Insertion des docteurs en physique dans les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication

2001-2002

DEA Champs, Particules, Matières

Table des matières

Introduction

L'insertion des doctorants dans l'entreprise est un sujet qui ne date pas d'aujourd'hui. Mais les thésards sont de plus en plus incités à réfléchir à leur avenir professionnel et à la valorisation socio-économique de la formation doctorale. Le «nouveau chapitre de la thèse» est un témoignage d'une volonté commune d'aider les doctorants à faire un véritable bilan des compétences acquises durant la thèse. De quoi s'agit-il exactement ? D'un projet commun à l'Association Bernard Grégory, le Ministère de la Recherche, le CNRS et pour la région parisienne, le Conseil régional d'Île-de-France. Les écoles doctorales ont été invitées à participer à une «phase expérimentale 2002 du nouveau chapitre de la thèse». Quarante écoles doctorales ont répondu à l'appel à propositions, présentant 74 doctorants motivés par l'expérience. Plus concrètement, il s'agit de faire rédiger à des doctorants en fin de thèse un chapitre supplémentaire de leur mémoire pour analyser leur expérience doctorale en tant que projet de recherche, et faire le point sur les compétences et les savoir-faire professionnels qu'ils ont acquis à cette occasion. Cela consiste notamment à s'interroger sur les compétences développées dans le cadre du projet : que ce soient les domaines d'expertise scientifique, technique ou encore de manière plus large des connaissances acquises dans le champ de la discipline de thèse et dans d'autres domaines. Doivent être mises en avant également les qualités de créativité, d'innovation, les capacités d'analyse et de synthèse, les compétences méthodologiques, de rigueur, de communication, de négociation et d'adaptabilité. La liste ne s'arrête pas là, il faut y ajouter les savoir-faire administratifs, organisationnels, linguistiques, les expériences d'encadrement et d'animation, la mise en place de réseaux au niveau international ou national.

Enfin, une partie doit être consacrée à une évaluation des retombées de la thèse, pour le laboratoire ou l'équipe, pour les partenaires du projet, et pour le thésard lui-même en termes de retour sur investissement pour sa carrière.

Le Séminaire d'Insertion Professionnelle du DEA CPM procède suivant la même logique : il s'agit de montrer aux étudiants qui nous sommes et aux entreprises en quoi les compétences spécifiques que la formation doctorale permet d'acquérir sont pertinentes pour une insertion professionnelle. La diversité des rubriques possibles proposées au sein du «nouveau chapitre de la thèse» donne une idée de l'étendue du champ des possibles.

Plus précisément, nous nous intéresserons dans ce rapport aux compétences exploitables dans le nouveau contexte économique d'aujourd'hui, obligé de tenir compte de l'explosion des moyens d'information et de communication, initiés notamment par le Web. Ce rapport s'intéresse *au rôle des doctorants en physique dans la web-économie*, et plus généralement dans les *Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC)*. Ce sujet est abordé sous l'angle général du rôle et des compétences générales des doctorants dans le monde de l'entreprise. En parallèle est menée une réflexion sur les métiers liés à ces NTIC. Une recherche systématique de ces métiers est d'abord menée pour ensuite déterminer lesquels sont plus précisément adaptés aux doctorants. Enfin, il s'agit d'étudier dans quelle mesure les doctorants peuvent apporter leurs compétences à ces métiers, voire à des métiers qui pourraient émerger dans un futur proche.

Chapitre 1

Insertion du docteur en physique dans l'entreprise

1.1 Point de vue des entreprises sur les docteurs en sciences

1.1.1 Contexte

Nous avons regroupé un ensemble de résultats d'enquêtes sur la façon dont le milieu de l'entreprise perçoit les docteurs en science. Deux approches différentes ont été adoptées selon la base de données disponibles. La première partie présente les résultats d'un questionnaire ayant été soumis à des entreprises localisées sur Orsay. Le but de cette étude était de recueillir à la source, c'est-à-dire directement auprès des entreprises, leurs convictions concernant l'embauche de leurs collaborateurs et leurs avis concernant les formations (ingénieurs et docteurs) en France.

La seconde partie regroupe les résultats d'entretiens téléphoniques avec des responsables d'entreprises ou des DRH ayant recruté un docteur en sciences par l'intermédiaire de l'association Bernard Grégory. L'objectif était de trouver des exemples de profil originaux de docteurs en science dans le milieu de l'entreprise. A partir de l'ensemble de ces résultats nous avons pu dresser un portrait du docteur en sciences tel qu'il est perçu par le milieu de l'entreprise.

1.1.2 Rapport d'enquête par questionnaire

Démarche adoptée

Nous avons dans un premier temps rédigé un questionnaire à l'intention des entrepreneurs tentant d'être concis, tout en permettant à ceux qui le désirent de s'exprimer. Ce questionnaire nous a permis de cibler leurs attentes en matière d'embauche.

