a eu des conséquences sur les modalités de l'apprentissage technologique.

- **La part des *utilities*** (producteurs classiques comme EDF) dans les commandes mondiales de centrales électriques **a décliné** de 90% à 40%, et **celle des *Merchant + IPP*** **a augmenté** de 2,4 à 50%, entre 1984 et 1999. On observe par conséquent un **désengagement brutal de l'effort de R&D de l'industrie de la production d'électricité**, avec des intensités comprises maintenant entre 0 et 1% au mieux, voire **souvent plus aucun programme**, et un "remplacement" par de la simple veille technologique. Pour les traders, il n'y a même pas de veille technologique. Ces **clients** -les IPP- **exigent des *Return On Investment* très élevés**, et des **technologies assurant une bonne prédictabilité** de leur production. Ce mouvement, initié depuis le milieu de la décennie 90, est maintenant réalisé, à quelques exceptions près.
- Il subsiste une intensité moyenne de R&D nettement plus importante, de l'ordre de 3 à 5%, chez les **constructeurs**, même s'il y a une tendance à une rationalisation de l'effort, par suite de **contraintes financières** ; ces constructeurs sont obligés de faire des choix réduisant la variété technologique dans des familles de produits substituables. Ils essaient des acquisitions externes et investissent dans les technologies aboutissant à des productions d'énergie de moins en moins polluantes.
- Les soutiens publics, même s'ils sont plus internationalisés qu'avant (Union Européenne, filiales américaines) sont encore davantage recherchés pour le co-financement de la R&D. La proportion obtenue (entre 60 et 80%) tend donc à reléguer les financements privés au rôle d'appoint.
- La **quasi-disparition des "retours" et du "dialogue" technologiques avec les sociétés de production d'électricité** n'est que très faiblement compensée par une augmentation des partenariats technologiques avec les grandes sociétés internationales d'engineering (Foster Wheeler, Technip...).

En conséquence pour Alstom Power, **« la relation entre clients et fournisseurs a changé fondamentalement. La conception traditionnelle d'interventions de maintenance corrective et de réparations non programmées a été étendue aux inspections préventives, partenariats de**

*maintenance, rénovations d'installations, à la formation et à la mise au point conjointe de produits. L'ampleur de ce changement est illustrée par le fait que les services client ont représenté plus de 20% du chiffre d'affaires de GEC-Alsthom en 1996, un chiffre qui devrait augmenter dans les années à venir » (Panorama, mars 1997, p.10)"Souvent **les entreprises privées ne se contentent pas de projets clés en mains, mais demandent également que leur soient fournis des services allant au delà de la simple fourniture d'équipement incluant habituellement la maintenance à long terme, et parfois une participation au capital"** (Panorama, automne 1996, p.10).*

b) Deux stratégies possibles pour les fournisseurs d'équipement, exigeant un effort constant de R&D

Deux types de stratégies paraissent pouvoir se maintenir dans le temps.

- Pour **le leader** General Electric, un effet de **réputation** lui permet d'imposer sa présence dans certains composants nobles de la turbine à gaz⁶⁴, **sans obligation d'ingénierie**, alors que le marché évolue de plus en plus vers le clé en main ; cette entreprise peut en conséquence espérer un **taux de profit moyen plutôt à 2 chiffres** (10/12%). Cependant GE, devant les changements du marché, en est venu également à la fourniture de services pour des clients qui n'avaient plus le niveau technologique d'avant, et au rachat occasionnel de petits constructeurs.
- Pour **les autres constructeurs**, la **prestation risquée, en terme de rentabilité** (5% de taux de profit au maximum), de **fourniture clé en main** (équipement plus service /ingénierie) avec **engagement de garantie sur les résultats**, est une obligation, de même que le rachat fréquent de constructeurs de taille moyenne /importante, pour parvenir, après rationalisation, à des coûts, des délais, des performances et à un renouvellement technologique suffisants, après avoir effectué des choix de spécialisation entre techniques concurrentes héritées des firmes rachetées.

Dans **tous les cas un effort de R&D supplémentaire est indispensable** : pour le leader en vue de consolider sa position et de poursuivre ses concessions de licences sur les nouvelles technologies ; pour les autres entreprises afin de répondre aux exigences des clients devenus incapables de maîtriser les systèmes technologiques qu'ils utilisent.

⁶⁴ Notamment les dispositifs permettant une amélioration de la capacité de résistance aux températures élevées, tirés des retombées des recherches effectuées sur les turbo-réacteurs.

3.1.2- L'adaptation stratégique des fournisseurs repose sur plusieurs registres

a) L'évolution des activités vers les services pour mieux valoriser les efforts de R&D

Le changement de critère de choix des opérateurs électriciens, et leur changement de nature, ont fortement contribué d'abord à des **évolutions substantielles dans la "chaîne de valeur"** de l'énergie, que l'on peut résumer dans les tendances suivantes :

- entrée de nouveaux acteurs dans la génération électrique, associant des métiers de vendeurs de combustibles, de producteurs d'électricité, et de trading,
- externalisation de fonctions de support, telles que exploitation et maintenance, collecte de données,
- besoins de nouvelles fonctions support telles que technologies de l'information, systèmes,
- séparation comptable des flux monétaires entre vendeur d'énergie électrique, fournisseur de services énergétiques, négociants sur les marchés spots de l'électricité et autres produits financiers dérivés,
- fort attrait chez les clients de l'industrie électrique pour les systèmes d'électricité répartie ou distribuée, et pour la cogénération de petite taille.

En partant de cela, la une représentation d'Alstom Power sur l'évolution de ses activités, tend à opposer une « vision traditionnelle » à la « **nouvelle vision** ». Cette opposition synthétise assez bien les changements structurels survenus dans le secteur, changements auxquels on peut ajouter une intensité concurrentielle accrue et davantage internationalisée, et le contexte de passage vers « l'économie fondée sur la connaissance ».

Tableau 33 : Les différences entre les visions du début et de la fin de la décennie 1990 des marchés des grands équipements électriques

"Vision traditionnelle" (celle de la fin des années 80 et du début des années 90)	"Nouvelle vision" (celle de la fin de la décennie 90)
Marché d'équipement	Solutions et services
Croissance du PIB	Segments à forte croissance
Surcapacité	Concentration progressive entraînant la rationalisation
Produit de base	Solutions différenciées
Fort caractère cyclique	Globalisation neutralisant l'effet cyclique

Source : Résultats annuels 1999/00, 23 mai 2000- Bruxelles, www.alstom.com.

Outre l'abandon des relations avec General Electric dans le domaine des turbines à gaz, et l'achat de licences chez Ballard (PEMFC), il est à souligner que **les services prennent déjà une plus grande part de l'effort technologique de groupe**. Cette tendance devrait se renforcer (tableau 34).

Au-delà des perspectives plus élevées de croissance dans le marché des services, l'affichage de cet objectif vise probablement aussi à signifier aux marchés financiers et à leurs analystes la volonté du groupe :

- d'une part de **diminuer à terme la part de ses activités purement matérielles** (équipements) à faible marge unitaire,
- d'autre part de **s'adapter aux demandes très différentes des nouveaux clients** dans la production d'électricité.

b) L'évolution des relations inter-organisationnelles : concentration et réseau vertical amont

Les modifications structurelles des demandes de l'industrie électrique, jointes à l'ouverture des principaux marchés nationaux, génèrent une **augmentation de l'intensité concurrentielle** dans le secteur. Malgré la reprise des commandes sur le marché mondial, et malgré une forte concentration du secteur (il reste 4 à 5 constructeurs mondiaux) cette concurrence accrue s'est traduite par une baisse conséquente des prix de ces fournitures.

Cette baisse des prix est à son tour l'un des facteurs explicatifs de la **concentration accrue dans le secteur**, du fait du déplacement du point mort d'équilibre vers des tailles de marché plus importantes.

Les constructeurs survivants peuvent être divisés pour les turbines à gaz entre d'une part le **leader** (General Electric) **faiseur de prix et bénéficiant d'une supériorité technologique** renouvelée périodiquement, et d'autre part des **compagnies de rang mondial** contraintes à des **choix de niche** et de prestation de services différents pour survivre avec une rentabilité suffisante. L'émergence de systèmes distribués d'électricité (micro-turbines, piles à combustibles...) peut contribuer à favoriser l'**émergence de nouveaux entrants**. Mais le leader se prépare aussi à cette éventualité, et il développe également les technologies de gazéification du charbon, avec l'aide de l'US DOE.

Tableau 34 : Les objectifs de croissance d'Alstom dans le marché mondial des services dans l'énergie et les transports (2000)

Secteur	Perspectives mondiales de croissance des marchés par intégration du secteur des services (perspectives globales : +50%)		Répartition actuelle des équipements et services chez Alstom en 1999/00		Objectifs croissance des services chez Alstom
	Anciens marchés des équipements (en milliards ou Geuros)	Nouveaux marchés des services (en milliards ou Geuros)	Equipements (% et Geuros)	Services (% et Geuros)	
Energie	80 (Gaz, vapeur) chaudières, hydro, lot conventionnel & génie civil)	40 (Services)	70% (7,4 GE)	30% (3,2 GE)	De 30 à 40%
Transport et Distribution d'énergie	20 (TD équipement et systèmes)	10 (Exploitation & maintenance, gestion des réseaux, gestion de l'énergie & négoce)	90% (2,46 GE)	10% (0,3 GE)	De 10 à 25%
Transport	16 (Matériel roulant, équipements & locomotives)	8 (Signalisation, services & infrastructures)	60% (2,4 GE)	40% (1,6 GE)	De 40 à 50%
Total	116	58	12,26 GE	5,1 GE	

Source : Résultats annuels 1999/00, 23 mai 2000- Bruxelles, www.alstom.com

Dans ce contexte de **nouvelles relations inter-organisationnelles** peuvent permettre de **surmonter les nouvelles contraintes de coûts et de taille**. Elles se développent dans plusieurs directions.

Au **niveau horizontal** et dans le cadre des **relations avec les concurrents**, au delà des nombreuses restructurations industrielles et autres **acquisitions/désinvestissements**, les **partenariats technologiques** s'organisent durablement **entre un leader** (General Electric) détenteur de plusieurs licences clés, régulièrement renouvelées, **et des licenciés co-financiers** et quelque fois co-développeurs. Dans cette perspective, les JV et les partenariats s'organisent principalement dans ce réseau hiérarchisé, et accidentellement et marginalement hors de ce réseau. En outre, et corrélativement, l'existence de ces réseaux de relation technologique hiérarchisée contribue à orienter les mouvements de restructuration financière et organisationnelle de l'industrie de la construction électrique.

L'existence de cette hiérarchie technologique n'interdit pas au groupe Alstom Power de rechercher une efficacité de sa R&D interne grâce à une **externalisation partielle** de cette dernière à travers des "*parrainages et des partenariats avec les Universités*" (Panorama, juillet 2000, p. 16). "*Le benchmarking avec des sociétés extérieures, les partenariats, les échanges avec des universités et l'utilisation de fonds européens sont autant de facteurs qui contribuent à réduire le coût de l'innovation*" ("Energy Technology Center, Whetstone, Leicestershire, RU", Panorama, juillet 1999, p. 29). Ainsi la firme affirme sa satisfaction à entretenir des "*partenariats pour la recherche industrielle avec des unités dans le monde entier, notamment au Canada (Ballard) et en Allemagne (le Jülich Forschungszentrum) pour les piles à combustible, et aux Etats-Unis pour les logiciels de surveillance et les systèmes de commande basés sur Internet. En France, un partenariat a débouché récemment sur l'industrialisation d'une invention... : le développement de systèmes d'électronique de puissance à moyenne tension, essentiels pour la traction des locomotives et les systèmes d'entraînement à vitesse variable*" (Panorama, mai 2000, p.17).

Enfin l'externalisation de l'effort technologique des clients, dans la quasi-totalité de ce qui leur reste de politique technologique, incite à leur tour les constructeurs/fournisseurs à **externaliser en amont une partie de leur effort technologique vers leurs propres fournisseurs**, partenaires technologiques publics..., en bref à constituer la firme en "organisation apprenante" pour mieux capter les nouveaux signaux de l'environnement, les nouvelles compétences clés dans de petites firmes ou dans les laboratoires publics.

Chez Alstom Power, bien que l'essentiel de la R&D se fasse en interne et que la remontée de la contrainte de la R&D vers ses fournisseurs de composants reste limitée, certains sous-traitants stratégiques sont associés aux recherches d'Alstom, surtout dans le développement, avec transfert des tâches légères (et de compétences) vers le fournisseur. Mais cela reste du domaine du cas par cas, non systématique et réversible. Il n'y a **pas d'externalisation pure et simple**, surtout pour les composants stratégiques, mais un dialogue peut s'établir avec **partage des tâches**, dans lequel Alstom ne fait pas lui-même le développement, pour des raisons de coût. Mais dans ce cas **Alstom garde les compétences qui lui permettraient de le faire**, ce qui lui assure le contrôle potentiel de l'innovation. Ce **fonctionnement est appelé à se développer**, car il est plus efficace dans la mesure où le groupe garde la compétence d'architecte et d'intégration. Ceci se fera aussi plus naturellement avec le développement des nouvelles technologies de l'information et de la communication⁶⁵.

3.1.3- L'internationalisation des activités technologiques des fournisseurs n'est pas seulement une réponse stratégique, mais aussi une conséquence, à optimiser, des restructurations liées aux nouvelles contraintes

Alstom Power, à la fin des années 90, a des activités technologiques moyennement internationalisées. Il est intéressant de noter que cette internationalisation, qui s'accroît par ailleurs, est le résultat de deux dynamiques distinctes.

⁶⁵ Le groupe développe parallèlement une politique de baisse de ses prix d'achat chez ses fournisseurs.

D'un côté, une **stratégie volontaire de déploiement d'activités de recherche à l'étranger** se confirme depuis la fin des années 90. Progressivement des *lead centers*, dont le principal est le laboratoire de recherche de Stafford (R.U), sont créés à l'étranger, notamment pour accéder aux crédits de R&D du groupe. Pour cofinancer ces centres, le groupe a créé *l'Alstom Advanced Development Fund* regroupant 22 projets lors de la première année. Selon le directeur de la Technologie, J.P. Hauet, "*L'AADF a trois objectifs principaux : encourager le lancement de nouveaux projets à risques en partageant les coûts avec les secteurs qui les prennent en charge ; encourager les projets d'intérêt transversal - l'assurance d'obtenir un appui financier de la Direction Générale facilite la mise au point des coopérations entre les différents secteurs- et pour finir accélérer les projets stratégiques en injectant des fonds parfois difficiles à réunir à partir d'un budget local*" (Panorama, mai 2000, p.16).

D'un autre côté **l'un des principaux objectifs du groupe est de rationaliser la R&D au niveau mondial** en opérant des arbitrages pas trop difficiles dans toutes les sociétés héritées des acquisitions de Gec et d'Alcatel dans Gec-Alsthom, puis des arbitrages plus complexes entre les actifs ABB dans ABB-Alstom Power, et les actifs de Gec-Alsthom (tableau 9).

L'internationalisation des activités technologiques apparaît alors comme un **sous-produit d'opérations de concentration dont les motifs ne sont pas essentiellement technologiques** et qui s'expliquent essentiellement par les nouvelles contraintes imposées par les clients opérateurs. Elle oblige à un effort de rationalisation (suppression des doublons, recherche de synergies) qui n'exclue pas de tirer parti d'opportunités non prévues ou recherchées à l'origine.

Les opérateurs, de plus en plus divers, trouvent avantage à l'internationalisation des activités technologiques de leurs fournisseurs, dont les compétences technologiques sont ainsi plus adaptables à des configurations différentes d'un cas à un autre.

Tableau 35: Les technologies ayant entraîné une rationalisation

Technologie	Héritage Gec-Alstom + Man Energie	Héritage ABB + Combustion Engineering
Chaudière vapeur à chambre	Velizy- Stein Industrie	EVI - Stuttgart
Chaudière à lit pulvérisé	Stein Industrie	Allemand : chaudière au lignite
Chaudière à lit fluidisé circulant	Stein Industrie	ABB
Chaudière à lit fluidisé sous pression	Stein Industrie-Licence Lurgi	ABB - PFBC

Source: auteurs d'après entretien

3.2.- La transformation des opérateurs du pétrole en firmes réseaux garantit un rythme soutenu de progression des activités technologiques des fournisseurs qui s'internationalisent parallèlement aux opérateurs partenaires

Deux interviews ont été réalisées avec M. Claude Roulet, vice-président Technical Coordination Europe de Schlumberger Oil Field Services-Europe, et vice-président de European Oil&Gas Innovation Forum, organisation professionnelle rassemblant 3000 entreprises européennes de l'industrie para-pétrolière.

Schlumberger, firme para-pétrolière à deux nationalités (France et Etats-Unis), a ces dernières années mené à bien une réorganisation en profondeur de ses activités technologiques, dont la logique s'inscrit dans le contexte de nouvelles relations d'apprentissage suscitées entre autres par l'évolution des opérateurs.

3.2.1- Les nouvelles exigences technologiques des opérateurs du pétrole entraînent la transformation des relations avec leurs fournisseurs

a) L'externalisation des activités technologiques des opérateurs vers leurs fournisseurs n'est que partielle : la fonction d' « architect star »

Chez les pétroliers une **nouvelle tendance d'externalisation partielle** est observée chez **BP**, au **début de la décennie 1990**, avec l'arrivée de John Brown dans l'exploration-production. Pour augmenter sa compétitivité, BP ne souhaite plus développer sa technologie, mais utiliser les meilleures technologies disponibles en externalisant une partie de ses recherches internes. L'objectif est de se concentrer sur l'acquisition de réserves et de les exploiter au moindre coût. Exxon, Mobil suivent ensuite le même sentier. Shell passe une alliance avec Halliburton.

Les **conséquences pour un fournisseur** comme Schlumberger sont de deux ordres :

- **les donneurs d'ordre deviennent plus puissants**, d'où des squeeze sur les prix des équipements et services fournis notamment en période de basse conjoncture ;
- **ils se concentrent sur un nombre restreint de tâches**, d'où des opportunités de développement technologique.

Le **profil des fournisseurs** change du statut de fournisseurs d'équipements et services à celui de **fournisseurs de "solutions systématiques (ou systémiques) "**, pour une compagnie ou un ensemble de compagnies. Cela les conduit à accentuer leurs dépenses de R&D et leurs efforts technologiques en général. Les **opérateurs** tendent à se transformer en gestionnaires d'actifs : on parle de la fonction d' « **architect star** ».

Il est à noter que le clé en mains dans la production de pétrole n'existe que pour les petites compagnies indépendantes. Pour garder une gestion effective de leurs réserves, il semble **hors de question que les grandes compagnies externalisent complètement leurs activités technologiques**. La veille technologique reste indispensable, avec en outre une expertise d'intégration systémique, et **capacité de contrôle** et une **formulation des fonctionnalités**.

Sinon, il n'existerait plus d'avantage concurrentiel. A l'heure où les barrières à l'entrée ont baissé, il y aurait un risque de dépendance envers les fournisseurs qui eux peuvent changer de clients.

b) Fournisseurs et opérateurs tirent profit d'une relation partenariale

Tableau 36: Bilan des avantages et contraintes de la coopération en R&D entre opérateurs et fournisseurs du para-pétrolier selon Schlumberger

	Opérateurs Pétroliers	Fournisseurs para-pétroliers
Avantages pouvant être retirés sur des projets communs de R&D	<p>Réponse plus rapide et mieux adaptée à des problèmes spécifiques d'exploration et production.</p> <p>Accès plus rapide à la nouvelle technologie, d'où renforcement du leadership et de son image dans l'industrie.</p> <p>Contribution possible à la commercialisation de la R&D interne, et possibilité d'influencer les programmes de recherche des fournisseurs.</p>	<p>Opportunités de compréhension plus rapide de la valeur des services nouveaux et intégrés, ainsi que des possibilités de nouvelle expérimentation, testing et validation.</p> <p>Disponibilité éventuelle d'expertise complémentaire chez l'opérateur.</p>
Compétences spécifiques	<p>Meilleure aptitude à la définition des problèmes d'ensemble, de l'appréciation de l'impact du progrès technique sur les résultats de l'industrie.</p> <p>Possibilité unique d'offrir un terrain d'expérimentation.</p>	<p>Identification plus rapide des obstacles rencontrés pour transformer une idée en service commercial.</p> <p>Compétences pour passer de l'expérimentation à un équipement utile sur le terrain.</p>
Contraintes stratégiques	<p>Souhait de la compagnie de bénéficier d'un monopole temporaire sur l'innovation co-développée.</p>	<p>Après une période d'exclusivité, le fournisseur doit pouvoir commercialiser l'innovation à l'ensemble du marché.</p>

Source : auteurs, d'après site Internet de Schlumberger, Joint R&D with clients.