Afin d'obtenir une vision générale de ces attentes, nous avons choisi des entreprises cibles représentatives d'une classe non nécessairement impliquée dans la *NTIC*. Nous avons obtenu une liste d'entreprises par le biais de la mairie d'Orsay. Leurs activités couvrent les domaines des sciences (ingénierie d'étude, assistance technique en développement, imagerie scientifique), de la communication (vente de matériel de télécommunication, laboratoire de tests de produits de télécommunication), de l'informatique (réalisation de logiciels, réseaux et systèmes informatiques) ou de la gestion (assistance aéroportuaire, conseil en divers domaines). Ce sont quasiment uniquement des PME/PMI dont la plus représentative aurait un effectif de 7 personnes et un capital de 30 000€.

Questionnaire et réponses des entreprises

Nous avons reçu 17 réponses sur 50 entreprises contactées. Dans la suite sont présentées les cinq questions posées ainsi qu'une synthèse des réponses obtenues. Il parait important de signaler en prélude à toutes analyse que même si l'on a envoyé à un large échantillon d'entreprises ce questionnaire pour être le plus objectif possible, il se fait obligatoirement une sélection qui introduit un biais dans cette étude. En effet, les entrepreneurs ayant pris le temps de répondre au questionnaire sont en majorité déjà sensibilisés à l'insertion des doctorants dans l'entreprise.

QUESTION 1 - Quelle est la qualité principale que vous recherchez lors de *l'embauche de vos collaborateurs (Niveau Bac +5 ou plus)?*

La plupart des entreprises ont cité plusieurs qualités essentielles. Les résultats bruts sont exposés dans le tableau ci-dessous.

Taux de réponse	**Qualité**
17%	fiabilité
17%	autonomie
17%	implication personnelle
17%	bonne formation
9%	efficacité
5%	ouverture d'esprit
5%	initiative-créativité
5%	compétences spécifiques au métier

Dans un premier temps, il apparaît qu'un critère fort à l'embauche tient dans les compétences du candidat, dont le niveau est évalué via les diplômes obtenus. Il est également souhaitable que le candidat soit opérationnel rapidement (autonomie et rigueur souhaitées).
Il est par exemple révélateur que seulement 5% des personnes ayant répondues souhaitent des collaborateurs ayant une connaissance spécifique dans le domaine correspondant au travail à exercer. L'entrepreneur préférera des candidats dont le cursus est plus général, avec des capacités d'adaptation plus importantes.
Ceci est appuyé par le fait que 44% des réponses privilégient des qualités personnelles qui ne sont pas en relation avec le cursus suivi (ouverture d'esprit, créativité, motivation, rigeur...).
Finalement, le candidat idéal aurait de bonnes connaissances (non restreintes au domaine d'activité de l'entreprise), serait une personne ouverte, créative ayant le sens des relations humaines, avec laquelle il est agréable de collaborer, et qui saurait insuffler une dynamique à l'équipe.

QUESTION 2 - Seriez vous prêt à embaucher une personne ayant suivi un *parcours atypique? L'avez-vous déjà fait? Si oui quel était ce parcours?*

Taux de réponse	**Réponses**
81%	oui
19%	non

Les entrepreneurs répondant au questionnaire sont majoritairement favorables au développement des liens entreprise/recherche. En effet, la majorité des entrepreneurs ayant répondu positivement ont déjà côtoyé le milieu de la recherche, soit de par leur formation, soit en embauchant ou encadrant des doctorants.
La suite du questionnaire a montré que parmi les 19% restant, certains n'ont jamais été en contact avec le monde de la recherche et développent des clichés sur la formation doctorale. Quant aux autres, cette formation ne semble pas être adaptée à leurs besoins, ou leur critère de sélection s'orientent plus spécifiquement vers des candidats formés à leurs méthodes de travail.
Cependant tous ceux qui se déclarent prêts à employer un doctorant, ou tout autre personne ayant un parcours atypique au regard de leur domaine d'activité, attendent que l'originalité du cursus s'intègre dans la dynamique de l'entreprise.

QUESTION 3 - Pouvez vous développer, en quelques mots, les compétences qu'il vous semble nécessaire d'acquérir au cours des études supérieures (connaissances théoriques, savoir-faire et expérience, adaptation et innovation, autonomie, relations humaines, qualités personnelles, autres...) ?

Dans cette réponse, nous retrouvons les mêmes idées que dans la première question.

Taux de réponse	**Réponses**
24%	Qualité personnelles (ouverture d'esprit, curiosité, remise en question)
16%	Relations humaines (sociabilité, respect de la hiérarchie)
16%	Bonnes connaissances scientifiques
15%	Savoir-faire, expérience (stage en milieu professionnel)
13%	Faculté d'adaptation et d'inovation
13%	Autonomie et efficacité
3%	Méthodes de travail

Ici, les réponses appuient ce qui a déjà été déduit de la première question.
En effet, les entrepreneurs jugent aussi importants les qualités personnelles (relations humaines, respect de la hiérarchie...) que celles provenant directement de la formation (connaissances, méthode de travail...).
Tous sont par ailleurs particulièrement attentifs aux stages et expériences qui ont pu rapprocher le candidat du monde de l'entreprise.
Un des industriels nous semble résumer la position généralement adoptée par les chefs d'entreprises par la phrase suivante: "Ce qui compte sur le court terme, c'est à dire pour l'embauche, c'est la formation et le stage. Sur le long terme, une fois en poste, c'est plutôt la motivation, le comportement, et le relationnel."