3.2.2- Les fournisseurs réorganisent leurs activités technologiques en réseau mondial de connaissances

a) Au niveau interne, l'utilisation des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) re-dynamise les échanges de connaissances au sein d'une firme mondialisée

La prise de conscience d'un nouvel environnement concurrentiel et technologique (obsolescence plus rapide des innovations, impossibilité de suivre toutes les directions intéressantes), jointe à la conviction que le développement rapide des TIC accélère le passage à un **nouveau modèle de l'innovation avec de nouvelles potentialités de communication en temps réel entre des équipes très éloignées géographiquement**, conduisent le

management de Schlumberger à une réorientation radicale. Un très vaste effort de **réorganisation interne** est entamé par l'organisation de forums, de consultations personnalisées, pour obtenir une organisation de la division "Oil field Services" plus réactive et apte à gérer efficacement les flux de connaissance internes et externes (Universités, clients). Pour comprendre les grandes lignes de cette réorganisation, il faut revenir sur la vision de Schlumberger des anciens et nouveaux modèles de l'innovation.

On peut dire, en simplifiant, que cette distinction recoupe largement celle séparant l'ancien modèle linéaire (recherche fondamentale, puis appliquée, puis développement, puis mise sur le marché) du nouveau modèle interactif (Kline and Rosenberg, 1986). De plus cette distinction se combine avec celle de l'émergence de nouveau mode de production et d'utilisation des connaissances ⁶⁶.

Pour Schlumberger⁶⁷, **l'ancien modèle de la R&D** remonte à 50 ans, quand après l'expérience de la guerre " *the national labs in the US, which for safety and security reasons were located in out-of-the-way places, established the model which was copied in other countries, such as the CNRS in France or the Institutes of the Russian National Academy of Sciences. Companies followed this lead. Research labs were established away from the operations of the company to prevent the innovation process from being disturbed by real problems - so-called "blue-sky" research- and to keep the work of researchers in house. Many labs had rule against their scientists publishing their results..."* "The first Schlumberger research lab is a classic example. It was built in 1948 in Ridgefield, Connecticut, a little town in the New England woods near the intellectual centers of Yale, MIT and Princeton, but a long way from the oil fields and our client.

This model has been modified and refined to make R&D part of the business plan and to improve the linkage between R&D, manufacturing and operations.... However the old model is still very much alive." (Euan Baird, op.cit.)

Le **décloisonnement fonctionnel de la R&D**, grandement facilité par le recours aux TIC, se double d'un effort plus ancien encore de **décloisonnement géographique**.

⁶⁶ Une synthèse de cette transition peut être trouvée par exemple dans Saviotti P.P, Nooteboom , B., (eds), 2000, (Introduction, p.1-16). , On assiste dans les années 1990 à l'émergence de : "l'économie fondée sur la connaissance" dans laquelle les nouveaux avantages compétitifs résident dans les capacités des firmes à produire et utiliser la connaissance (p.4,5), qui s'exprime par l'expansion continue d'activités intensives en connaissance dans tous les secteurs de l'économie.

Cette émergence serait notamment le résultat d'un passage d'un ancien à un nouveau modèle des connaissances.

Dans le Mode 1 on observe une séparation institutionnelle entre :

- la création de nouvelles connaissances de base, par la recherche fondamentale, avec un système spécifique d'évaluation des résultats de cette recherche : "peer review".
- L'exploitation commerciale /utilisation de cette connaissance de base, par la recherche appliquée/développement dans les firmes. Ses résultats sont évalués par le marché.

Dans le Mode 2 , création et utilisation de connaissances se produisent simultanément, avec un feedback continu entre les deux processus.

En conséquence l'organisation industrielle est affectée par cette transition vers la société fondée sur la connaissance. L'émergence de réseaux de collaboration inter-institutionnelle en R&D, bien que très imparfaitement comprise, est liée à cette "économie fondée sur la connaissance"

⁶⁷ Source : Euan Baird, 1999, Innovation-Anywhere, Anytime, Keynote presentation at the 1999 Annual Conference of the European Industrial Research Management association- Information and Communications Technology in R&D, 27 May 1999, Lisbon, Portugal.

En effet, dans la recherche de la supériorité technologique à l'échelon mondial, le management de Schlumberger... "*have come to understand that no continent or culture has a monopoly on creativity. Since the creation of Ridgefield research center, we have built a worldwide network of engineering and research centers to serve as antennae, gathering ideas from the intellectual capitals of the world*".

L'internationalisation des activités technologiques est donc une réalité ancienne dans la firme. Cependant, « *the multiple centers became isolated and too independent, making redundancy of effort a serious problem* ». Schlumberger demande alors aux concepteurs du **réseau internet** militaire de **construire ce réseau mondial**, qui serait un ancêtre du réseau Internet civil. En 1995 toutefois, "*the full potential of the system caused us to rethink our organizational structure.*" En 1997, cette réorganisation est entamée, et s'achève trois années plus tard. Le nouvel avantage concurrentiel semble résider maintenant dans "*what you know and how quickly and effectively you can harness this knowledge to your competitive advantage*" (E.Baird, op.cit.).

On a donc là tout un ensemble de problématiques de gestion interne d'une firme multinationale qui la conduisent, en dehors même des évolutions concernant les relations avec ses clients, à développer un fonctionnement en réseau de ses activités technologiques.

b) Au niveau inter-organisationnel, la firme ouvre son réseau de création de connaissances sur l'extérieur

La dérégulation, la globalisation concurrentielle, le développement impressionnant des technologies de l'information et de la communication sont à la source d'une plus grande connectivité entre les sociétés, les personnels, les experts. Avec ce processus une partie de la technologie se banalise parce que notamment les barrières à l'entrée diminuent.

D'un autre côté **il n'est plus possible de développer tout seul des champs technologiques**. Les positions concurrentielles sur certaines technologies changent ainsi rapidement. Par exemple Schlumberger qui était leader mondial incontesté dans la technologie des compteurs d'eau ou de gaz est rejoint par toute une série de concurrents.

Il faut donc pour survivre rajouter de la valeur dans les domaines technologiques d'excellence de l'entreprise. Il faut pour cela fournir des solutions systémiques à des problèmes économiques de grande ampleur. De cette manière les fournisseurs para-pétroliers peuvent répondre aux attentes nouvelles de leurs clients opérateurs tout en renforçant leur avantage concurrentiel.

Cela implique la **recherche de partenariats** sous diverses formes:

- soit dans une perspective sectorielle amont **avec ses fournisseurs**, ou aval **avec ses clients**,
- soit dans une perspective technologique plus transversale avec des **collaborations universités /industries**, que les universités soient grandes ou petites (voir en annexe 6 la liste concernant Schlumberger).

Cela peut impliquer aussi l'acquisition externe de compétences par les **fusions/acquisitions**. De même que par ce processus les fournisseurs para-pétroliers peuvent externaliser une partie de leurs activités technologiques pour concentrer leurs efforts sur les technologies clés. Quoiqu'il en soit, les relations inter-organisationnelles sont une source d'apprentissage essentielle.

Concernant les relations aval avec les clients, face aux inconvénients de son ancien modèle d'innovation, **Schlumberger a essayé de construire un "distributed, open model of innovation ...at the shifting interface between what our clients do themselves and what they outsource."**, modèle largement fondé sur un **recours systématique aux TIC**. *"It will transform both interfaces (new products and services/ clients, and new products and services/ knowledge) by allowing clients to be an integral part of the virtual project team, and by making knowledge reuse, through technical communities much easier. All projects become both client and technology driven and are no longer confined by the walls of the R&D centers"*(Euan Baird, op.cit.).

Dans son nouveau modèle résiliaire de création de connaissances, il deviendra de plus en plus difficile de distinguer :

"What is R&D and what is marketing operations?"

What is proprietary technology and what should be shared with partners- such as universities or other companies ?

What is "inside" the company and what is outside?"

Who are partners, and customers and competitors" (E.Baird, op.cit.).

*

* *

4- Conclusion

Au-delà de la confirmation d'ensemble des attendus empiriques formulés à la fin du chapitre 2, il convient de mettre en relief un enseignement particulièrement intéressant tiré de cette série de résultats.

Il apparaît en effet que l'internationalisation croissante et rapide des activités technologiques des firmes concerne surtout des ensembles de firmes dont les performances technologiques (en termes de dépôts de brevets) se sont accrues très sensiblement, pour en faire les ensembles dominant largement leur catégorie : ainsi des firmes européennes de la construction électrique, et des firmes des Etats-Unis dans le para-pétrolier. Cette relation est à analyser dans le chapitre qui suivra.

Cependant l'étude qualitative nous permet de remarquer que les contraintes ne sont pas les mêmes dans les deux catégories de firmes. Dans la construction électrique l'internationalisation concerne des firmes soumises à une concurrence exacerbée et des pressions de prix qui poussent à la concentration, ainsi qu'à des exigences technologiques fortes de leurs clients. On notera d'ailleurs que le leader du secteur, seule firme à pouvoir pour l'instant se soustraire à de telles contraintes, s'est abstenu jusqu'à présent d'internationaliser ses activités technologiques.

Par contre les firmes du para-pétrolier déploient leur internationalisation dans un contexte de mise en réseau de leurs activités technologiques et de relations partenariales avec des clients moins prompts aux efforts technologiques qu'auparavant.

Ces différences de contexte doivent nourrir notre analyse de l'internationalisation des activités technologiques dans les industries énergétiques. Cette analyse nécessite donc à présent l'interprétation des tendances mises en évidence.

*

* *

Chapitre 5

Interprétation des résultats empiriques

Nous terminons ce rapport par l'interprétation des résultats empiriques obtenus. Les chapitres 2 et 4 nous ont donné une série d'informations essentielles. Sous l'effet de mutations institutionnelles et concurrentielles intervenues à partir des années 80, les industries de l'énergie ont connu une reconfiguration des dynamiques technologiques qui les caractérisent et des acteurs qui les mettent en œuvre. Les producteurs de pétrole et d'électricité ont réduit ou abandonné leur effort technologique. Leurs fournisseurs d'équipement en amont ont au contraire maintenu leur effort et accru leurs performances technologiques. Cela s'est accompagné d'une spécialisation technologique internationale chez les fournisseurs nettement plus marquée qu'auparavant. Parallèlement, les industries de l'énergie suivent un processus d'internationalisation des activités technologiques des firmes, surtout pour les catégories de firmes fournisseurs dont les performances technologiques se sont le plus améliorées depuis le milieu des années 80. Enfin la nature des relations industrielles entre opérateurs et fournisseurs a profondément changé.

Nous proposons une interprétation en deux volets de ces résultats, de manière à vérifier la pertinence des hypothèses émises au chapitre 1 sur la nature du processus d'internationalisation des activités technologiques des firmes.

Tout d'abord nous analysons le désengagement technologique des opérateurs et l'implication croissante des fournisseurs ainsi que les changements dans leurs relations réciproques comme la mise en œuvre d'une dynamique de réseaux dont la tête s'est déplacée. Cette dynamique semble valider les prédictions du chapitre 1 sur l'évolution de l'organisation des activités technologiques dans les grandes firmes. Mais elle éclaire un phénomène important : la tête d'un réseau en matière de création technologique ne coïncide pas nécessairement avec la tête du même réseau en matière de pouvoir de négociation et de marché.

Ensuite nous considérons l'internationalisation des activités technologiques des firmes comme un moyen privilégié de mettre en œuvre une dynamique de réseau dans ce domaine. De plus en plus tournée vers les complémentarités entre SNI, l'internationalisation des activités technologiques permet de renforcer les performances technologiques des firmes tout en favorisant les interactions avec les tiers. Elle n'est toutefois pas exclusive d'autres moyens plus classiques et managériaux d'étoffer les réseaux des firmes, comme le prouve le recours encore massif aux fusions, acquisitions et cessions.

1- Les nouveaux réseaux de la création technologique dans les industries énergétiques : remontée vers l'amont et redistribution des rôles entre fournisseurs et opérateurs

Dans quelle mesure les changements observés dans les stratégies technologiques des opérateurs d'une part, et des fournisseurs d'autre part, sont convergents avec les analyses de la littérature prédisant le passage d'une stratégie managériale intégrée à une stratégie désintégrée en réseau (cf. Chapitre 1) ?

Si on peut dégager une dynamique commune aux deux industries consistant en la formation de réseaux d'apprentissages technologiques de plus en plus centrés sur les fournisseurs, il reste des différences notables dont l'origine réside dans le rôle tenu par les opérateurs. Néanmoins, même lorsque ces derniers se désengagent complètement de la création de technologie, ils gardent une fonction essentielle dans la définition des orientations des standards technologiques de leur secteur.

1.1- L'inégale pertinence des prédictions de changement de modèle de stratégie technologique pour les opérateurs

Le cas des opérateurs pétroliers

Il convient de distinguer deux types de firmes dans ce domaine.

- L'évolution générale des quatre ou cinq majors occidentaux s'inscrit plutôt dans le cadre des prédictions. En effet, la perspective d'un cantonnement des activités technologiques à la seule fonction d' « architect star » semble peu vraisemblable, dans la mesure où la poursuite d'un effort – réduit mais effectif – de création technologique propre reste une dimension incontournable de l'avantage technologique de ces firmes, et donc un aspect nécessaire de leur survie concurrentielle. Toutefois la politique d'externalisation menée depuis le début des années 90 réduit l'importance de leur rôle de tête de réseau dans les apprentissages technologiques en matière de forage-exploration.
- Les firmes plus secondaires en revanche s'éloignent davantage du modèle théorique d'apprentissage désintégré en réseau. Les domaines technologiques qu'elles ont externalisés sont de moins en moins maîtrisés et deviennent l'objet de contrat de sous-traitance de spécialité. Il ne s'agit plus seulement de rationaliser les efforts technologiques en faisant mener ailleurs des investigations et développements dont on conserve les compétences, mais de réduire les coûts en abandonnant des champs technologiques à des tiers chargés d'assumer la dynamique d'apprentissage.

Le cas des opérateurs de l'industrie électrique

Leur désengagement quasi-total des activités technologiques diverge radicalement avec les prédictions de changement de modèle. Alors que jusqu'aux années 80, ils constituaient dans certaines régions un élément central du système d'apprentissages partagés entre leurs fournisseurs et eux-mêmes, se chargeant des tests, de la maintenance, de la définition des améliorations par l'usage, ils se contentent aujourd'hui de spécifier des exigences techniques fondées sur des objectifs de gestion et ne manifestent pas le souci de repousser les frontières de la connaissance dans le domaine de la conversion énergétique.

Une telle évolution pourrait caractériser une industrie parvenue, sur le plan technologique, à une maturité et des standards procurant une satisfaction pour la société. Or c'est loin d'être le cas. Cette industrie est au contraire concernée par des enjeux technologiques majeurs, d'ampleur planétaire, et de plus en plus urgents, dans un contexte de prise de conscience des problèmes écologiques et de la nécessité de systèmes de conversion fondés sur des ressources renouvelables et des technologies propres.

Par ailleurs, les avantages pour les firmes elles-mêmes de telles stratégies sont voués à s'épuiser à moyen terme. Elles risquent de payer cher la sauvegarde de leur rentabilité à court terme et leur désengagement de l'effort d'innovation technologique. Car leur base cognitive vieillissante et non renouvelée ne leur permettra, à terme, ni de garder la maîtrise de l'architecture globale de leurs installations (transférée à des sociétés d'ingénierie ou à des fournisseurs d'équipement), ni de faire face à l'irruption éventuelle d'une technologie majeure chez un concurrent (leur capacité d'absorption étant insuffisante), ni enfin de faire face à une éventuelle forte hausse du prix du gaz naturel.

Dans le cas des opérateurs de l'électricité comme dans celui des opérateurs du pétrole secondaires, un problème de viabilité à moyen terme se pose. Les enjeux technologiques sont considérables, exigeant la poursuite de recherches, alors que ces firmes ne renouvellent plus suffisamment leurs connaissances technologiques pour y faire face. La dynamique d'apprentissage ne peut continuer dans ces conditions que si elle est assumée par d'autres acteurs qui prennent le relais des opérateurs : c'est le rôle aujourd'hui tenu par les fournisseurs d'équipement.

Ces derniers organisent-ils leurs activités technologiques conformément aux prescriptions générales du chapitre 1 ?

1.2- Les firmes fournisseurs sont incitées à se constituer en réseaux, mais en outre à en prendre la tête

Le déplacement de la tête du réseau technologique vers les fournisseurs

La dynamique technologique des deux industries énergétiques étudiées dépend aujourd'hui de la contribution des firmes fournisseurs d'équipement. Nos résultats empiriques, et notamment les indicateurs de dépôts de brevets, montrent que cette contribution, en une quinzaine d'années, est devenue exclusive pour l'électricité, et de plus en plus dominante pour le pétrole.

Les fournisseurs ont ainsi augmenté sensiblement leurs efforts technologiques malgré les contraintes accrues sur les prix et malgré la médiocrité de l'évolution de leurs ratios de rentabilité. Ce faisant ils ont réussi à acquérir des compétences spécifiques qu'ils espèrent valoriser auprès d'autres clients tout en poursuivant des apprentissages cumulatifs.

On a donc assisté à une incontestable montée des fournisseurs dans le pilotage des réseaux technologiques, dans les quels ils deviennent les "têtes" de réseaux, soit dans tous les domaines technologiques (cas de l'électricité), soit dans une majorité d'entre eux (cas du pétrole).

Ce phénomène de remontée vers l'amont, c'est-à-dire vers les fournisseurs d'équipements spécialisés, de l'effort technologique est à rapprocher de mouvements analogues dans d'autres industries oligopolistiques. Ainsi que le décrit A. Kessler (1997), on assiste dans l'industrie automobile à l'émergence d'une conception partagée entre fournisseurs d'équipements spécialisés et constructeurs automobiles. Alors qu'auparavant les constructeurs distribuaient la conception à des fournisseurs tout en gardant les compétences nécessaires pour l'effectuer, aujourd'hui ils abandonnent les compétences propres à certains domaines et exigent en conséquence de leurs fournisseurs qu'ils développent d'importantes ressources en R&D. Toutefois dans l'industrie automobile, il semble que l'organisation générale de la dynamique technologique continue à reposer sur les constructeurs⁶⁸ : la tête de réseau reste en aval.

Dans les industries énergétiques, les nombreux mouvements de concentration chez les fournisseurs ont permis la constitution de grandes firmes. Ces dernières, sollicitées pour accroître leur effort technologique, ont réorganisé leurs activités technologiques afin de répondre aux attentes en terme de pilotage tout en préservant un minimum de rentabilité. Cette réorganisation semble correspondre à l'évolution résiliable prédite au chapitre 1.

L'organisation résiliable des activités technologiques des fournisseurs

Si la contribution technologique des fournisseurs s'est considérablement accrue depuis une quinzaine d'années, elle s'inscrit dans une tendance très nette à désintégrer une partie des activités technologiques afin de réduire les coûts tout en développant les interactions avec des tiers en vue de réaliser des apprentissages.

Ainsi les fournisseurs n'hésitent plus à externaliser à leur tour une partie des activités technologiques connexes au métier, soit par des désinvestissements progressifs, soit par de nouveaux contrats avec leurs propres fournisseurs de composants et systèmes. Cependant le maintien de compétences dans les domaines technologiques externalisés semble rester la règle : c'est une caractéristique de la fonction de tête du réseau technologique.

On peut remarquer que cette élaboration de réseau se développe parallèlement à la quasi-disparition de relations partenariales classiques avec les clients opérateurs, du fait de l'absence de volonté et/ou de compétences pour le faire, de ces derniers. Il apparaît donc que

⁶⁸ Notamment parce que de nombreux fournisseurs restent des entreprises de taille modeste.

les fournisseurs reconstruisent des relations résilientes avec leur propre amont, dans le but de poursuivre les apprentissages interactifs verticaux indispensables à la dynamique de création de connaissances, conformément à la thèse de B.A. Lundvall (1988,1992) (cf. Chapitre 1).

Par ailleurs la validité des analyses de Lundvall sur le caractère essentiel des relations utilisateurs-fournisseurs dans les apprentissages prend tout son relief si l'on remarque que les fournisseurs d'équipement électrique mettent à profit les contraintes que leur imposent leurs clients pour effectuer des apprentissages de type « learning by using » (Rosenberg, 1998) lors de la maintenance et de l'exploitation que leurs clients leur demandent de réaliser à leur place⁶⁹. Dans cette configuration-là les apprentissages sont peu interactifs du fait de l'inertie des clients, mais les fournisseurs récupèrent néanmoins des capacités d'apprentissage.

Enfin les fournisseurs étoffent leurs réseaux de manière complémentaire en direction d'autres partenaires que leurs propres fournisseurs et sous-traitants et leurs clients. La multiplication des accords de partenariat avec les universités (voir l'exemple de Schlumberger en annexe 6) ainsi que les contrats de licence (par exemple dans les turbines à gaz) ou les coopérations technologiques avec des concurrents (par exemple entre General Electric, Rolls Royce et Pratt & Whitney dans le domaine de la maintenance/réparation des turbo-réacteurs) en sont la manifestation.

1.3- Un paradoxe apparent : les efforts technologiques assurés de manière croissante par les réseaux des fournisseurs restent définis par les attentes des opérateurs

Si la tête du réseau a été transférée en amont quant à la création de technologie, elle reste bien en aval, chez les opérateurs, quant au pouvoir de négociation et quant à l'impulsion des grands changements techniques.

L'asymétrie des pouvoirs de négociation entre fournisseurs et opérateurs

Elle s'appuie bien sûr sur la différence de taille moyenne entre les entreprises opérateurs et les entreprises fournisseurs. Même si ces dernières ont grandi sous l'effet d'un puissant mouvement de concentration, elles ne sont pas en mesure de réagir par des opérations visant le capital de leurs clients, qui restent de très grandes firmes. Mais au-delà de cette limite de départ, on peut évoquer deux raisons au maintien du pouvoir de négociation des opérateurs. Elles traduisent un abaissement des barrières à l'entrée sur les marchés longtemps considérés comme peu contestables par les firmes fournisseurs.

⁶⁹ Cette extension de leurs activités aux services d'exploitation et de maintenance est d'ailleurs recherchée par les fournisseurs eux-mêmes car elle est plus rentable que les activités traditionnelles de production de biens matériels (cf. chapitre 4).

D'une part malgré la montée des fournisseurs dans les réseaux technologiques, les opérateurs tant électriques que pétroliers sont en mesure, avec les nouvelles règles concurrentielles, d'effectuer constamment la sélection de leurs fournisseurs à l'échelon mondial sur la base des meilleurs rapports qualité/prix. La seule exception s'observe lors de remontées des prix pendant les rares période de convergence - en partie mimétique - des commandes passées par les opérateurs. En dehors de telles périodes les fournisseurs ne peuvent se soustraire aux contraintes imposées par leurs clients dans la définition des caractéristiques des équipements et dans les prix pratiqués. Pour beaucoup d'entre eux cela explique la diversification croissante de leurs activités (vers des secteurs à plus forte valeur ajoutée).

D'autre part, malgré l'effort consenti par les fournisseurs pour renouveler les technologies, celles-ci ont aussi tendance à se standardiser car le "sur-mesure" est coûteux en investissement et en exploitation pour les opérateurs. Par conséquent les conditions d'une utilisation efficace des technologies sont moins difficiles à remplir qu'avant (pensons au cas extrême des turbines à gaz par opposition à celui des centrales nucléaires). Le concours actif des fournisseurs est donc nécessaire moins pour des raisons de spécificité de leurs savoirs et compétences que pour des raisons de coûts et de désengagement des opérateurs de cette catégorie d'activités de la production. La preuve en est fournie par la place de plus en plus importante prise par des firmes spécialisées d'architecture-ingénierie (Bechtel par exemple), notamment aux États-Unis, dans la fourniture de services d'exploitation et de maintenance.

Les fournisseurs d'équipement perdent donc progressivement leur pouvoir de négociation en ne détenant plus de savoirs spécifiques et incontournables pour leurs clients qui peuvent par conséquent les mettre en concurrence entre eux ou avec des firmes spécialisées établies engagées dans une course à l'augmentation des parts de marché

L'impulsion des principales orientations technologiques par les opérateurs

Les évolutions respectives des fournisseurs et des opérateurs quant aux sources de la dynamique technologique de leurs secteurs sont très contrastées. Si l'on reprend la taxinomie de K. Pavitt (1984), il apparaît que les fournisseurs appartiennent de plus en plus distinctement à la catégorie des secteurs dont les trajectoires technologiques sont basées sur la science (« science based »). En revanche, les opérateurs sont passés de secteurs à trajectoires technologiques basées sur la science à des secteurs à trajectoires technologiques dominées par les fournisseurs (« supplier dominated »).

Cependant, cela ne saurait signifier que ces opérateurs restent passifs dans la configuration des technologies qu'ils utilisent. Au contraire, leur pouvoir d'initiative dans les grandes étapes technologiques franchies par leurs fournisseurs d'équipement n'a cessé de croître. Il ne se fonde pas sur une amélioration de leurs compétences dans le domaine puisque leur désengagement de l'effort technologique est net. Il s'appuie par contre sur le renforcement de leur pouvoir de négociation.

Dans le cadre de cette négociation à leur avantage, les opérateurs relaient en termes de critères de fiabilité, de coûts et de grandes caractéristiques techniques (dimensions, flexibilité pour la production d'électricité, adaptation aux nouvelles conditions naturelles pour le pétrole), des

exigences apparues du fait de nouvelles règles institutionnelles, de nouvelles conditions concurrentielles, ainsi que, dans une moindre mesure, des attentes sociétales.

L'évolution des technologies produites par les fournisseurs depuis les années 80 a été presque entièrement déterminée par le souci de répondre aux exigences des firmes opérateurs. Leurs capacités d'initiative, de mobilisation de connaissances scientifiques pour proposer des configurations entièrement originales et inédites (par exemple dans le nucléaire), se sont réduites au profit de la concentration des recherches dans des domaines de plus en plus considérés comme standards (par exemple la turbine à gaz et demain les piles à combustible). Ces fournisseurs des industries énergétiques, tout en relevant de secteurs « science based », connaissent une dynamique technologique aujourd'hui typiquement tirée par la demande (pour reprendre l'opposition de J. Schmookler (1966) entre dynamique technologique poussée par la science et tirée par la demande).

L'enseignement principal est en définitive le suivant : pour appréhender dans son intégralité la dynamique résiliente décrite dans les travaux évolutionnistes (chapitre 1), il convient d'élargir le champ d'analyse empirique en associant aux opérateurs des industries de l'énergie leurs fournisseurs d'équipement. Alors la formation de réseaux se révèle plus complexe que ce qu'une approche limitée aux opérateurs laisse apparaître. En effet la dynamique des réseaux de création technologique doit être distinguée de celle des réseaux de création d'avantages concurrentiels et de pouvoir de négociation. Si la première se caractérise par une remontée de la tête des réseaux vers l'amont et les fournisseurs, la seconde continue à être centrée sur les opérateurs et leurs stratégies d'adaptation aux contraintes et opportunités de leur environnement institutionnel, financier et concurrentiel.

Il apparaît donc dans l'ensemble une confirmation de la validité des analyses sur les processus interactifs de l'innovation et la montée en puissance de l'organisation en réseaux des firmes, ainsi que du rôle éminent des relations clients-fournisseurs dans ces processus. C'est cependant l'examen des stratégies et performances des firmes fournisseurs qui en donne la mesure. Mais la structuration de ces relations dans les réseaux, et sa plus ou moins grande efficacité, dépendent également des nouvelles règles concurrentielles, dans les quelles les initiatives stratégiques d'entreprises leaders et des clients opérateurs, le nouvel environnement financier de sélection, et les changements institutionnels jouent chacun un rôle.

C'est au cœur d'un tel processus de mise en réseaux des activités technologiques dans les industries énergétiques que s'inscrit le mouvement d'internationalisation de ces activités technologiques par les firmes. Il en représente un aspect de plus en plus marqué, sans être exclusif des stratégies évoquées jusqu'ici.

2- L'internationalisation des activités technologiques des firmes dans les industries énergétiques : un moyen de consolider la structuration résiliente de la création technologique

A l'issue du chapitre 1, nous avons pu proposer plusieurs prédictions, par combinaison des analyses examinées, concernant l'évolution de l'ampleur et des caractéristiques de

l'internationalisation des activités technologiques des firmes dans les industries énergétiques. Notamment, la dynamique économique de l'innovation dans les grandes firmes doit déboucher sur une accentuation de l'internationalisation de leurs activités technologiques dans le cadre de la mise en œuvre d'un nouveau modèle désintégré et en réseau des stratégies technologiques (à partir du milieu des années 80). Par ailleurs les modalités de cette internationalisation sont également appelées à évoluer : les relations inter-organisationnelles doivent devenir prépondérantes, qu'elles prennent la forme de partenariats avec des acteurs situés à l'étranger ou celle d'une ouverture des capacités technologiques internes déployées à l'étranger sur leur environnement d'implantation. Enfin l'objectif de l'internationalisation des activités technologiques des firmes est censé évoluer vers la création de connaissances nouvelles et moins, comme par le passé, vers l'exploitation/adaptation d'avantages acquis chez elles par les firmes.

Nos investigations empiriques nous ont donné des informations essentielles sur ce sujet. L'internationalisation des activités technologiques des firmes n'a cessé de croître dans l'électricité comme dans le pétrole depuis une quinzaine d'années. Elle semble nettement liée au renforcement des performances technologiques des firmes fournisseurs, et cela d'autant plus pour les ensembles géographiques de firmes présentant les renforcements les plus marqués. Enfin l'internationalisation des activités technologiques combine sa dynamique propre à celle, plus classique, des fusions-acquisitions.

Quelles interprétations peut-on tirer de la confrontation de ces résultats avec les prédictions du chapitre 1 ?

2.1- Une internationalisation des activités technologiques essentiellement orientée vers les apprentissages, qui permet de renforcer les performances technologiques des firmes

Quatre stratégies possibles d'internationalisation des activités technologiques, combinant avantage technologique des firmes et avantage technologique des pays

Suivant les travaux de P.Patel et M.Vega (1999), on doit tenir compte de deux aspects complémentaires dans la situation de départ motivant une stratégie d'internationalisation des activités technologiques d'une firme.

Il s'agit d'abord de la force de l'avantage de la firme dans un domaine technologique dans son pays d'origine, laquelle dépend des capacités propres de la firme mais aussi du caractère plus ou moins propice de l'environnement technologique qu'elle trouve dans ce pays pour y développer ce domaine technologique. Cet avantage se mesure grâce à un indicateur tiré des dépôts de brevets, l'Avantage Technologique Révélé (ART ou RTA en anglais), ici établi au niveau d'une firme (CompHomeRTA)⁷⁰ pour les brevets inventés dans son pays d'origine.

⁷⁰ La formule de calcul d'un Avantage Technologique Révélé est la suivante :

Il s'agit ensuite de la force de l'avantage du pays hôte dans le même domaine technologique, qui dépend de la qualité de son Système National d'Innovation (SNI) dans son ensemble et dans ce domaine technologique. Elle se mesure également grâce à un RTA établi au niveau du pays (HostRTA)⁷¹.

En combinant ces deux aspects, on débouche sur une taxinomie de quatre stratégies d'internationalisation des activités technologiques d'une firme (Patel et Vega, op. cit.).

- Stratégie 1 ou *Technology-seeking* (selon la dénomination donnée par Le Bas et Sierra, 2001) : $\text{CompHomeRTA} < 1$ et $\text{HostRTA} > 1$, la firme cherche donc par cette internationalisation à combler un retard technologique imputable à la faiblesse de son SNI dans le domaine technologique considéré.
- Stratégie 2 ou *Home-base exploiting* (Le Bas et Sierra, op. cit.) : $\text{CompHomeRTA} > 1$ et $\text{HostRTA} < 1$, la firme utilise l'internationalisation de ses activités technologiques comme moyen d'adaptation de ses produits et technologies aux conditions spécifiques des marchés étrangers, sans y effectuer d'apprentissages conséquents. On retrouve la catégorie conceptuelle de W.Kuemmerle (1997).
- Stratégie 3 ou *Home-base augmenting* (Le Bas et Sierra, op. cit.) : $\text{CompHomeRTA} > 1$ et $\text{HostRTA} > 1$, la firme, forte de son propre avantage technologique, le renforce en cherchant des compléments dans des SNI différents (seconde catégorie conceptuelle de W.Kuemmerle).
- Stratégie 4 ou *Market-seeking* (Le Bas et Sierra, op. cit.) : $\text{CompHomeRTA} < 1$ et $\text{HostRTA} < 1$, la firme internationalise ses activités technologiques dans la foulée de fusions-acquisitions à dimension internationale sans objectif technologique premier.

La littérature partant de cette taxinomie et fondée sur des mesures tirées des brevets déposés auprès de l'USPTO (Patel et Vega, op. cit.) et auprès de l'OEB (Le Bas et Sierra, op. cit.) aboutit à la prédiction générale selon laquelle les stratégies 2 et 3 concernent largement les firmes (plus de 80% des cas), tous secteurs confondus. Ce qui signifie, comme l'affirment P.Patel et K.Pavitt (1991, 1998), que les firmes internationalisent leurs activités technologiques lorsqu'elles ont déjà un avantage technologique dans leur pays d'origine, et donc, que les caractéristiques des SNI jouent un rôle déterminant.

La seconde prédiction de cette littérature est l'affirmation croissante de la stratégie 3, c'est-à-dire d'une démarche d'apprentissage dans l'internationalisation des activités technologiques. Les technologies devenant de plus en plus complexes, il est important même pour les firmes

$$\text{RTA}_{ij} = \frac{(P_{ij} / \sum_j P_{ij})}{(\sum_i P_{ij} / \sum_{ij} P_{ij})}$$

Pour une firme i , l'ATR domestique est la part des brevets inventés chez elle par la firme i dans l'ensemble des brevets délivrés dans un domaine technologique j , divisée par la part des brevets inventés chez elle par la firme i dans l'ensemble des brevets délivrés tous domaines technologiques confondus. S'il est supérieur à l'unité, la firme bénéficie d'un avantage de départ dans son pays d'origine pour le domaine technologique considéré.

⁷¹ C'est donc le rapport entre la part des brevets inventés dans le pays i dans l'ensemble des brevets délivrés dans un domaine technologique j , et la part des brevets inventés dans le pays i dans l'ensemble des brevets délivrés tous domaines technologiques confondus. S'il est supérieur à l'unité, le pays hôte possède un avantage relatif dans ce domaine technologique par rapport à d'autres domaines technologiques.

ayant un fort avantage technologique de déborder leur SNI d'origine afin de faire jouer les complémentarités croissantes entre SNI (voir chapitre 1).

Nos observations empiriques sur les industries énergétiques confirment-elles ces prédictions ?

Caractérisation des stratégies d'internationalisation des activités technologiques des firmes fournisseurs dans les industries énergétiques

Nos mesures de l'internationalisation des activités technologiques des firmes de notre échantillon ont mis en évidence une tendance globale au renforcement de cette internationalisation dans les industries énergétiques. L'analyse détaillée par catégorie de firme et par région d'origine des firmes a en outre fait apparaître un résultat essentiel : *les firmes qui ont connu une internationalisation significative, croissante et continue de leurs activités technologiques dans leur catégorie appartiennent aux régions dont les performances dans les dépôts de brevets se sont le plus améliorées*. Il s'agit des firmes des Etats-Unis dans le para-pétrolier et des firmes européennes dans la construction électrique.

Dans le para-pétrolier, les firmes américaines bénéficient dès le début de la période (milieu des années 80) d'une position dominante dans la répartition des dépôts de brevets par région d'origine, position qui se consolide à travers le temps.

On peut présumer⁷² que les Etats-Unis ont un avantage technologique de longue date dans ce secteur, lié aux retombées de leur avantage historique dans l'ensemble des industries liées au pétrole. Les grandes firmes para-pétrolières américaines ont donc tous les atouts pour inventer et développer des innovations dans leur pays d'origine : on en déduit que pour ces firmes, $CompHomeRTA > 1$.

En quoi l'internationalisation de leurs activités technologiques contribue-t-elle au renforcement de leur position dominante ? Deux stratégies semblent se distinguer.

Les firmes américaines sont d'une part amenées à effectuer une partie de leurs activités technologiques là où elles participent à la mise en exploitation des gisements, pour deux types de raisons : par contrat avec les autorités des pays détenteurs des ressources en pétrole, et par le biais des relations nouvelles établies avec leurs clients opérateurs qui les impliquent dans la maintenance et l'exploitation. Ainsi peut-on voir un nombre significatif de brevets inventés dans des pays sans avantage technologique particulier (comme les pays du golfe).

Ces firmes sont d'autre part incitées à effectuer des activités technologiques dans des pays présentant des conditions naturelles particulières ou nouvelles de détection et d'accès aux gisements, et donc appelant des innovations technologiques dans les équipements. C'est le cas du Royaume Uni et de la Norvège. Seule une présence effective sur ces sites permet de mener des activités de recherche complètes.

Il est dès lors intéressant de remarquer qu'en dehors du cas de relations contractuelles avec les pays détenteurs de gisements, que l'on peut assimiler à une stratégie de type 2 (home-base

⁷² Cette présomption ne se base pas sur des calculs d'ATR, auxquels nous nous proposons de procéder ultérieurement, en prolongement empirique de ce contrat (cf. infra, 2.1).

exploiting), *les configurations d'internationalisation des activités technologiques des firmes américaines du para-pétrolier débouchent sur la réalisation d'apprentissages nouveaux*⁷³, *élargissant leur base technologique, sans pour autant que le SNI du pays hôte présente systématiquement un avantage technologique.*

On peut en tirer la conclusion que la stricte assimilation de la stratégie home-base augmenting à des configurations où le pays hôte possède un avantage technologique ($HostRTA > 1$) est réductrice d'une réalité où : 1) les conditions naturelles d'expérimentation jouent un rôle non négligeable dans certaines industries (Dunning, 1994) et 2) *les relations inter-organisationnelles fournisseurs-clients, elles-mêmes situées géographiquement, sont source de nouveaux apprentissages.*

L'internationalisation des activités technologiques des firmes fournisseurs d'équipement para-pétrolier est alors à inscrire dans un *processus d'extension géographique* (au niveau mondial) *des réseaux formés* selon la dynamique décrite plus haut (1.2), *en direction des clients opérateurs toujours plus internationalisés, autant qu'en direction de SNI présentant un avantage technologique fort.*

Dans la construction électrique, les firmes européennes ont acquis en une quinzaine d'années une position dominante dans la répartition des dépôts de brevets par région d'origine. Cependant au milieu des années 80, elles étaient dominées par les firmes américaines et asiatiques. Il y a donc eu une inversion de la hiérarchie par région, contrairement au cas des fournisseurs du para-pétrolier.

L'internationalisation des activités technologiques des firmes européennes semble avoir permis un rattrapage technologique sur des firmes asiatiques mais surtout américaines bénéficiant de forts avantages dus à la qualité de leur SNI et à l'existence de leaders technologiques jouant un rôle dynamique dans la production de technologies.

Que l'ATR, dans leur base nationale, des firmes européennes en début de période ait été inférieur ou supérieur à l'unité, nous ne sommes pas en mesure à présent de l'apprécier⁷⁴. Tout porte à supposer, en revanche, que, pour l'ensemble des classes de brevets de la construction électrique, il est supérieur à l'unité en fin de période.

Quant aux Etats-Unis, principale région d'invention des brevets inventés hors région d'origine des firmes européennes, leur avantage technologique dans la construction électrique est fort en début de période⁷⁵. Il repose notamment sur une implication sensible du Département de la Défense dans l'animation et la rétribution des recherches de pointes dans ce secteur.

Cela conduit à caractériser les stratégies d'internationalisation des activités technologiques des firmes européennes comme des *stratégies tournées vers la réalisation d'apprentissages dans un SNI possédant un fort avantage technologique* (celui des Etats-Unis), que les firmes européennes possèdent déjà elles-mêmes un avantage fort (stratégie 3 ou home-base augmenting), ou qu'elles n'en possèdent pas (stratégie 1 ou technology-seeking). Plus précisément, les firmes européennes combinent ces deux stratégies plus qu'elles ne

⁷³ On rappelle que l'implication des fournisseurs dans la maintenance et l'exploitation, exigée par les opérateurs, est toutefois considérée par les fournisseurs comme l'occasion de réaliser des apprentissages par l'usage (cf. chapitre 4).

⁷⁴ Cela peut faire l'objet d'un prolongement de nos investigations empiriques à l'avenir.

⁷⁵ Même remarque.

choisissent entre elles, cette combinaison étant fonction de la variété des avantages respectifs domestique et étranger selon des domaines technologiques différents.

Une illustration en est fournie par l'examen de la technologie des turbines à gaz, aujourd'hui technologie standard du secteur. Des données sur les brevets délivrés par l'OEB entre 1989 et 1998 (voir annexe 7) permettent de constater que dans la classe technologique correspondant strictement à la technologie des turbines à gaz, les firmes européennes sont dès la fin des années 80 au niveau des firmes américaines dans l'ensemble des dépôts de brevets. La stratégie d'internationalisation des activités technologiques correspond alors à la stratégie 3, home-base augmenting, de recherche de complémentarités entre SNI performants.

Par contre, si l'on examine les brevets délivrés dans la classe correspondant à la technologie des turbo-réacteurs, l'avance des firmes américaines et notamment du leader General Electric est considérable en début de période. Elle s'épuise cependant au fil du temps. Or les avancées dans la technologie des turbo-réacteurs sont essentielles aujourd'hui pour les retombées qu'elles permettent dans le domaine des turbines à gaz, notamment pour résoudre les problèmes de résistance des ailettes de turbine aux hautes températures. Pour la création de connaissances à la frontière du savoir dans ces domaines, les firmes européennes, qui ne possédaient pas d'avantage technologique fort en début de période, ont utilisé l'internationalisation de leurs activités technologiques aux Etats-Unis conformément à la stratégie 1, technology-seeking⁷⁶.

Toutefois le rattrapage et le dépassement des firmes des Etats-Unis par les firmes européennes dans ce domaine comme dans les autres domaines de la construction électrique tout au long des années 90 montre qu'une stratégie de type 1 appuyée sur l'existence d'avantages forts dans des domaines technologiques connexes (ici les turbines à gaz) transforme assez rapidement en stratégie de type 3 : là encore, l'existence d'un avantage de la firme et de son SNI au départ, renforce l'efficacité des stratégies d'internationalisation des activités technologiques.

Les deux prédictions de la littérature trouvent ainsi une confirmation dans les industries énergétiques.

En effet, d'une part la possession au départ d'avantages technologiques forts dans leur pays d'origine permet aux firmes de tirer parti des stratégies d'internationalisation des activités technologiques, que ce soit en renforçant ces avantages (cas des firmes américaines du parapétrolier) ou en permettant une fertilisation au bénéfice de domaines technologiques dans lesquels les firmes sont peu avantagées au départ (cas des firmes européennes de la construction électrique dans le domaine des turbo-réacteurs). On rejoint donc l'affirmation de l'influence considérable des SNI sur les stratégies des firmes en matière d'internationalisation des activités technologiques (Patel et Pavitt, 1991).

Ensuite il apparaît clairement que l'internationalisation des activités technologiques des firmes dans les industries de l'énergie est essentiellement tournée vers la réalisation d'apprentissages (Patel et Vega, 1999). Elle accroît les performances technologiques des firmes en termes de brevets obtenus. Mais il faut insister sur le fait que les apprentissages réalisés ne dépendent pas uniquement des avantages technologiques des SNI des pays hôtes. Si cette dimension des stratégies reste importante dans certains cas (comme dans la construction électrique), elle ne saurait occulter le potentiel en apprentissages constitué par les

⁷⁶ La preuve en est donnée a contrario par le fait que General Electric, leader dans ce domaine, n'éprouve pas le besoin d'internationaliser ses activités technologiques.

réseaux de relations entre fournisseurs et opérateurs, qui se ramifient de plus en plus à l'étranger, et pas seulement dans les pays à SNI performant dans les domaines technologiques considérés.

Cette analyse de la nature des stratégies d'internationalisation des activités technologiques des firmes dans les industries énergétiques doit à présent être complétée par une réflexion sur leurs modalités. En effet les nombreuses fusions-acquisitions que ces industries ont connues ces deux dernières décennies interrogent la conception d'un processus essentiellement résilient proposée par la littérature sur l'internationalisation des activités technologiques des firmes.

2.2- Internationalisation des activités technologiques des firmes et vagues de fusions-acquisitions : la coexistence de stratégies managériales et désintégréées dans la formation de réseaux internationaux

Les fusions-acquisitions restent un moyen de renforcer les performances technologiques des firmes dans les industries énergétiques

Ainsi que le chapitre 2 l'a rappelé, il s'est produit depuis les années 80 une succession de fusions et acquisitions entre entreprises, dépassant de loin les opérations d'impartition. Si l'on excepte la toute fin des années 90, ces opérations ont surtout concerné les firmes fournisseurs tant du pétrole que de l'électricité. On assiste donc à un mouvement de concentration marquée du capital dans ces secteurs.

Il convient dans l'analyse de distinguer concentration du capital et concentration technologique entre les firmes (telle que nous la mesurons au chapitre 4). Car, on le rappelle, lorsqu'une fusion ou une acquisition est fondée sur des motifs commerciaux ou financiers, elle peut déboucher sur une stratégie faisant prédominer la rationalisation des coûts sur l'accumulation de connaissances. Cela se traduit par la suppression de certains postes de techniciens ou de chercheurs, voire par l'abandon de projets de recherche et la fermeture de laboratoires : l'objectif est d'éliminer toute dépense considérée comme un doublon. Alors le poids relatif des grandes firmes dans la production d'innovations peut ne pas croître parallèlement à leur poids dans la distribution du capital.

Si, au contraire, la fusion ou l'acquisition est motivée par le potentiel technologique de la firme cible, les inputs à vocation technologique ont tout lieu d'être conservés. Plus encore, l'objectif recherché est la création de synergies à partir de la combinaison des potentiels respectifs des firmes fusionnées. Alors la performance technologique du nouveau groupe constitué doit s'accroître plus fortement que son poids dans la distribution du capital.

Que constate-t-on dans le cas des fournisseurs d'équipement du pétrole et de l'électricité (chapitre 4) ? Dans la majeure partie des cas de fusion-absorption examinés, l'effet de synergie l'emporte sur l'effet de rationalisation, ce qui se traduit par un renforcement sensible des performances technologiques (en termes de dépôts de brevets) des groupes nouvellement

constitués. Ainsi peut-on voir que la concentration technologique (distribution des dépôts de brevets selon les firmes) est forte chez les fournisseurs. La construction électrique et le para-pétrolier amont comportent des leaders technologiques autour desquels se forme une organisation en réseaux (incluant certaines firmes plus secondaires sur le plan technologique et financier).

Les évolutions liées de la concentration du capital et de la concentration technologique chez les fournisseurs font ressortir un aspect important de la structuration résiliaire mise en évidence dans la partie précédente (1.1) : celle-ci ne saurait être exclusivement le fait de relations inter-organisationnelles partenariales indépendantes de toute modification des frontières des firmes, telles que le voudrait un capitalisme d'alliance pur. Comme bien souvent dans la réalité des processus de transformation structurelle, les anciennes structures coexistent assez longtemps avec les nouvelles.

Ici, les stratégies de renforcement des performances technologiques des firmes s'appuient sur la mise en œuvre de réseaux hybrides où la stratégie managériale et le capitalisme hiérarchique (pour reprendre les termes de J.Dunning vus au chapitre 1), matérialisés par les opérations de fusions-acquisition, continuent à exister malgré l'émergence de stratégies désintégrées et d'un capitalisme d'alliance (J.Dunning)⁷⁷.

Ce caractère hybride des réseaux formés par les fournisseurs pour répondre aux performances technologiques aujourd'hui exigées par leurs clients a des incidences directes sur la nature, les modalités et la dynamique de l'internationalisation des activités technologiques des firmes.

Deux représentations possibles de l'internationalisation des activités technologiques des firmes

De la même façon qu'il n'est pas possible d'analyser l'évolution des performances technologiques des firmes dans les industries de l'énergie sans prendre en considération le rôle joué par les opérations de fusion-acquisition, il est indispensable de s'interroger sur ce rôle dans l'évolution de l'internationalisation des activités technologiques des firmes.

Ainsi que l'on rappelé S.Guercini et M.Paoli (1997), il serait simpliste de concevoir l'internationalisation des activités technologiques comme le résultat de pures stratégies de management technologique, à l'heure où de nombreuses industries connaissent des restructurations et des opérations de concentration à l'échelle mondiale. En réalité, à côté de stratégies délibérées d'extension internationale de l'espace des réseaux de création technologique, d'autres choix des firmes peuvent être à l'origine d'une internationalisation *de facto* de leurs activités technologiques. On peut ainsi définir une série ordonnée d'opérations ayant un degré croissant d'« intentionnalité » tournée vers l'internationalisation des activités technologiques : acquisition d'entreprise étrangère pour des raisons autres que

⁷⁷ On peut d'ailleurs souligner que les principales fusions et acquisitions ont eu lieu, dans le para-pétrolier, surtout à l'initiative de firmes des Etats-Unis, et souvent en direction de firmes européennes, et, dans la construction électrique, surtout à l'initiative de firmes européennes, en direction notamment de firmes des Etats-Unis.

technologiques ; évolution des activités des filiales à l'étranger vers des activités de R&D ; acquisition d'entreprise étrangère en vue d'incorporer ses laboratoires ; construction de nouveaux laboratoires à l'étranger (Guercini et Paoli, op. cit) et projets de coopération avec des tiers situés à l'étranger.

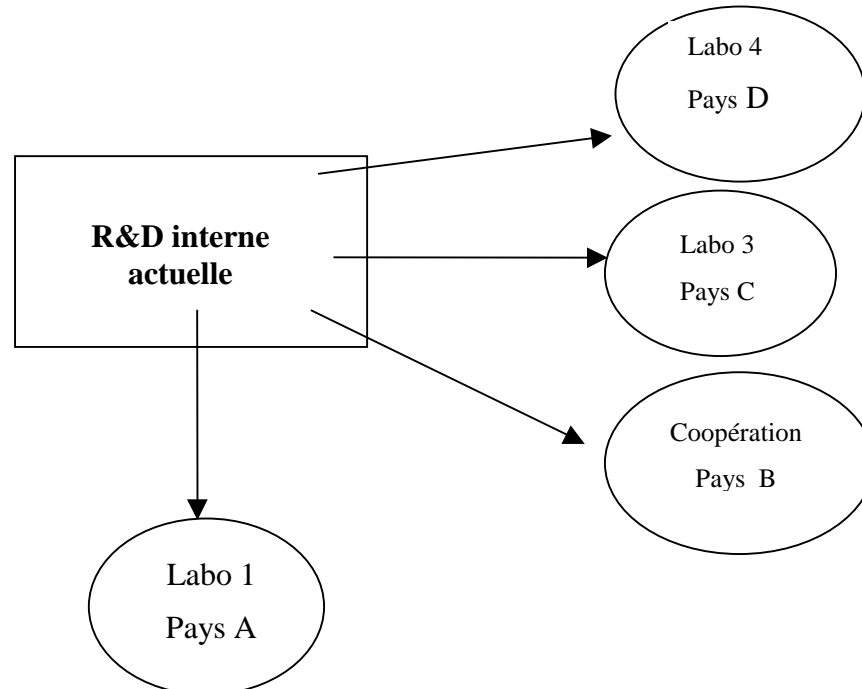
Plus une industrie connaît de vagues de fusions-acquisitions à l'échelle mondiale, plus il est nécessaire de s'interroger sur la part prise par ces restructurations dans le processus d'internationalisation des activités des firmes qui peut la caractériser.

Si cette part est conséquente, il convient alors d'analyser si les fusions-acquisitions suivent une dynamique indifférente à des considérations technologiques, conduisant les firmes à considérer comme une contrainte l'héritage de capacités technologiques nouvelles et étrangères, et par conséquent à privilégier la rationalisation de cet héritage, ou si, au contraire, les fusions-acquisitions sont vues comme un moyen de renforcer l'internationalisation des activités technologiques des firmes et utilisées comme telles.

En tout état de cause, la réalité de la globalisation des opérations de fusion-acquisition aujourd'hui permet de distinguer deux conceptions de l'internationalisation des activités technologiques des firmes (figure 21).

Figure 21 : L'internationalisation des activités technologiques des firmes dans un contexte de globalisation financière

1) Une conception stratégique de l'internationalisation des activités technologiques des firmes

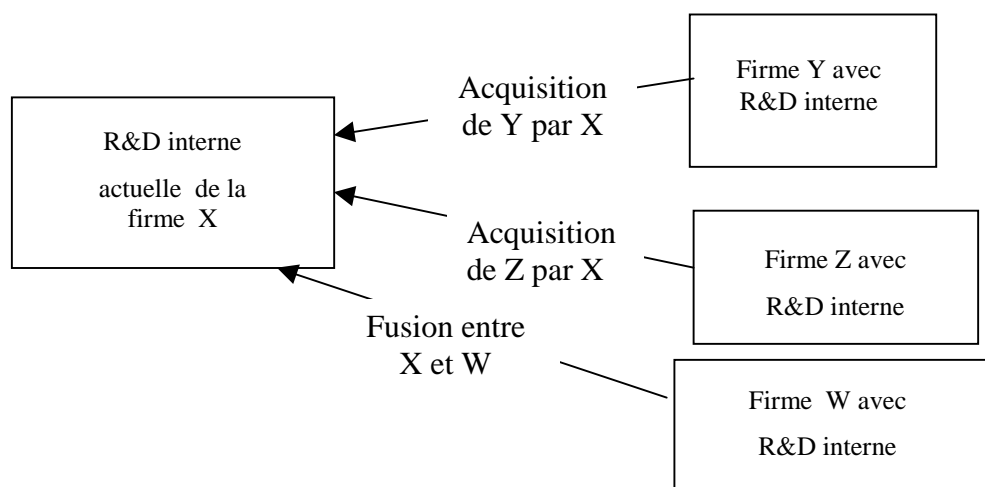


Modalités d'internationalisation : création de laboratoires (greenfield) à l'étranger, ou acquisition de petites entreprises étrangères focalisées sur des activités de R&D, ou mise en place de projets de coopération avec des partenaires à l'étranger.

Logique additive et nécessité de coordination des divers laboratoires et projets.

Caractéristiques : internationalisation **active**, décidée ex ante et **maîtrisée**.

2) Une conception plus pragmatique de l'internationalisation des activités technologiques des firmes (cf. Guercini et Paoli, 1997)



Modalités d'internationalisation : héritage d'opérations de croissance externe.

Logique : additive si l'acquisition est destinée à obtenir la maîtrise d'une technologie.

de rationalisation si la R&D nouvellement contrôlée est l'héritage d'opérations à objectif non technologique : chasse aux doublons, sélection/suppression de laboratoires.

Caractéristiques : internationalisation ex post, éventuellement passive.

Source : auteurs.

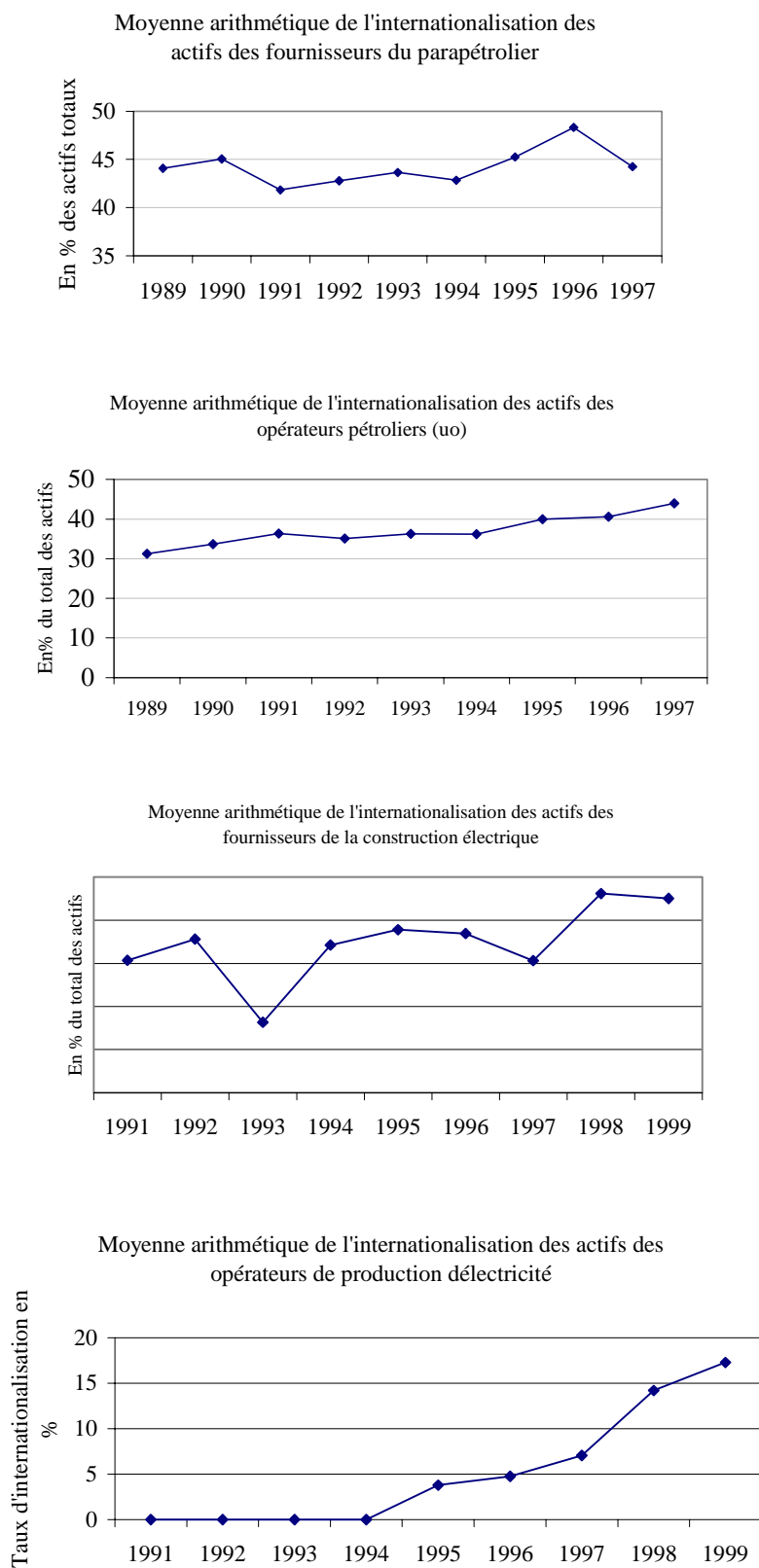
Les industries énergétiques sont une illustration de la dualité des processus d'internationalisation des activités technologiques des firmes. Nos résultats empiriques du chapitre 4 le montrent à travers trois enseignements majeurs.

D'abord, dans le cas d'une internationalisation très prononcée des activités technologiques des firmes, la conception stratégique domine et le processus se met en œuvre indépendamment d'opérations de fusion-acquisition. Notre analyse des firmes ayant connu la plus forte progression de leur Taux d'Internationalisation des Activités Technologiques (TIAT) montre que dans 70% des cas, cette progression s'est faite sans modification de leur périmètre, c'est-à-dire sans contribution de fusions-acquisitions.

Ce résultat est conforté par la comparaison entre l'évolution de l'internationalisation des activités technologiques d'une part, et l'évolution de l'internationalisation des actifs des firmes d'autre part. Ainsi qu'on le voit sur la figure 2, l'internationalisation des actifs des firmes chez les fournisseurs est irrégulière dans les années 90, avec une baisse dans les années 96-97. Pourtant l'internationalisation des activités technologiques de ces firmes s'est accrue constamment, surtout dans la construction électrique, et au moins pour les firmes américaines du para-pétrolier (cf. chapitre 4). On constate donc un découplage possible entre ces deux processus, prouvant la domination stratégique dans la conception de la dynamique d'internationalisation des activités technologiques de ces firmes.

Par contre on remarque que l'internationalisation des actifs des opérateurs est un processus qui se renforce constamment (récemment pour l'électricité), ce qui ne saurait être sans conséquence sur l'internationalisation des activités technologiques de ces firmes.

Figure 22 : Evolution de l'internationalisation des actifs des firmes par catégorie de firme



Source : auteurs , d'après Worldscope

Par conséquent une approche stratégique de l'internationalisation des activités technologiques reste légitime dans les industries énergétiques, et partant de là les analyses faites ci-dessus (1.2.A) de la contribution de cette stratégie au renforcement des performances technologiques des firmes. Cependant les nuances apportées par les travaux de S.Guercini et M.Paoli (op. cit.) gardent un intérêt.

En effet, et c'est le deuxième enseignement majeur, nos résultats empiriques valident l'hypothèse d'un rôle parfois important des fusions-acquisitions dans l'évolution de l'internationalisation des activités technologiques. Plusieurs entreprises de notre échantillon ont enregistré une augmentation sensible ou considérable de leur TIAT juste après des opérations de fusion ou d'acquisition. Dans cette conception pragmatique de leur processus d'internationalisation des activités technologiques, la logique additive semble avoir toutefois prédominé : les fusions-acquisitions ont été un moyen mis au service d'une stratégie d'internationalisation des activités technologiques.

Enfin, le troisième enseignement important est tiré de l'étude réalisée chez Alstom. Il apparaît clairement que loin d'être exclusives l'une de l'autre, les deux conceptions de l'internationalisation des activités technologiques peuvent coexister dans une même firme, lorsque cette dernière connaît des restructurations majeures. Tout en déployant volontairement des activités technologiques à l'étranger, une firme peut devoir gérer le volet technologique de l'héritage des fusions et acquisitions à dimension internationale, en rationalisant et sélectionnant parmi l'existant. Là encore, des logiques hybrides se font jour, où capitalisme managérial et stratégies désintégréées en réseaux se combinent.

L'internationalisation des activités technologiques des firmes dans les industries énergétiques s'inscrit bien en définitive dans un processus de formation de réseaux à plusieurs niveaux, ainsi que le décrivent A.Gerybadze et G.Reger (1999) (cf. chapitre 1). Un « réseau intégré de R&D » se forme autour des activités du cœur du métier des firmes. Il se constitue aussi bien par l'implantation à l'étranger d'activités internes ouvertes sur l'environnement d'accueil que par l'acquisition de moyens technologiques à travers des fusions-acquisitions qu'il convient alors de rationaliser. A un deuxième niveau, prennent place des relations inter-organisationnelles verticales et horizontales étendues aux pays étrangers, qui permettent des apprentissages dans des domaines technologiques connexes mais essentiels pour leur potentiel de fertilisation des activités du cœur du métier.

Cette caractérisation des dynamiques technologiques des firmes des industries énergétiques à la lumière des performances technologiques relatives des fournisseurs et des opérateurs et des mutations dans leurs relations industrielles respectives a permis d'analyser l'internationalisation des activités technologiques des firmes comme un moyen de plus en plus efficace d'organiser de manière résiliaire la production de connaissances à l'heure de la globalisation, et de réaliser des apprentissages.

Il reste néanmoins plusieurs pistes d'analyse complémentaires, que nous proposons de suivre dans des recherches ultérieures.

3- Conclusion

A l'interprétation des résultats empiriques obtenus, nous ajoutons une piste de prolongements empiriques et théoriques qui constituent un agenda possible de la recherche ultérieure sur le thème de l'internationalisation des activités technologiques des firmes dans les industries énergétiques. Pour ces investigations empiriques dont il va être question, nous comptons utiliser de manière parallèle deux sources de données : 1) les brevets délivrés par l'OEB, 2) les brevets délivrés par l'USPTO. De cette manière il sera possible de faire apparaître l'importance des phénomènes d' « avantage national » dans les dépôts de brevets dans les industries énergétiques. Cette proposition porte sur les modalités de l'internationalisation des activités technologiques des firmes et les rapports entre avantage technologique domestique des firmes et avantage technologique des pays hôtes dans ces stratégies. Elle est présentée en deux parties : d'abord l'analyse des modalités d'internationalisation des brevets inventés, puis la mesure des avantages technologiques révélés des firmes et des pays hôtes.

-L'analyse des brevets inventés hors de la base nationale des firmes

Nous avons établi par nos résultats que l'internationalisation des activités technologiques des firmes durant les quinze dernières années du 20^{ième} siècle concerne de manière continue, significative et croissante deux catégories de firmes : les firmes des Etats-Unis dans le para-pétrolier, et les firmes européennes dans la construction électrique. C'est donc sur ces deux sous-ensembles de firmes que portera l'analyse.

L'examen des brevets obtenus par ces firmes suite à une invention située hors de la base nationale entraînera deux opérations .

- Le repérage des pays dans lesquels ces brevets sont inventés et la mise en évidence des pays les plus importants en terme de source d'inventions hors de la base nationale.

Ainsi il sera possible de vérifier si, par exemple, l'essentiel des brevets inventés hors de la base nationale des firmes européennes dans la construction électrique l'est aux Etats-Unis, ou si la part des pays sans avantage technologique fort dans le para-pétrolier (comme les pays du Golfe) est importante parmi les pays d'invention de brevets hors de la base nationale des firmes américaines.

Ce repérage sera réalisé pour l'ensemble des classes de brevets des domaines Felec et Foil, mais aussi pour des sous-ensembles ciblés (à l'exemple des analyses ci-dessus sur les turbines à gaz et les turbo-réacteurs).

- Le tri des brevets obtenus selon plusieurs catégories.

On distinguera, à partir des informations sur l'adresse de l'inventeur, 1) les brevets inventés hors de la base nationale d'une firme par un seul inventeur (ou plusieurs inventeurs mais appartenant à la même filiale à l'étranger) et correspondant par conséquent à une modalité intra-organisationnelle d'internationalisation, 2) les brevets co-inventés par un inventeur membre de la firme et un inventeur extérieur à cette firme mais situé lui aussi dans le même

pays hôte, ce qui laisse penser que les modalités inter-organisationnelles d'internationalisation se combinent aux modalités intra-organisationnelles, 3) les brevets co-inventés par un inventeur de la firme situé à l'étranger et un inventeur de la firme situé dans le pays d'origine, ce qui relève de stratégies de réseau global interne de R&D centré sur le pays d'origine, et 4) les brevets co-inventés par des inventeurs de la firme situés dans divers pays hors de la base nationale, ce qui alors montre l'existence d'un réseau global interne de R&D excentré.

A ces différentes catégories de brevets inventés hors de la base nationale, on pourra ajouter (mais à l'aide de sources plus larges) les brevets co-inventés par un inventeur de la firme situé *dans* la base nationale et un inventeur extérieur à la firme mais situé hors de la base nationale, ce qui renvoie à des stratégies inter-organisationnelles d'internationalisation ne passant pas nécessairement par une présence effective à l'étranger.

Ainsi pourrions-nous étudier les modalités d'internationalisation des activités des firmes des deux sous-ensembles, et confronter ces résultats à ceux des travaux sur la question de O.Gassmann et M.Von Zedwitz (1999) ou de A.Gerybadze et G.Reger (1999).

Plus encore, notre objectif est de lier ces diverses modalités et les différences entre Avantages Technologiques Révélés respectifs des firmes et des pays hôtes.

-La mesure des Avantages Technologiques Révélés (RTA)

A partir du repérage effectué des pays hôtes les plus importants pour les brevets inventés hors de leur base nationale par les firmes américaines du para-pétrolier et les firmes européennes de la construction électrique, il s'agit de mesurer, selon les formules données ci-dessus, plusieurs catégories d'ATR.

- Les ATR pour l'ensemble des classes de brevets Felec d'une part et Foil d'autre part.

Nous calculerons le CompHomeRTA de l'ensemble des firmes américaines du para-pétrolier pour Foil et de l'ensemble des firmes européennes de la construction électrique pour Felec.

Nous calculerons le HostRTA des principaux pays hôtes pour chacun des deux sous-ensemble de firmes.

- Les ATR pour certains domaines technologiques.

Pour affiner l'analyse, nous procéderons aux mêmes types de mesures pour des classes ou groupes de classes technologiques distincts, de manière à voir ce que les divers pays hôtes offrent comme motifs d'implantation d'activités technologiques aux firmes étrangères : avantage dans les technologies de pointe représentant l'avenir des mutations technologiques dans le secteur, avantage dans des niches technologiques spécifiques, absence de différenciation entre domaines technologiques (avantage partout ou nulle part).

En combinant ces mesures d'ATR et l'analyse des modalités d'internationalisation des activités technologiques évoquées ci-dessus, on pourra proposer une *typologie des modalités d'internationalisation des activités technologiques des firmes selon les ATR des firmes et des pays hôtes*. Ainsi pourrions-nous éclairer de considérations nouvelles les travaux sur les diverses stratégies d'internationalisation des activités technologiques (Patel et Vega, 1999 ; Le Bas et Sierra, 2001).

*

* *

Références bibliographiques

Abbernathy W., Utterback J.M. (1978), "Patterns of innovation in technology", *Technology Review*, 80 (7), 1978, pp. 40-47.

Alstom (1999), *Panorama*, juillet.

Alstom (2000), *Panorama*, mai et juillet.

Amendola M., Gaffard J.-L. (1988), *La dynamique économique de l'innovation*, Economica, Paris.

Archibugi D., Michie J. (1995), "The globalisation of technology : a new taxonomy", *Cambridge Journal of Economics*, (19), pp. 121-140.

Barre R. (1996), "Relations entre les stratégies technologiques des entreprises multinationales et les systèmes nationaux d'innovations : modèle et analyse empirique". In : *Innovation, brevets et stratégies technologiques*, OCDE, Paris, pp. 217-240.

Bourgeois B., Islas Samperio G. (1992), "Gas turbine : a new technological paradigm in the electricity industry ?", Communication à ENER seminar *Technological change and R&D policy in the energy sector*, 24-26 June 1992, Brighton, UK.

Bourgeois B. (1999), "Le renouvellement de l'amont pétrolier : co-évolution entre changements techniques et changements organisationnels", *Revue de l'Energie*, (512), pp. 770-776.

Bourgeois B. (2000), "L'exploration/production pétrolière : discontinuité technologique et fertilisation par les technologies de l'information et de la communication", pp. 339-369. In : B. Bourgeois, D. Finon, J.-M. Martin, dir., (2000), *Energie et changement technologique : une approche évolutionniste.*, Economica, Paris.

BPAmoco (2000), "Statistical Review of World Energy", June 2000

Calderini M., Garrone P., (2000), "Liberalisation, industry turmoil and the balance of R&D activities", Paper for the *XII ITS World Biennial Conference*, Buenos Aires, July 2000.

Callon M. (1993), "Recherche et innovation en France, définition d'un cadre analytique". In : Commissariat Général du Plan, *Recherche et innovation en France, le temps des réseaux*, La Documentation Française, Paris.

Cantner U., Hanusch H., Pyka A., (1998), "Routinized innovations : dynamic capabilities in a simulation study", pp. 131-155. In : G.C. Eliasson et al, *Microfoundations of economic growth : A schumpeterian perspective*, University of Michigan Press (Ann Arbor).

Cantwell J.A. (1991), "A survey of theory of international production". In : C.N. Pitelis, R. Sugden, *The nature of transnational firm*, Routledge, Londres.

Cantwell J.A. (1993), "Introduction". In : J.A. Cantwell, ed., *Transnational corporations and innovative activities*, Routledge, Londres.

Cantwell J.A. (1999), "Innovation as the principal source of growth in the global economy", pp. 225-241. In : D. Archibugi, J. Howells and J. Michie, eds, *Innovation policy in a global economy*, Cambridge University Press.

Cantwell J.A., Jane O. (1999), "Technological globalisation and innovative centres : the role of corporate technological leadership and locational hierarchy", *Research Policy*, 28 (2-3), March, pp. 119-144.

Chandler A. Jr (1990), *Scale and Scope : the dynamics of Industrial Capitalism*, Cambridge, Mass. and London.

Chauvel A., (1998), Rapport du Comité Stratégie, CEP&M-COPREP, *Plan CEP&M-COPREP de recherche technologique 1999-2003*.

Cohen W., Levinthal D. (1989), "Innovation and learning : the two faces of R&D", *The Economic Journal*, 99, pp. 569-596.

Cuevas F., (1996), la déréglementation de l'industrie électrique en Amérique Latine, *Revue de l'Energie*, (480), sept., pp. 431-438.

David P. (1994), "Why are institutions the 'carriers of industry' : path dependence and the evolution of conventions, organizations and institutions", *Structural Change and Economic Dynamics*, 5 (2).

De Meyer A. (1993), "Management of an international network of industrial R&D laboratories", *R&D Management*, 23, (2), pp. 109-120.

De Meyer A. (1998), "Gérer la R&D en réseaux", *Journal de l'Ecole de Paris*, (11), mai-juin, pp. 19-24.

Decision, Seribe (1998), "Les réseaux de l'énergie et de l'information" (1995), *Les chiffres clés des réseaux électriques dans le monde*, Rapport Mimeo.

Defeuilley C., Furtado A.T. (2000), "Impacts de l'ouverture à la concurrence sur la R&D dans le secteur électrique", *Annales of Public and Cooperative Economics*, vol. 71, 21 p.

DIMAH, DGEMP, Ministère de l'Economie et des Finances (2000), *L'industrie pétrolière en 1999*, Editions de l'Industrie, Paris.

Dosi G., Marsili O., Orsenigo L., Salvatore R. (1995), "Learning , market selection and the evolution of industrial structures", *Small Business Economics*, vol. 7, 1995, pp. 1-26.

Dun & Bradstreet (1992), *Who owns whom*, Dun & Bradstreet Ltd, United Kingdom.

Dun & Bradstreet (2000), *Who owns whom*, Dun & Bradstreet Ltd, United Kingdom.

Dunning J.H. (1991), "The eclectic paradigm of international production : a personal perspective", pp. 117-136. In : C.N. Pitelis, R Sugden, eds, *The nature of the transnational firm*, Routledge, Londres.

Dunning J.H. (1994), "Multinational enterprises and the globalization of innovatory capacity", *Research Policy*, 23 (1), pp. 67-88.

Dunning J.H. (1998), "Reappraising the eclectic paradigm in an age of alliance capitalism", pp. 29-59. In : M. Colombo, ed., *The changing boundaries of the firm*, Routledge, Londres.

Dunning J.H., Pearce R.D. (1985), *The world's largest industrial enterprises 1962- 1983*, Gower Publishing Company, 186 p.

Dunsky P. (2000), *1920-1995 and beyond : trending downwards, Cogeneration and On-site Power Production*, November-December 2000.

EIA / US DOE (1999), *The changing structures of the Electric Power Industry, 1999 : Mergers and Other Corporate Combinations*, 115 p. http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/corp_str/corpcomb.pdf

Electric Power Research Institute (1999), *Electricity Technology Roadmap : Powering Progress, 1999 summary and synthesis*, July, <http://www.epri.com>.

Eurogif (European Oil & Gas Innovation Forum) (1997), *The Future isn't what it used to be : The Millenium Challenge and Opportunity, The case for EU RTD&D Funding for Hydrocarbons Technology*, 12 p.

Eurostaf (1998), *Stratégies et performances comparées des Groupes : Note sectorielle Energie*.

Finon D. (1997), "La réorganisation du secteur électrique dans les pays en développement : les grandes tendances actuelles", 12 p., Séminaire CGEMP-IEPE sur *L'avenir des entreprises électriques publiques dans les PVD*, Université Paris-Dauphine, 21 fév. 1997.

Finon D. (1998), "Restructuring and competitive arrangements in the electricity supply industry : towards a better efficiency", pp. 149-178. In : G. Zaccour, dir., *Deregulation of electric utilities*, Kluwer Academic Publish, Londres.

Finon D. (2000a.), "Adaptations stratégiques des entreprises électriques : diversification et internationalisation des industries électriques", IEPE, *Formation en économie et politique de l'énergie, Session 2 : réformes institutionnelles et gestion des industries électriques*, 28 février- 17 mars 2000.

Finon D. (2000b), "Environnement institutionnel et réglementation des industries électriques libéralisées, L'expérience des pays industrialisés", Communication au Séminaire *La réglementation économique et financière dans l'industrie électrique*, Québec, 15-20 mai 2000.

Finon D (2000c), *La pénétration des techniques électriques décentralisées : vers une transformation radicale des systèmes électriques?*, note interne, déc. 2000, 8 p.

Finon D., Kouo Dibongué, dir. (1998), *Investissements et nouveaux aspects contractuels dans les industries électriques africaines.*- IEPF, Québec, 353 p.

Finon D. (1998), "Du modèle intégré au modèle contractuel : l'organisation de la participation du secteur privé dans le secteur électrique", pp. 3-18, et "La contractualisation en production indépendante : une évolution parallèle entre pays industrialisés et pays en développement", pp. 205-220. In : D. Finon et Kouo Dibongué, dir., *Investissements et nouveaux aspects contractuels dans les industries électriques africaines*, op. cit.

Fischer C. (2000), "Climate Change Policy Choices and Technical Innovation", *Climate Issue Brief*, (20), Resources for the Future, [en ligne] <http://www.rff.org>

Foray D., Mowery D. (1990), "L'intégration de la R&D industrielle : nouvelles perspectives d'analyse", *Revue Economique*, (3), pp. 501-530.

Freeman C. (1995), "The 'National System of Innovation' in historical perspective", *Cambridge Journal of Economics*, vol. 19, February.

FT Energy Economist, April 2000, "ABB and the Pursuit of Power".

Gassman O., Von Zedtwitz M. (1999), "New concepts and trends in international R&D organization", *Research Policy*, 28 (2-3), March, pp. 231-250.

Gec-Alsthom (1996), *Panorama*, mars.

Gec-Alsthom (1997), *Panorama*, Automne.

General accounting Office (GAO) (1996), *Changes in Electricity -related R&D funding*, Washington, DC.

General accounting Office (GAO) (1998), *Electricity Utility Restructuring : Implications for Electricity R&D*, Washington, DC, T-RCED-98-144.

Gerlach M. (1992), *Alliance capitalism : the social organization of Japanese business*, Oxford University Press.

Gerybadze A., Reger G. (1999), "Globalization of R&D : recent changes in the management of innovation in transnational corporations", *Research Policy*, 28 (2-3), March, pp. 251-274.

Gibbons M., Limoges C., Nowotny H., Schwartzman S., Scott P., Trow M. (1994), *The new production of knowledge : the dynamics of science and research in contemporary societies*, Sage Publications.

Girod J. et Percebois J. (1998), "Reforms in the Sub-Saharan Africa's power industries", *Energy Policy*, 26 (1), janv., pp. 21-32.

Girod J. (1997), "La réorganisation des systèmes électriques : des réformes diverses sur un profil commun", pp. 1-20 et "Les changements institutionnels dans les secteurs électriques des pays en développement", pp. 85-100.- In : Kouo Dibongué, dir., *L'organisation et le développement des secteurs électriques de l'Asie du Sud-Est*, IEPF, Québec, 288 p.

Girod J. (1997), "Les industries électriques en Afrique Subsaharienne", Séminaire CGEMP-IEPE sur *L'avenir des entreprises électriques publiques dans les PVD*, Université Paris-Dauphine, 21 fév., 9 p.

Groupement des Industries de l'Équipement Électrique, du Contrôle Commande et des Services associés (1999), *Rapport Annuel*.

Guercini S., Paoli M. (1997), *R&D internationalisation in the strategic behaviour of the firm.*, SPRU, Brighton, STEEP discussion paper n° 39.

Hagedoorn J., Link A., Vonortas N.S. (2000). "Research partnerships", *Research Policy*, 29 (4-5), pp. 567-586.

Hagedoorn J., Schakenraad J. (1993), "Strategic technology partnering and international corporate strategies". In : K. Hughes, ed., *European competitiveness*, Cambridge University Press, pp. 60-86.

Hirschman A. (1970), *Exit, voice and loyalty*, Harvard University Press.

Holdren J.P. (1997), *Report to the President on Federal Energy Research and Development for the challenges of the twenty-first century*, President's Committee of Advisors on Science and Technology (PCAST) ? Panel on Energy research and Development, nov., US White House Government, 243 p.

Inouye F. (2000), "Creating the virtual oil company", *Petroleum Economist*, November 2000, p. 28-32

Islas J. (1999), "L'émergence du cycle Brayton dans la production d'électricité et les effets sur l'industrie électro-mécanique", *Revue d'Economie Industrielle*, 87, 1^{er} trim.

Izaguirre Ada Karina (1998), *Private participation in the Electricity Sector : Recent trends, Public policy for the Private Sector*, Note n°154, sept., The World Bank Group.

Jacquier-Roux V. (1994), *La territorialisation de la R&D industrielle transnationalisée : une analyse de dynamique industrielle*, thèse de Doctorat de l'Université Pierre Mendès France, Grenoble.

Jacquier-Roux V. (1998), "Que cherchent les firmes lorsqu'elles implantent un laboratoire de R&D à l'étranger ? La question du territoire", *Colloque Technologie et Connaissance dans la Mondialisation*, Poitiers, 9-10-11 sept.

Kessler A. (1997), "Evolution of Supplier Relations in European Automotive Industry : Product Development Challenge for a First Tier Supplier", *Actes du Gerpisa*, (19), fév., pp. 91-104.

Klepper S. (1996), "Entry, exit, growth and innovation over the Product Life Cycle", *American Economic Review*, 86, (3), pp. 562-583.

Kline S.J., Rosenberg N. (1986), "An Overview of Innovation". In : R. Landau et N. Rosenberg, eds, *The Positive Sum Strategy*, National Academy Press, Washington D.C., pp. 275-305.

Kopp Raymond J. (1998), "Climate policy and the economics of technical advance : drawing on inventive activity", *RFF Climate issue Brief* 8, January, [en ligne] <http://www.rff.org>.

Kuemmerle W. (1997), "Building effective R&D capabilities abroad", *Harvard Business Review*, March-April, pp. 61-70.

Kuemmerle W. (1999), "Foreign direct investment in industrial research in the pharmaceutical and electronics industries : results from a survey of multinational firms", *Research Policy*, 28 (2-3), March, pp. 179-193.

Le Bas C., Sierra C. (2001), "Location vs. Home Country Advantages in R&D Activities : some further Results on Multinationals Locational Strategies", à paraître, 33p.

Leif Harld Halvorsen (2000), " Survival of the fittest", *Statoil Magazine*, N°1, 2000, p.9-16

Lundvall B. A. (1988), "Innovation as an Interactive Process : From User-Producer Interaction to National Systems of Innovation". In : G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg et L. Soete, eds, *Technology and Economic Theory*, Pinter Publishers, London, pp. 349-369.

Lundvall B.A. (1985), *Product innovation and User-Producer Interaction*, Industrial Research Series n°1, Aalborg University Press.

Lundvall B.A. (1992), "Relations entre utilisateurs et producteurs, systèmes nationaux d'innovation et internationalisation". In : D. Foray et C. Freeman, dir., *Technologie et richesse des nations*, Economica, Paris, pp. 355-388.

Margolis R.M., Kammen D.M. (1999), "Evidence of under-investment in energy R&D in the United States and the impact of Federal Policy", *Energy Policy*, 27 (10), pp. 575-584.

Meretet S. (2000), *La convergence des industries de l'électricité et du gaz naturel : les fusions - acquisitions aux Etats-Unis*, Thèse de Paris IX Dauphine.

Morel D. (1999), "Innovation et transfert vers l'industrie : la stratégie de l'IFP", *Pétrole et Technique*, (419), pp. 42-50.

National Petroleum Council (1995), *Research development and demonstration needs of the oil and gas industry*, A report of the N.P.C., August 1995, 3 volumes

National Science Foundation (1998), *Science and engineering indicators : appendix A*.

National Science Foundation (1999), *US Corporate R&D : Volume II. Company Information on Top 500 Firms in R&D*, NSF00-32.

Nelson R.R., Winter S.G. (1982), *An evolutionary theory of economic change*, Cambridge, Belknap Press/ Harvard University Press, 437 p.

Newell Richard G., Jaffe Adam B., Stavins Robert N. (1998), "The induced innovation hypothesis and energy-saving technological change", *Quarterly Journal of Economics*, August, pp. 941-975.

Ninni A. (1990), "Recent changes in the power equipment industry and the opening up of public procurement markets in the EEC", *Energy Policy*, May 1990, p.320-330.

Nishimuro Taizo (2000), "Testing times for manufacturers, Interview with Taizo Nishimuro : Global Energy, Deregulation and the Environment : Challenges and co-operation in Asia

Pacific", *World Energy Council and First Magazine*, Published by First Magazine, 18-19 October, World Energy Council Asia-Pacific Regional Forum, Tokyo, Japan.

Parry I., Pizer W., Fischer C., Toman M. (travaux en cours), *Carbon abatement policies and technological innovation*, RFF.

Patel P. (1996), "Are Large Firms Internationalizing the Generation of Technology ? Some new Evidence", *IEEE Transactions on Engineering Management*, (43), pp. 41-47.

Patel P., Pavitt K. (1986), "Measuring Europe's technological performance : results and prospects". In : H. Ergas, ed., *A European future in high technology*, CEPS (Centre for European Studies), Brussels. (Derived from Office of Technology Assessment and Forecast Patent Data, reproduced from Sharp M., 1987, "Europe : collaboration in the high technology sectors", *Oxford Review of Economic Policy*, 3 (1), pp. 52-65, extract from table 3, p. 57).

Patel P., Pavitt K. (1991), "Large firms in the production of the world's technology : an important case of 'non-globalisation'", *Journal of International Business Studies*, 22 (1), pp. 1-20.

Patel P., Pavitt K. (1998), *National systems of innovation under strain : the internationalisation of corporate R&D*, SPRU, Brighton, 27 p., working paper n° 22.

Patel P., Vega M. (1999), "Patterns of internationalisation of corporate technology : location vs. home country advantages", *Research Policy*, 28 (2-3), March, pp. 145-155.

Pavitt K. (1984), "Sectoral Patterns of Technical Change : towards a Taxonomy and a Theory", *Research Policy*, n°13, pp. 343-373.

Pavitt K. (1987), "International patterns of technological accumulation". In : N. Hood, J. E. Vahlne, eds, *Strategies in global competition*, Croom Helm, Londres.

Pearce R. (1999), "Decentralised R&D and strategic competitiveness : globalised approaches to generation and use of technology in multinational enterprises", *Research Policy*, 28 (2-3), March, pp. 157-178.

Pearce R., Singh S. (1992), *Globalizing research and development*, Macmillan, Londres.

Rosenberg N. (1982), *Inside the Black Box : Technology and Economics*, Cambridge University Press, Cambridge.

Sagar A.D. (2000), "Evidence of under-investment in energy R&D in the United States and the impact of Federal policy : a comment on Margolis and Kammen", *Energy Policy*, 28 (9), pp. 651-654.

Saviotti P.P, Nooteboom , B., (eds) (2000), *Technology and knowledge- From the firm to innovation systems*, European association for Evolutionary Political Economy, Edward Elgar, 292p.,

Schmookler J. (1966), *Invention And Economic Growth*, Harvard University Press, Cambridge.

Sutton J. (1998), *Technology and market structure: theory and history*, Cambridge and London, MIT Press, 676 p.

Testi G., Bayegan H.M. (1999), "The evolution of electric power generation towards higher efficiency and zero emissions", Communication and paper to International Symposium, *Towards zero emissionS : The challenge for hydrocarbons, Rome, March 11-13, Symposium Proceedings*, Edited by EniTechnologie.

Thomas S. (1995), *User-Producer relations in a Competitive Electricity Supply Industry*, STEEP Discussion Paper n°19, SPRU, 65 p.

Union of the Electricity Industry - Eurelectric (1998), *R&D in UNIPEDE countries, Overview of R&D organisation and projects, 1998 Update*, Research & Development group, December, Ref 1998-150-005 (Rapporteurs : J.Y. Delabre, E.M. Peresso).

Unipede (1998), *R&D in UNIPEDE countries, Overview of R&D organisation projects, 1998 Update*, Research & Development Group, Decembe, Ref 1998-150-005 (Rapporteurs : J.Y. Delabre, E.M. Peresso).

Vonortas N.S. (2000), Multimarket contact and inter-firm cooperation, *Journal of Evolutionary Economics*, 10 (1-2), 2000, pp. 243-270.

White D. (1998), "Gasification", *FT Energy World*, (11), Dec.

Winter S.G. (1984), "Schumpeterian competition in alternative technological regimes", *Journal of Economic Behavior and Organization*, 5 (3-4) , 1984, pp. 287-320.

Yoichi Kaya (2000), "Energy and the environment, Global Energy, Deregulation and the Environment : Challenges and co-operation in Asia Pacific", *World Energy Council and First Magazine*, Published by First Magazine, 18-19 oct., World Energy Council Asia-Pacific Regional Forum, Tokyo, Japan.

Zander I. (1999), "How do you mean 'global' ? An empirical investigation of innovation networks in the multinational corporation", *Research Policy*, 28 (2-3), March, pp. 195-213.

Zuscovitch E., Justman M. (1993), "Networks, Sustainable differentiation and economic development". In : D. Batten, J. Casti and R. Thord, eds, *Networks in action : communication , economic and human knowledge*, 1993.

*

* *

Liste des annexes

ANNEXE 1

Tableau des codes des quatre groupes de firmes de l'échantillon

ANNEXE 2

L'intensité de la R&D dans l'échantillon FRS des firmes pétrolières de l'US DOE

ANNEXE 3

Données individuelles d'entreprises sur les indicateurs économiques clefs (1985-1998)des firmes de l'échantillon

ANNEXE 4

Classes de brevets retenues selon la nomenclature IPC/CIB

ANNEXE 5

La capitalisation boursière des 50 compagnies énergétiques mondiales les plus importantes selon Petroleum Finance Co à la fin de l'année 2000

ANNEXE 6

Relations entre la recherche d'Oil Field Services (Schlumberger) et les universités

ANNEXE 7

Les demandes de brevet dans les domaines des turbines à gaz et des turbo-réacteurs à l'OEB entre 1989 et 1998

ANNEXE 1

Tableau des codes des quatre groupes de firmes de l'échantillon

Tableau 37 : Sélection des quatre catégories de firmes dans les industries pétrolières et électriques

Mise à jour : Nov. 2000

code iepe	nom groupe	Code national 1	Code national 2	1ère apparition	Disparition
-----------	------------	-----------------	-----------------	-----------------	-------------

1- Groupe des fournisseurs d'équipements de production d'électricité

se01	Siemens AG (D)	DEU		1985	2000
se02	General Electric Cy -GE- (US)	USA		1985	2000
se03	ABB Asea Brown Boveri Ltd/ABB Ltd (CH)	CH	SWE	1988	2000
se04	ALSTOM (France)	FRA		1998	2000
se05	ALCATEL Alsthom, then Alcatel (France)	FRA		1985 ???	2000
se06	The General Electric Co plc- GEC- (UK)	GBR		1985	2000
se07	Hitachi Ltd , then Corp (J)	JAP		1985	2000
se08	Mitsubishi Corp or Mitsubishi Electric Corp or Mitsubishi Heavy Industries Ltd (J)	JAP		1985	2000
se09	Toshiba Corp (J)	JAP		1985	2000
se10	Fuji Electric co Ltd (J)	JAP		1985	2000
se11	Babcock International Group plc (UK)	GBR		1985 ????	2000
se12	Foster Wheeler Corp (US)	USA		1985	2000
se13	Framatome (F)	FRA		????	2000
se14	British Nuclear Fuels plc (UK)	GBR		?????	2000
se15	Rolls-Royce plc (UK)	GBR		1985	2000
se16	Gec Alsthom (50% GEC 50% Alcatel)(F/UK)	GBR	FRA	1989	1998

se17	ABB Alstom Power (50% ABB 50% Alstom) (F/CH)	FRA	CH SWE	-	1999	2000
se18	Westinghouse Electric Cy a sub of CBS Corp (US)	USA			1997	2000
se19	J M Voith Gmbh, then J M Voith AG (D)	DEU			1985	2000
se20	JV (50/50) between Siemens AG (hydraulique) and J M Voith AG	DEU			1999	2000
se21	Allied Signal Engines (US) a division of Allied Signal Inc Building	USA			1985	2000
se22	Kvaerner Group As, then KV Rner Asa (N)	NOR		???	1985	2000
se23	Asea AB, then ABB AB (S)	SWE			1985	1998
se24	Brown Boveri & Cie AG, then ABB AG (CH)	CH			1985	1998
se25	Westinghouse Electric Cy (US)	USA			1985	1997
se26	AEG, a sub of Daimler Benz-Daimler Benz AG, then Daimler Chrysler (D)	DEU			1988	2000
se27	Nuovo Pignone (I)	ITA			1985	1994
se28	Ansaldo a sub of IRI (I)	ITA			1985	2000
se29	Jeumont Industrie (F)	FRA			1985	1993
se30	Combustion Engineering Group (US)	USA			1985	1989
se31	Northern Engineering Industries (NEI-UK)	GBR			1985	1989
se32	MAN Energie (Germany)- a division of MAN group	DEU			1985	1988
se33	ACEC Energie (Belgium)	BEL			1985	1988
se34	Franco Tosi S.p.A (I)	ITA			1985	1988
se35	Ercole Marelli & Co. S.p.A.- Marelli (I)	ITA			1985	1988
se36	Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft-AEG (D)	DEU			1985	1988
se37	FKI electricals group a sub of FKI plc (UK)	GBR			1985	2000
se38	Babcock (UK)	GBR			1985	1987
se39	The Signal Companies (US)	USA			1985	1985

se40	Allied Corporation (US)	USA		1985	1985
se42	Mitsubishi Heavy Industries Ltd (J)	JAP		1985	2000

2- Groupe des fournisseurs du parapétrolier amont

so01	Halliburton Cy (US)	USA		1985	2000
so02	Dresser Industries Inc (US)	USA		1985	1998
so03	Schlumberger Limited Inc (US)	FRA	USA	1985	2000
so04	Baker Hughes Inc. (US)	USA		1987	2000
so05	Weatherford International Inc (US)	USA		1985	2000
so06	Smith International Inc (US)	USA		1985	2000
so07	BJ Services Company Inc (US)	USA		1985	2000
so08	Coflexip Sa (France)	FRA		1985	2000
so09	R&B Falcon Corporation (US)	USA		1997	2000
so10	Nabors Industries Inc (US)	USA		1985	2000
so11	Global Marine Inc (US)	USA		1985	2000
so12	Bouygues Offshore, a subsi of Bouygues (Fr)	FRA		1985	2000
so13	Compagnie Générale de Géophysique SA-CGG (France)	FRA		1985	2000
so14	Western Geophysical then Western Atlas Inc Building, a subs of Litton Industries Inc (US)	USA		1988	1998
so15	Dailey International Inc, a subs of Lawrence Industries Inc Building (US)	USA		1985	1999
so16	Landmark Graphics (US)	USA		1985	1996
so17	Energy Ventures (Inc)	USA		1985	1998
so18	Enterra Corp (US)	USA		1985	1995
so19	Falcon Drilling (US)	USA		1985	1997
so20	Reading & Bates Corp (US)	USA		1985	1997
so21	Camco Inc a subsi of Pearson Inc (US)	GBR		1987	1998
so22	Stena Offshore (Norway)	NOR		1985	1994
so23	Western Atlas Inc (US)	USA		1985	1987
so24	Baker International Inc (US)	USA		1985	1987
so25	Hughes Tool Inc (US)	USA		1985	1987

so26	Camco (Canada-based)	CAN		1985	1987
so27	Ingersoll Rand	USA			
so28	Hydrill	USA			

3- Groupe des opérateurs de la production d'électricité

ue01	Tokyo Electric Power Company Incorporated, The (j)	JAP		1985	2000
ue02	Electricite de France	FRA		1985	2000
ue03	Rwe Aktiengesellschaft	DEU		1985	2000
ue04	Viag Aktiengesellschaft	DEU		1985	2000
ue05	Enel Spa	ITA		1985	2000
ue06	Kansai Electric power Company Inc. The	JAP		1985	2000
ue07	Chubu Electric Power Company, Inc	JAP		1985	2000
ue08	Duke Energy Corp	USA		1985	2000
ue09	Pg & E Corporation	USA		1985	2000
ue10	Rag Aktiengesellschaft	DEU		1985	2000
ue11	Dynegy Inc Building	USA		1985	2000
ue12	Southern company Inc Building	USA		1985	2000
ue13	Entergy Corporation	USA		1985	2000
ue14	Edison International (inc)	USA		1985	2000
ue15	Preussenelektra Aktiengesellschaft a subsidiary of Veba Aktiengesellschaft	DEU		1985	2000
ue16	Texas Utilities Company (inc)	USA		1985	2000
ue17	Vattenfall ab	SWE		1985	2000
ue18	National Power plc	GBR		1990	2000
ue19	Powergen plc	GBR		1990	2000
ue20	Central Electricity Generating Board-cegb- (uk)	GBR		1985	1990
ue21	Epri	USA		1985	2000

4- Groupe des opérateurs pétroliers

uo01	Exxon (US)	USA		1985	2000
uo02	Mobil (US)	USA		1985	1998
uo03	RD Shell (Netherlands /UK)	NET	GBR	1985	2000

uo04	BP (UK)	GBR		1985	2000
uo05	Amoco (US)	USA		1985	1998
uo06	Total (France)	FRA		1985	2000
uo07	Petrofina (Belgium)	BEL		1985	1998
uo08	Elf Aquitaine (France)	FRA		1985	1999/2000
uo09	Texaco (US)	USA		1985	2000
uo10	Chevron (US)	USA		1985	2000
uo11	ENI/Agip (Italy)	ITA		1985	2000
uo12	PDVSA (Venezuela)	VEN		1985	2000
uo13	Petrobras (Brazil)	BRA		1985	2000
uo14	Dupont de Nemours/Conoco(US)	USA		1985	2000
uo15	Statoil (Norway)	NOR		1985	2000
uo16	USX/Marathon(US)	USA		1985	2000
uo17	Phillips Petroleum cy (US)	USA		1985	2000
uo18	Atlantic Richfield/Arco (US)	USA		1985	1999/2000

ANNEXE 2

L'intensité de la R&D dans l'échantillon FRS des firmes pétrolières de l'US DOE

Tableau 38 : Intensité de la R&D dans l'échantillon FRS de l'industrie pétrolière américaine

	Mio current \$	Mio current \$	Mio current \$	Mio current \$	Mio current \$	Mio current \$	%	Mio current \$	%
	FRS cies R&D expe	FRS cies R&D expe	FRS cies R&D expe	FRS cies R&D expe	FRS cies R&D expe	FRS cies	FRS cies	FRS cies	FRS cies
	Oil & gas recovery (1)	Other petroleum (refining)	Other energy	Non energy and unassigned	Total R&D expenditures (2)	Total operating revenues (3)	Global R&D intensity (4) = (2) / (3)	Upstream revenues (5)	Upstream R&D intensity (6) = (1) / (4)
1976									
1977	209	219			1021				
1978	250	254			1283				
1979	339	273			1566				
1980	422	359			2034				
1981	668	468			2820				
1982	752	495			3874				
1983	756	487			3812				
1984	692	614			4064				
1985	801	536			4108	492500	0.834	117050	0.684
1986	645	496			3581	378451	0.946	69760	0.924
1987	666	463			3488				
1988	726	496			3699	419800	0.881	72165	1.006
1989	694	575			3703	433600	0.854	77781	0.892
1990	727	615			3903	510379	0.764	95806	0.759
1991	794	678			3902	469300	0.831	85467	0.929
1992	781	652			3685	472800	0.779	85143	0.917
1993	671	569			3350	448100	0.748	82578	0.813
1994	572	531			3050	446600	0.683	80430	0.711
1995	494	461			2861	481600	0.594	89582	0.551
1996	482	432			2717	541400	0.502	110549	0.436

1997	585	380			2885	484200	0,596		
1998	606	365			1707	525100	0,325	83633	0.725

Source : US DOE, Energy Finance, January 2000, Performance profiles of major energy producers-1998

(5) Source : Tableau B5 ou B6 : Consolidating statement of income for FRS cies, US and Foreign Petroleum Segment : Operating revenues US Petroleum Production + Operating revenues Foreign Petroleum Production.

N.B. Le financement interne de la R&D, représentant en moyenne 98% du budget total de R&D chute spectaculairement en 1998 (prix très bas du pétrole) : de l'ordre de 2,6 /2,8 G\$, il passe à 1,7 G\$; l'intégralité de la baisse semble avoir été répercutée sur le financement du poste : "Non energy" passant de 1,7 G\$ en 1997 à 0,6 G\$ en 1998.

ANNEXE 3

**Données individuelles d'entreprises sur les indicateurs économiques clefs
(1985-1998)des firmes de l'échantillon**

Tableau 39 :Les cinq catégories d'indicateurs économiques clefs sélectionnés dans la base Worldscope

Catégorie d'indicateurs	Intitulé de la rubrique dans Worldscope	Intitulé français	Code
1- Indicateur de marché	Sales (Product Segment)	CA du segment	SPS
	Net Sales or Revenues (Th USD)	Ventes totales	SAT
2- Indicateurs d'investissement	Capital Expenditures (Product Segment)	CAPEX immobilisations corporelles du segment	CAS
	Capital Expenditure (Additions to Fixed Assets)	CAPEX total des immobilisations corporelles	CAT
	Net Assets from Acquisitions	Acquisitions d'actifs nets	NAA
	Disposal Of Fixed Assets	Cession d'immobilisations corporelles	DFA
3- Indicateurs de R&D	Research & Development (Included in S, G & A)	Dépenses de R&D	RDE
	Net Sales or Revenues (Th USD)	Ventes totales	SAT
	Research & Development / Net Sales (%)	Intensité de recherche	IRD
	Research & Development / Net Sales (5 Yr Avg) (%)	Intensité de recherche moyenne sur 5 ans	FIRD
4- Indicateurs d'internationalisation	International Assets	Actifs à l'étranger	IAS
	Total Assets (Th USD)	Actifs totaux	TOA
	Foreign Assets % Total Assets (%)	Part des actifs à l'étranger	SIA
	Foreign Assets % Total Assets (5 Yr Avg) (%)	Part des actifs à l'étranger en moyenne sur 5 ans	FIA
	International Sales	Ventes à l'étranger	INS
	Net Sales or Revenues (Th USD)	Ventes totales	SAT
	Foreign Sales % Total Sales (%)	Part des ventes à l'étranger	SIS
Foreign Sales % Total Sales (5	Part des ventes à l'étranger en moyenne sur	FIS	

	Yr Avg) (%)	5 ans	
5- Indicateurs de rentabilité	Net Income / Starting Line	Bénéfice net	NIN
	Common Equity (Th USD)	Capitaux propres	CEQ
	Return on Equity - Total (%)	Rentabilité des fonds propres	ROE
	Return on Equity - Total (5 Yr Avg) (%)	Retour sur fonds propres - en moyenne sur 5 ans	FROE
	Total Assets (Th USD)	Actifs totaux	TOA
	Return on Assets (%)	Retour sur actifs	ROA
	Return on Invested Capital (%)	Retour sur capitaux investis(proche de ROCE return on capital employed)	RIC

Indicateurs Worldscope	Sélection pour tableau	Code
Exchange Rate		
Number of Shareholders		
Market Capitalization (Th)		
Description (Product Segment)	Indicateur de pluri-activité	
Sales (Product Segment)		
	CA du segment	SPS
Capital Expenditures (Product Segment)		
	CAPEX du segment	CAS
Description (Geographic Segment)		
Sales (Geographic Segment)		
Capital Expenditures (Geographic Segment)		
Market Capitalization (Th USD)		
Common Equity (Th USD)	Capitaux propres	CEQ
Total Assets (Th USD)	Actifs totaux	TOA
Net Sales or Revenues (Th USD)	Ventes totales	SAT
Net Inc. bef. Pref. Div. (Th USD)		
Long Term Debt		
Total Liabilities & Shareholders'		

Equity		
Selling, General & Administrative Expenses		
Research & Development (Included in S, G & A)	Dépenses de R&D	RDE
Net Income / Starting Line	Bénéfice net	NIN
Depreciation And Depletion		
Capital Expenditure (Additions to Fixed Assets)	CAPEX total des immobilisations corporelles	CAT
Additions To Other Assets		
Net Assets from Acquisitions	Acquisitions d'actifs nets	NAA
Disposal Of Fixed Assets	Cession d'immobilisations corporelles	DFA
Net Cash Flow - Investing Activities		
Return on Equity - Total (%)	Rentabilité des fonds propres	ROE
Return on Equity - Per Share (%)		
Reinvestment Rate - Total (%)		
Return on Assets (%)	Retour sur actifs	ROA
Return on Invested Capital (%)	Retour sur capitaux investis (proche de ROCE return on capital employed)	RIC
Operating Profit Margin (%)		
Research & Development / Net Sales (%)	Intensité de recherche	IRD
Net Margin (%)		
Capital Expenditure % Gross Fixed Assets (%)		
Capital Expenditure % Total Sales (%)		
Long Term Debt % Total Capital (%)		
Common Equity % Total Assets (%)		
Return on Equity - Total (5 Yr Avg) (%)	Retour sur fonds propres - en moyenne sur 5 ans	FROE
Reinvestment Rate - Per Share (5 Yr Avg) (%)		
Research & Development / Net Sales (5 Yr Avg) (%)	Intensité de recherche moyenne sur 5 ans	FIRD
Capital Expenditure % Total Assets (5 Yr Avg) (%)		
Net Sales/Revenues Growth (%)		
Net Income Growth (%)		

Total Assets Growth (%)		
Net Sales/Revenues Growth (5 Yr Avg) (%)		
Net Income Growth (5 Yr Avg) (%)		
Equity Growth (5 Yr Avg) (%)		
Price/Earnings Ratio - Close (5 Yr Avg) (x)		
Price/Cash Flow Ratio - Close (5 Yr Avg) (x)		
International Assets	Actifs à l'étranger	IAS
International Sales	Ventes à l'étranger	INS
Foreign Assets % Total Assets (%)	Part des actifs à l'étranger	SIA
Foreign Sales % Total Sales (%)	Part des ventes à l'étranger	SIS
Foreign Income % Total Income (%)		
Foreign Assets % Total Assets (5 Yr Avg) (%)	Part des actifs à l'étranger en moyenne sur 5 ans	FIA
Foreign Sales % Total Sales (5 Yr Avg) (%)	Part des ventes à l'étranger en moyenne sur 5 ans	FIS
Foreign Income % Total Income (5 Yr Avg) (%)		
Current Outstanding Shares		

ANNEXE 4

Classes de brevets retenues selon la nomenclature IPC/CIB

1- Nomenclature européenne

Foil désigne l'ensemble des technologies d'exploration/extraction pétrolière et gazière, tant pour les opérateurs pétroliers, codés uo..., que pour les firmes du para-pétrolier, codées so..., avec les classes suivantes de brevets :

E21B, G01V, B66 C, F04, G01 R, C09K, H04, G05

Felec désigne l'ensemble des technologies de production d'électricité, tant pour les opérateurs électriciens, codés ue..., que pour les firmes de la construction électrique, codées se..., avec les classes suivantes de brevets :

E02B, F01D, F02B, F02C, F03B, F03D, F22B, F23, F24 J, F
28, G21C, H01M, H02K, E02D, F01K, F01P, F02D, F02G,
F02K, F04, F22 D, F22G, G21B, G21D, G21 F, G21 H, H02N, H02P, G05, H05K

Tableau 40 : Selection des « 36+2 Patent classes » de la « Classification internationale des brevets » (6^{ème} édition 1994).

Présentation des classes de brevet par secteur et statut a-priori de la classe

Secteur et statut de la classe	N° classe	Libellé de la classe
FOIL-Base	E21B	Forage du sol -extraction du pétrole , du gaz ou de l'eau
FOIL-Base	G01V	Géophysique
FOIL-Complément	B66 C	Ponts roulants, portiques ou grues..
FOIL-Complément	F04	Machines à liquides à déplacement positif, pompes à liquides...
FOIL-Complément	G01 R	Mesure des variables électriques, des variables magnétiques
FOIL-Complément	C09K	Substances pour utilisations diverses, non prévues ailleurs
FOIL-Complément	H04	Technique de la communication électrique – en particulier HO4L (Transmission d'information numérique)
FOIL-Complément	G05	Commande ; régulation
FELEC Base	E02B	Hydraulique- Construction de barrages
FELEC Base	F01D	Machines motrices à déplacement non positif,ex turbines à vapeur
FELEC Base	F02B	Moteurs à combustion interne
FELEC Base	F02C	Ensembles fonctionnels de turbines à gaz
FELEC Base	F03B	Machines ou machines motrices à liquides, turbines hydrauliques,..

FELEC Base	F03D	Mécanismes Moteurs à vent
FELEC Base	F22B	Méthodes de production de vapeur ; chaudières à vapeur
FELEC Base	F23	Appareils à combustion ; procédés de combustion
FELEC Base	F24 J	Production de chaleur non prévue ailleurs ; collecteurs de chaleur solaire,...
FELEC Base	F 28	Echangeurs de chaleur en général
FELEC Base	G21C	Réacteurs nucléaires
FELEC Base	H01M	Procédés ou moyens pour la conversion directe de l'énergie chimique en énergie électrique ; batteries, batteries à combustibles)
FELEC Base	HO2K	Machines dynamo-électriques
FELEC complément	E02D	Hydraulique –Fondations ; excavations, digues remblais
FELEC complément	F01K	Ensembles fonctionnels de machines à vapeur ;... Ensembles fonctionnels de machines motrices non prévus ailleurs
FELEC complément	F01P	Refroidissement des Machines motrices en général ; y compris Moteurs à combustion interne
FELEC complément	F02D	Commande des Moteurs à combustion
FELEC complément	F02G	Ensembles fonctionnels de moteurs à gaz chauds ou à produits de combustion ; utilisation de la chaleur perdue des moteurs à combustion, non prévus ailleurs
FELEC complément	F02K	Ensembles fonctionnels de propulsion par réaction
FELEC complément	F04	Machines à liquides à déplacement positif, pompes à liquides...
FELEC complément	F22 D	Alimentation en eau ; circulation de l'eau à l'intérieur des chaudières
FELEC complément	F22G	Surchauffe de la vapeur
FELEC complément	G21B	Réacteurs de fusion- RUBRIQUE DOUTEUSE-Pas de production d'énergie
FELEC complément	G21D	Ensembles de production d'énergie nucléaire
FELEC complément	G21 F	Protection contre les rayons X, ...Décontamination

FELEC complément	G21 H	Obtention de l'énergie à partir de sources radio actives
FELEC complément	HO2N	Machines électriques non prévues ailleurs
FELEC complément	HO2P	Commande ou régulation des moteurs, générateurs électriques....
FELEC complément	G05	Commande ; régulation
FELEC complément	HO5K	Circuits imprimés ;.. ; Fabrication d'ensembles de composants électriques

Présentation des classes de brevet par n° de la classe

FOIL-Complément	B66 C	Ponts roulants, portiques ou grues..
FOIL-Complément	C09K	Substances pour utilisations diverses, non prévues ailleurs
FELEC Base	E02B	Hydraulique- Construction de barrages
FELEC complément	E02D	Hydraulique –Fondations ; excavations, digues remblais
FOIL-Base	E21B	Forage du sol -extraction du pétrole , du gaz ou de l'eau
FELEC Base	F01D	Machines motrices à déplacement non positif, ex turbines à vapeur
FELEC complément	F01K	Ensembles fonctionnels de machines à vapeur ;... Ensembles fonctionnels de machines motrices non prévus ailleurs
FELEC complément	F01P	Refroidissement des Machines motrices en général ; y compris Moteurs à combustion interne
FELEC Base	F02B	Moteurs à combustion interne
FELEC Base	F02C	Ensembles fonctionnels de turbines à gaz
FELEC complément	F02D	Commande des Moteurs à combustion
FELEC complément	F02G	Ensembles fonctionnels de moteurs à gaz chauds ou à produits de combustion ; utilisation de la chaleur perdue des moteurs à combustion, non prévus ailleurs

FELEC complément	F02K	Ensembles fonctionnels de propulsion par réaction
FELEC Base	F03B	Machines ou machines motrices à liquides, turbines hydrauliques,..
FELEC Base	F03D	Mécanismes Moteurs à vent
FOIL et FELEC- Complément	F04	Machines à liquides à déplacement positif, pompes à liquides...
FELEC complément	F22 D	Alimentation en eau ; circulation de l'eau à l'intérieur des chaudières
FELEC Base	F22B	Méthodes de production de vapeur ; chaudières à vapeur
FELEC complément	F22G	Surchauffe de la vapeur
FELEC Base	F23	Appareils à combustion ; procédés de combustion
FELEC Base	F24J	Production de chaleur non prévue ailleurs ; collecteurs de chaleur solaire,...
FELEC Base	F28	Echangeurs de chaleur en général
FOIL-Complément	G01 R	Mesure des variables électriques, des variables magnétiques
FOIL-Base	G01V	Géophysique
FOIL et FELEC- Complément	G05	Commande ; régulation
FELEC complément	G21B	Réacteurs de fusion- RUBRIQUE DOUTEUSE-Pas de production d'énergie
FELEC Base	G21C	Réacteurs nucléaires
FELEC complément	G21D	Ensembles de production d'énergie nucléaire
FELEC complément	G21F	Protection contre les rayons X, ...Décontamination
FELEC complément	G21H	Obtention de l'énergie à partir de sources radio actives
FELEC Base	H01M	Procédés ou moyens pour la conversion directe de l'énergie chimique en énergie électrique ; batteries, batteries à combustibles)
FELEC Base	H02K	Machines dynamo-électriques

FELEC complément	H02N	Machines électriques non prévues ailleurs
FELEC complément	H02P	Commande ou régulation des moteurs, générateurs électriques....
FOIL-Complément	H04	Technique de la communication électrique – en particulier HO4L (Transmission d'information numérique)
FELEC complément	H05K	Circuits imprimés ;.. ; Fabrication d'ensembles de composants électriques

2- Nomenclature US

Les brevets provenant de l'USPTO ont été retraités par Derwent (Mme Catania) pour être conformes aux classes IPC précédemment exposées.

Néanmoins nous avons la possibilité d'apprécier ce comptage dans les classes USPTO, avec les tableaux de correspondance fournis, par notre sous-traitant, pour chaque année de référence seulement pour l'ensemble des firmes de l'échantillon.

*

* *

ANNEXE 5

La capitalisation boursière des 50 compagnies énergétiques mondiales les plus importantes selon Petroleum Finance Co à la fin de l'année 2000

Tableau 41 : La capitalisation boursière des 50 compagnies énergétiques mondiales les plus importantes selon Petroleum Finance Co à la fin de l'année 2000

Rank Dec. 29 2000	Rank Dec. 31, 1999	The 50 largest energy firms	Market Value in billion US \$ As of Dec 29 2000	Share price change, % yearend 2000 vs 1999	Headqua rters country	Primary business
1	1	ExxonMobil Corp.	302.2	8	US	Oil,Gas
2	2	Royal Dutch/Shell	212.9 (2)	-	UK/The Netherlan ds	Oil,Gas
3	3	BP	181.8	-20	UK	Oil,Gas
4	4	TotalFinaElf SA	110	12	France	Oil, Gas
5	9	Enron Corp.	64.4	87	US	Electricity, Gas
6	5	Chevron Corp.	55.1	-3	US	Oil,Gas
7	7	ENI SPA	51.1	17	Italy	Oil,Gas
8	6	Enel SPA	47.1	-7	Italy	Electricity
9	16	E.On AG	46.4	26	Germany	Diversified
10	11	Schlumberger	45.5	42	US	Oil Service
11	10	Suez Lyonnaise	36.4	14	France.	Diversified
12	12	Texaco Inc.	34.2	14	US	Oil, Gas
13	8	Tokyo Electric	33.6	-7	Japan	Electricity
14	22	Duke Energy Corp.	31.8	70	US	Electricity, Gas
15	15	Petroleo Brasileiro SA	26.4 (2)	3	Brazil	Oil, Gas
16	17	RWE AG	26.1	14	Germany	Diversified-
17	28	AES Corp.	25.4	48	US	Electricity
18	N/A	Exelon Corp.	22.4	102	US	Electricity, Gas
19	26	Southern Co.	21.6	41	US	Electricity
20	14	Repsol-YPF SA	19.6	-31	Spain	Oil, Gas
21	N/A	Coastal Corp.	19	149	US	Gas
22	18	BHP Petroleum Pty. Ltd.	18.7	-20	Australia	Diversified,
23	20	Endesa SA	18	-14	Spain	Electricity
24	27	Conoco Inc.	17.9 (2)	15	US	Oil, gas

25	N/A	Anadarko Petroleum Corp.	17.7	108	US	Oil, gas
26	30	Williams	17,6	31	US	Gas
27	44	El Paso Energy Corp.	16.8	85	US	Gas
28	25	Kansai Electric	16.6	-2	Japan	Electricity
29	23	Halliburton Co.	16.2	-10	US	Oil service.
30	N/A	Dominion Resources Inc.	15.9	71	US	Electricity
31	36	Centrica PLC	15.5	37	UK	Gas
32	N/A	American Electric Power Co. Inc.	15	45	US	Electricity
33	29	Scottish Power	14.6	4	UK	Electricity
34	35	Phillips Petroleum Co.	14.5	21	US	Oil, gas
35	19	BG Group	14	N/A	UK	Gas
36	N/A	Baker Hughes Inc.	13.9	97	US	Oil service
37	37	National Grid	13.5	20	UK	Electricity
38	N/A	Dynegy Inc.	13.3	223	US	Electricity, gas
39	N/A	FPL Group Inc.	12.7	68	US	Electricity
40	N/A	Calpine Corp.	12.7	182	US	Electricity
41	34	Chubu Electric	12.7	6	Japan	Electricity
42	N/A	Reliant Energy Inc.	12.3	89	US	Electricity, gas
43	24	Electrabel	12.3	-31	Belgium	Electricity
44	21	Korea Electric	11.9	-40	South Korea	Electricity
45	41	TXU Corp.	11.4	25	US	Electricity, gas
46	32	Iberdrola SA	11.3	-9	Spain	Electricity
47	38	Norsk Hydro AS	11.2	1	Norway	Oil, gas
48	N/A	Burlington Resources Inc.	10.9	53	US	Oil, gas
49	N/A	Public Service Enterprise Group Inc.	10.4	40	US	Electricity
50	42	China Light & Power Holdings	10.4	8	China	Electricity
		Total market capitalization	Year end 2000: 1820 billion US \$	Yearend 1999 : 1660 billion US \$		

Source : Petroleum Finance Co, Washington , DC, Quaterly assessment of the world's 50 largest energy firms, based on total market capitalization, reproduced in Gas-power firms dominate Energy 50 ranking in 2000, Oil&Gas Journal, Jan 29 2001, p.28.

ANNEXE 6

Relations entre la recherche d'Oil Field Services (Schlumberger) et les universités

"Schlumberger must maintain a consistent "Science Watch". University relationships are the key to keeping our R&D community fully aware of the latest developments in science and technology. More generally, universities are a fundamental source of talent and ideas for Schlumberger.

Schlumberger's research centers must work effectively with our field organization (geomarkets), our product centers, our clients (the oil companies) and with the academic community. We picture this complex series of relationships as a "Knowledge Factory ". To strengthen Schlumberger's relationship with the academic community, a group of roughly forty universities, worldwide, has been selected to be the subject of an intensive effort in terms of both recruiting and joint research and development.

Europe and the CIS (16): École Centrale de Paris, France, École Normale Supérieure, France, École Supérieure de Physique et Chimie Industrielles, France, École Polytechnique, France, SUPÉLEC, France TELÉCOM (École National Supérieure de Télécommunications), France, Technical University of Delft, The Netherlands, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Politecnico di Milano, Italy, Politech de Cataluna, Spain , University of Cambridge, UK, Imperial College of Science Technology and Medicine, UK , Heriot-Watt University, UK, Bauman Moscow State Technical University, Russia Moscow State University, Russia, Moscow Institute of Physics and Technology, Russia

North and South America (15): California Institute of Technology, Carnegie Mellon University, Colorado School of Mines, Georgia Institute of Technology Massachusetts Institute of Technology, University of Minnesota, Purdue University, Princeton University, Rice University, University of Texas at Austin, Texas, A&M Stanford University, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Mexico, Simon Bolivar University, Venezuela , Escola Federal de Engenharia de Itajuba, Brazil.

Asia and the Middle East (9) : Tokyo University, Japan, Kyoto University, Japan, Korea Advanced Institute of Science, Korea, Beijing University, China , Tsing Hua University, China, Universiti Teknologi, Malaysia, Institut Teknologi Bandung, Indonesia, Indian Institute of Technology, New Delhi, India, King Fahd University for Petroleum and Minerals, Saudi Arabia."

Source : d'après site Internet de Schlumberger

ANNEXE 7

Les demandes de brevet dans les domaines des turbines à gaz et des turbo-réacteurs à l'OEB entre 1989 et 1998

L'origine des données est la base OEB- L'interrogation porte sur l'ensemble de la classe FO2K (Ensembles fonctionnels de propulsion par réaction), et FO2C (Ensembles fonctionnels de turbines à gaz).

Le champ des brevets retenus contient les brevets EP, plus les brevets WO (donc avec PCT) L'année initiale est 1979, et la dernière mise à jour concerne l'année 2000- Ainsi les données de l'année 1998 peuvent être considérées comme complètes. Les brevets avec doublons ont été éliminés.

Tableau 42: Comparaison inter régionale des nombres de brevets publiés par année de priorité à l'OEB pour les firmes IFE- domaine FO2C (turbines à gaz)

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
groupes IFE EUR	16,5	19,16	14	22	15,08	11,33	27	32,74	41,16	36,74
groupes IFE USA	17	18	21	15	9	14	18	17	23	20,5
groupes IFE JAP	4	6,5	4	1	3	2	7,86	1,64	20,81	28,25

Figure 23: Comparaison inter régionale des nombres de brevets publiés par année de priorité à l'OEB pour les firmes IFE- domaine FO2C (turbines à gaz)

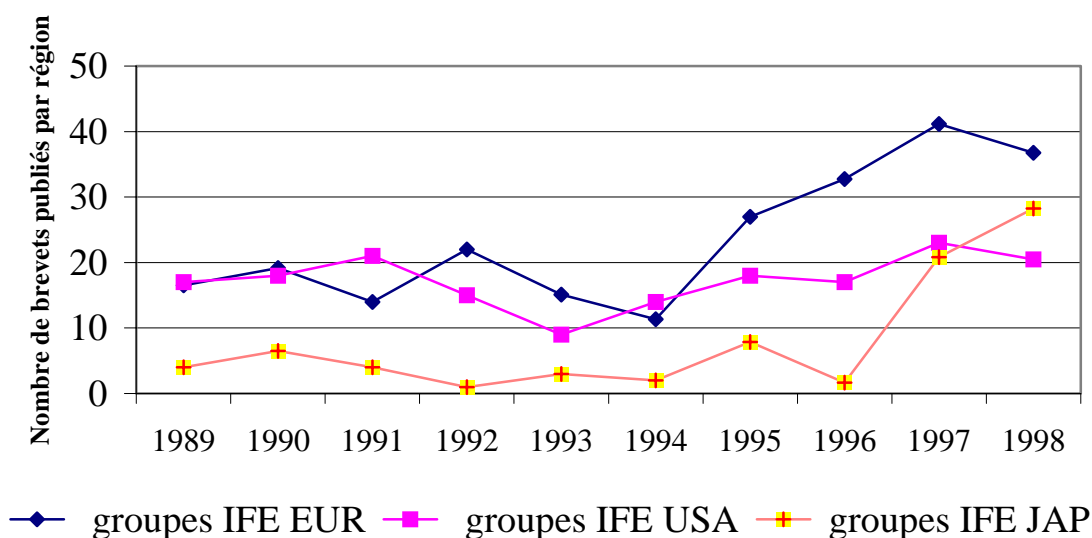


Tableau 43: Comparaison inter régionale des nombres de brevets publiés par année de priorité à l'OEB pour les firmes IFE- domaine FO2K (turbo-réacteurs)

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
dont groupes IFE EUR	10	7,1	5,75	4	0	2,5	2	4	3,1	1,5
dont groupes IFE USA	0	3	9	5	6	1	4	9	2	3
dont groupes IFE JAP	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0

Tableau 44 : Comparaison inter régionale des nombres de brevets publiés par année de priorité à l'OEB pour les firmes IFE- domaine FO2C (Turbines à gaz) et FO2K (turbo-réacteurs)

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
groupes IFE EUR	26,5	26,26	19,75	26	15,08	13,83	29	36,74	44,26	38,24
groupes IFE USA	17	21	30	20	15	15	22	26	25	23,5
groupes IFE JAP	4	6,5	4	1	3	4	7,86	1,64	20,81	28,25

Figure 24 : Comparaison inter régionale des nombres de brevets publiés par année de priorité à l'OEB pour les firmes IFE- domaine FO2C (Turbines à gaz) et FO2K (turbo-réacteurs)

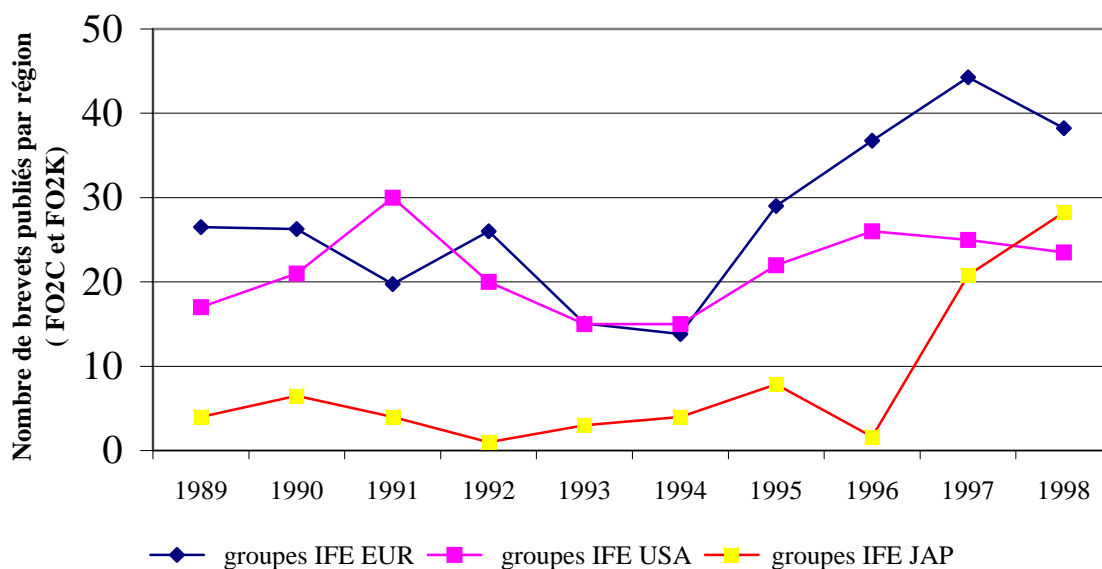


Tableau 45 : Nombre de brevets publiés pour les quatre principaux vendeurs de turbines à gaz à l'échelon mondial (F02C)

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
ABB	2	9,5	8	17	8	9	18	12,58	24,16	18,08
SIEMENS	3,5	2	2	0	5,08	1,33	4,66	15,66	15	8,5
General Electric	2	10	13	11	5	2	5	3	1	11
Mitsubishi +Mitsubishi Heavy Industries	1	0,5	2	0	0	2	6,76	1,5	14,41	27

Figure 25 : Nombre de brevets publiés pour les quatre principaux vendeurs de turbines à gaz à l'échelon mondial (F02C)

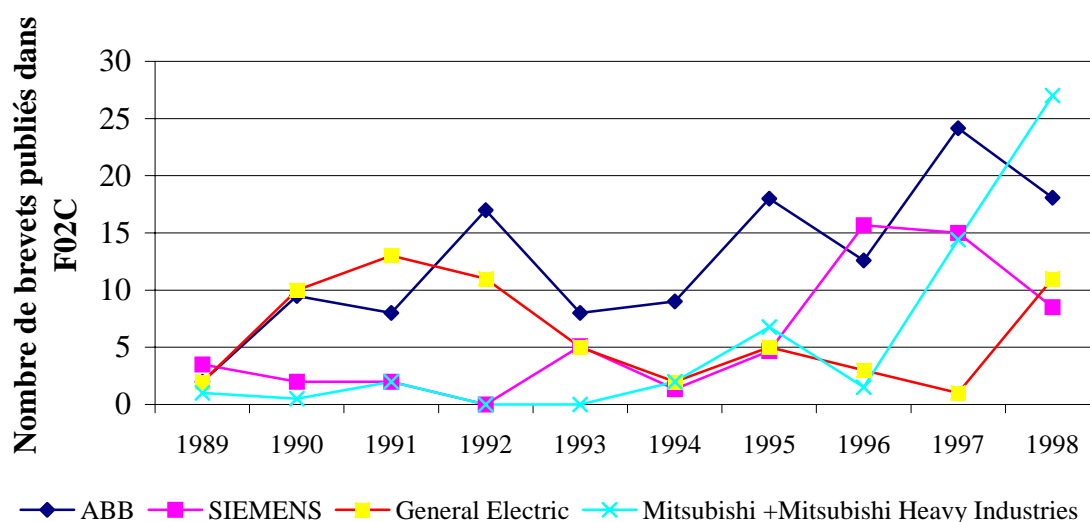


Tableau 46 : Nombre de brevets publiés pour les quatre principaux vendeurs de turbines à gaz à l'échelon mondial (F02K)

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
ABB	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
SIEMENS	0	2	0	0	0	1,5	0	0	0	0
General Electric	0	3	9	4	6	1	4	5	1	3
Mitsubishi +Mitsubishi Heavy Industries	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0

Figure 26: Nombre de brevets publiés pour les quatre principaux vendeurs de turbines à gaz à l'échelon mondial (F02K)

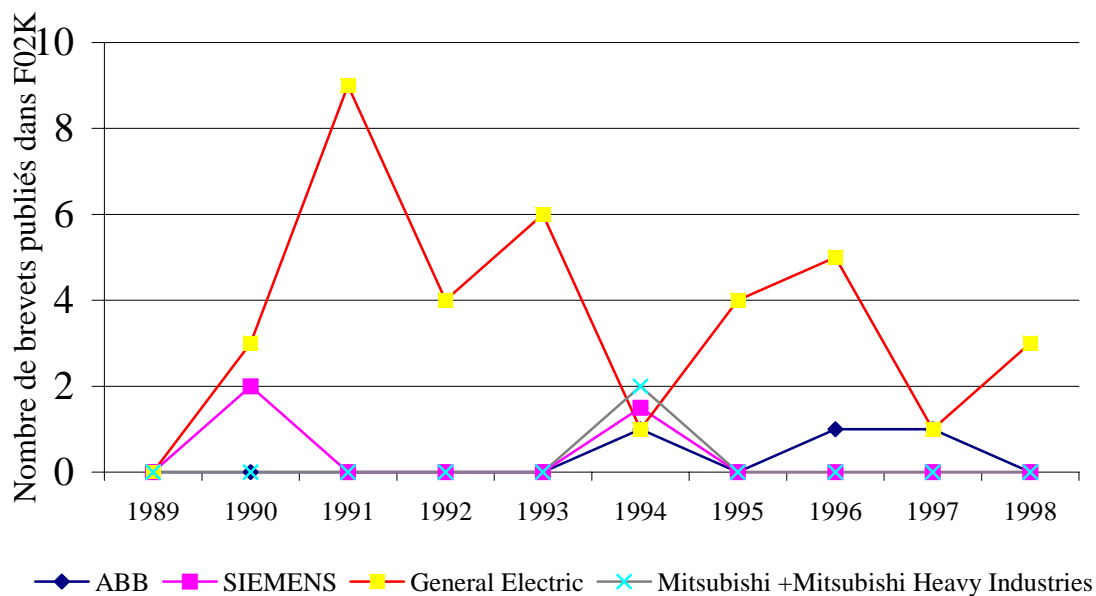
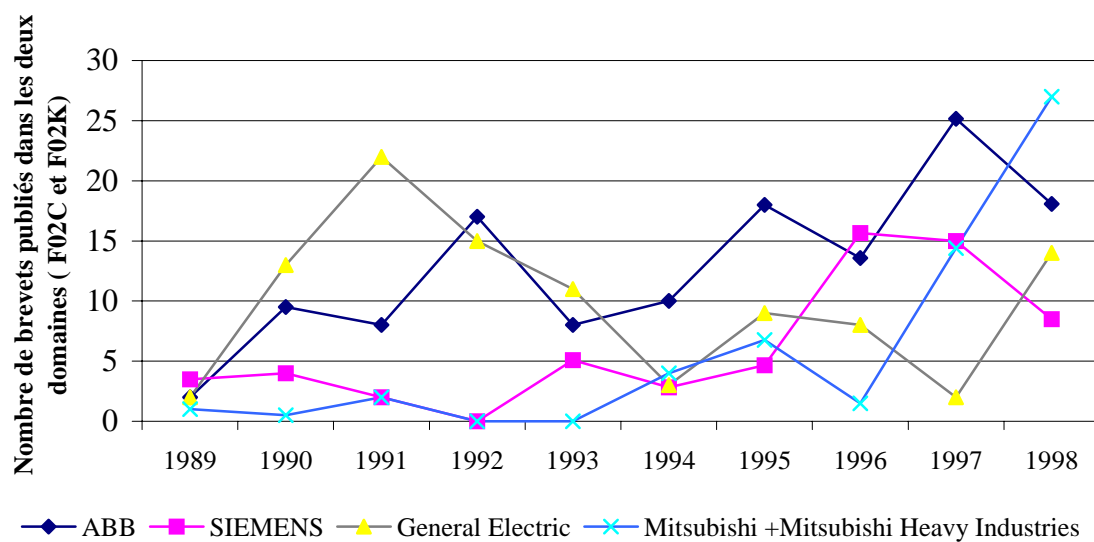


Tableau 47 : Nombre de brevets publiés pour les principaux vendeurs de turbines à gaz à l'échelon mondial (FO2C et F02K)

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
ABB	2	9,5	8	17	8	10	18	13,58	25,16	18,08
SIEMENS	3,5	4	2	0	5,08	2,83	4,66	15,66	15	8,5
General Electric	2	13	22	15	11	3	9	8	2	14
Mitsubishi +Mitsubishi Heavy Industries	1	0,5	2	0	0	4	6,76	1,5	14,41	27

Figure 27 : Nombre de brevets publiés pour les principaux vendeurs de turbines à gaz à l'échelon mondial (FO2C et FO2K)



*

* *

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les prédictions sur les modèles de stratégie et d'internationalisation technologiques des firmes (1970/2000).....	33
Tableau 2: Les mouvements d'acquisition/fusions majeures dans l'échantillon des dix-huit premières sociétés occidentales (1985/2000)	42
Tableau 3 : Les mouvements d'acquisition/fusions majeures dans l'échantillon des 24 premières sociétés para-pétrolières (1985/2000).....	47
Tableau 4: Estimation des parts cumulées du marché international des trois « majors » du para-pétrolier en 1998.....	50
Tableau 5 : Estimation des dépenses de R&D dans l'industrie pétrolière et parapétrolière en 1995 à l'échelon mondial	52
Tableau 6 : Indicateurs clés sur l'innovation chez les opérateurs et fournisseurs pétroliers à l'échelon mondial (1995).....	54
Tableau 7 : Evolution de la restructuration réglementaire et organisationnelle de l'industrie électrique dans les pays développés entre 1985 et 2000.....	62
Tableau 8 : Les spécificités nationales dans les réformes des industries électrique en Amérique Latine (1996)	62
Tableau 9 : Comparaison des principales émissions de polluants entre la turbine à gaz et la turbine à vapeur dans la production électrique (environ 1992).....	64
Tableau 10 : Evolution du rang de classement des dix plus grandes « Utilities » aux Etats Unis entre 1992 et 2000.	69
Tableau 11 : Evolution des parts -en %- des compagnies dans la production d'électricité en Grande Bretagne (1990/2001)	69
Tableau 12 : Les 20 premières (1) compagnies mondiales de production d'électricité (1985-2000).....	72
Tableau 13 : Présence internationale des acteurs européens dans l'électricité (1998).....	73
Tableau 14 : Les investissements privés internationaux dans les infrastructures des pays en développement (1990/1999)	74
Tableau 15 : Les acquisitions et désinvestissements sur les actifs des industries électriques et énergétiques aux Etats-Unis de 1991 à 1997.....	74
Tableau 16 : Ratio d'internationalisation de compagnies électriques européennes (Début 2000).....	75
Tableau 17 : Performance des turbines à gaz à la fin 1998.....	80
Tableau 18 : Parts de marché à l'échelon mondial des principaux fabricants de turbines à gaz pour la production d'électricité	84
Tableau 19 : Les mouvements d'acquisition/fusions majeures dans l'échantillon des 30 premières sociétés mondiales (1985/2000).....	85
Tableau 20 : La Recherche et Développement dans l'industrie de l'électricité et des équipements électriques en 1995 à un échelon mondial, selon DECISION.....	89

Tableau 21 : Les indicateurs clés de l'innovation chez les opérateurs et fournisseurs de l'industrie électrique à l'échelon mondial (1995).....	90
Tableau 22 : Financement de la R&D de l'industrie électrique aux USA par institutions.....	92
Tableau 23 : Schématisation des stratégies technologiques par catégorie d'acteurs et par période.....	98
Tableau 24 : Schématisation de la localisation/internationalisation des activités technologiques par catégorie d'acteurs et par période.....	99
Tableau 25 : Identification des domaines de recherches par Derwent des brevets USPTO	115
Tableau 26 : Comparaison des données américaines et européennes de brevets.....	117
Tableau 27 : Dépôts de brevets auprès de l'USPTO par année de référence et par catégorie de firme.....	120
Tableau 28 : Dépôts de brevets auprès de l'USPTO par année de référence, par catégorie de firme et par origine géographique de la firme	122
Tableau 29: Part des brevets déposés auprès de l'USPTO par le quart des firmes constituant les plus gros déposants, par catégorie de firme	125
Tableau 30: Indice Herfindahl normé de la concentration des dépôts de brevets selon le pays d'origine de la firme et par catégorie de firme.....	125
Tableau 31 : Evolution du TIAT moyen par région et par catégorie de firme entre 1986*, 1995* et 1998*	130
Tableau 32: TIAT moyen par région et par catégorie de firme en 1995* selon les données de dépôts de brevets auprès de l'USPTO et les données de dépôts de brevets auprès de l'OEB.	133
Tableau 33 : Les différences entre les visions du début et de la fin de la décennie 1990 des marchés des grands équipements électriques	138
Tableau 34 : Les objectifs de croissance d'Alstom dans le marché mondial des services dans l'énergie et les transports (2000).....	140
Tableau 35: Les technologies ayant entraîné une rationalisation.....	142
Tableau 36: Bilan des avantages et contraintes de la coopération en R&D entre opérateurs et fournisseurs du para-pétrolier selon Schlumberger	144
Tableau 38 : Sélection des quatre catégories de firmes dans les industries pétrolières et électriques.....	181
Tableau 39 : Intensité de la R&D dans l'échantillon FRS de l'industrie pétrolière américaine	187
Tableau 40 :Les cinq catégories d'indicateurs économiques clefs sélectionnés dans la base Worldscope.....	189
Tableau 41 : Selection des « 36+2 Patent classes » de la « Classification internationale des brevets » (6 ^{ème} édition 1994).	194
Tableau 42 : La capitalisation boursière des 50 compagnies énergétiques mondiales les plus importantes selon Petroleum Finance Co à la fin de l'année 2000	201
Tableau 43: Comparaison inter régionale des nombres de brevets publiés par année de priorité à l'OEB pour les firmes IFE- domaine FO2C (turbines à gaz).....	205
Tableau 44: Comparaison inter régionale des nombres de brevets publiés par année de priorité à l'OEB pour les firmes IFE- domaine FO2K (turbo-réacteurs).....	206

Tableau 45 : Comparaison inter régionale des nombres de brevets publiés par année de priorité à l'OEB pour les firmes IFE- domaine FO2C (Turbines à gaz) et FO2K (turbo-réacteurs).....	206
Tableau 46 : Nombre de brevets publiés pour les quatre principaux vendeurs de turbines à gaz à l'échelon mondial (F02C).....	207
Tableau 47 : Nombre de brevets publiés pour les quatre principaux vendeurs de turbines à gaz à l'échelon mondial (F02K)	207
Tableau 48 : Nombre de brevets publiés pour les principaux vendeurs de turbines à gaz à l'échelon mondial (FO2C et FO2K).....	208

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Production mondiale de pétrole et de gaz naturel.....	36
Figure 2 : Evolution du prix du brut et des investissements pétroliers amont en monnaie constante 1999	38
Figure 3 : Moyenne arithmétique des taux de retour sur capitaux investis des opérateurs pétroliers (uo).....	40
Figure 4 : Retour sur actifs des principales compagnies pétrolières (1989)	43
Figure 5 : Retour sur actifs des principales compagnies pétrolières (1999)	43
Figure 6: Investissements pétroliers amont par zone régionale	44
Figure 7 : Moyenne arithmétique des taux de rentabilité sur fonds propres des fournisseurs du para pétroliers (so)	45
Figure 8 : L'opposition entre l'ancien et le nouveau « paradigme » de la R&D dans l'industrie pétrolière américaine	56
Figure 9 : Evolution des rendements des turbines à vapeur , et des turbines à gaz à cycle simple et combiné -1900/2000	66
Figure 10: Concentration de la propriété de la capacité de production d'électricité dans les entreprises électriques avec obligation de fourniture sur un territoire donné (Investor Owned Utilities) aux Etats Unis entre 1992 et 2000	68
Figure 11 : Les fluctuations des commandes annuelles de centrale électrique (1975-1999).....	78
Figure 12 : Répartition mondiale des commandes de centrales électriques par catégorie d'opérateurs (1984-1999).....	79
Figure 13 : Taille moyenne des centrales électriques mises en service entre 1920 et 1994 aux Etats Unis : le tournant des années 1982/1987	80
Figure 14 : L'augmentation de la part des turbines à gaz dans les commandes annuelles de centrale électrique (1975-1999).....	81
Figure 15 : Tendence au déclin des activités de construction d'équipements de production d'électricité dans le chiffre d'affaires des grands fournisseurs mondiaux.....	82
Figure 16 : Baisse du financement de la R&D dans l'industrie de l'électricité aux USA par le DOE et les Investor Owned Utilities (1993/1999)	91
Figure 17 : moyenne arithmétique de l'intensité de R&D des firmes leaders de la construction électrique mondiale (Source : auteurs , d'après Worldscope.).....	93
Figure 18 : De la co-conception à la polarisation des réseaux technologiques autour des fournisseurs.....	94
Figure 19: Nombre de brevets délivrés par l'USPTO aux quatre catégories de firme	121
Figure 20: Dépôts de brevets auprès de l'USPTO par année de référence, par catégorie de firme et par origine géographique de la firme	123
Figure 21: L'internationalisation des activités technologiques des firmes dans un contexte de globalisation financière.....	164
Figure 22 : Evolution de l'internationalisation des actifs des firmes par catégorie de firme.....	166

Figure 23: Comparaison inter régionale des nombres de brevets publiés par année de priorité à l'OEB pour les firmes IFE- domaine FO2C (turbines à gaz).....	205
Figure 24 : Comparaison inter régionale des nombres de brevets publiés par année de priorité à l'OEB pour les firmes IFE- domaine FO2C (Turbines à gaz) et FO2K (turbo-réacteurs)..	206
Figure 25 : Nombre de brevets publiés pour les quatre principaux vendeurs de turbines à gaz à l'échelon mondial (F02C)	207
Figure 26: Nombre de brevets publiés pour les quatre principaux vendeurs de turbines à gaz à l'échelon mondial (F02K)	208
Figure 27 : Nombre de brevets publiés pour les principaux vendeurs de turbines à gaz à l'échelon mondial (FO2C et FO2K).....	209

*

* *