QUESTION 4 - Quels sont, à votre avis, les qualités et les défauts d'une personne ayant suivi une formation d'ingénieur ou similaire?

Une grande partie des entreprises ayant répondu considèrent que la question est mal posée et qu'il est incohérent de chercher des caractéristiques propre aux ingénieurs ou aux docteurs. Pour eux, les qualités ou les défauts sont propres à la personnalité de chacun et ne sont pas liés à leur formation.

Cependant, voici les réponses qu'elles ont apportées:

Taux	**Qualités**
44%	Travail sérieux, puissance de travail
28%	Bonnes connaissances théoriques, polyvalence
28 %	Culture d'entreprise

Taux	**Défauts**
37,5%	Manque de connaissances et compétences pratiques
37,5%	Difficultés sur les problèmes mal définis ou mal encadrés
25%	Manque d'ouverture d'esprit,

En recrutant un ingénieur les chefs d'entreprises pensent être assurés de la qualité du travail fourni. Cependant, 37.5% des entrepreneurs soulignent le fait que les ingénieurs rencontrent des difficultés lorsqu'ils sont confrontés à des problèmes mal définit ou sortant du cadre de leurs études. Une autre faiblesse de la formation d'ingénieur, que les entrepreneurs notent, se situe dans la maîtrise des techniques de commercialisation.

QUESTION 5 - Avez-vous déjà employé un doctorant (précisez le domaine)? Si oui, quelles sont à votre avis les qualités et les défauts d'une telle personne? Si non, pourquoi?

Pour la première partie de la question, sur l'ensemble des entreprises qui nous ont répondues, la moitié n'ont jamais embauché de doctorants. Ce qui se dégage de la seconde partie de la question est synthétisé dans le tableau ci-dessous.

Taux	**Qualités**
20%	compétences
20%	Créativité
20%	Autonomie
15%	Maturité (3 ans d'expérience)
15%	Qualités relationnelles
10%	Capacité d'adaptation

Taux	**Défauts**
33%	Difficulté à concrétiser, à finaliser un projet
33%	Mauvaise prise en compte des contraintes économiques
33%	Difficultés relationnelles

En premier lieu, nous remarquons des contradictions dans l'ensemble des réponses. Le plus frappant est l'exemple des relations humaines qui apparaît comme une qualité pour certains et une lacune pour d'autres. Il semble donc que certains aspects soient propres à l'individu et non pas à la formation. Il ressort néanmoins que le docteur en sciences est apprécié pour ses compétences scientifiques mais également pour ses atouts personnelles représentant 65% des qualités citées : créativité, autonomie, contacts humains et capacités d'adaptation. Cependant il est aussi perçu comme déconnecté des réalités de l'entreprise.

1.1.3 Rapport d'enquête téléphonique

Démarche adoptée

L'association Bernard Grégory regroupe les doctorants français et les aide pour leur insertion professionnelle. Elle nous a fourni une liste des doctorants ayant été engagés par leur intermédiaire dans des entreprises en 2001. Sur l'ensemble des 54 entreprises de notre liste, nous nous sommes concentrés plus particulièrement sur des PME présentant un profil original, si possible en rapport avec l'informatique. Dans cette perspective, nous avons exclu toutes les entreprises ayant embauché un doctorant pour un poste de R&D. Aussi cette enquête fait suite à la question 4 du questionnaire précédant (voir p.11) concernant les parcours atypiques. Les résultats obtenus sur les 15 entreprises sélectionnées sont synthétisées dans le tableau suivant.

Taux	Résultats
34%	ont accepté de répondre par e-mail
26%	ont accordé un entretien téléphonique
20%	ont refusé de nous répondre
20%	n'auraient pas embauché de docteur en sciences

Résultats des entretiens téléphoniques

OMEGA PHI, Boissy St-léger. Étude et simulations numériques en calcul mécanique, thermique, énergétique pour l'automobile et l'aéronautique. La société comporte 7 docteurs sur 40 employés, les thèses en industrie sont privilégiées. Les docteurs sont recrutés pour leurs connaissances pointues dans le domaine, à la fois techniques et théoriques. Cependant, ce type de formation ne les prépare pas à concevoir ou vendre des produits.

Millénium, Versailles. Société de consultants pour les métiers de l'ingénieur. Les doctorants sont engagés comme chef de projet, pour leurs connaissances pointues dans un domaine scientifique. On leur reproche une faible expérience professionnelle, du fait de la longueur de leurs études.

France Innovation Scientifique et Transfert (FIST), Paris. Société faisant des études de marché, de la valorisation pour les scientifiques du CNRS souhaitant déposer un brevet. FIST s'occupe de leurs trouver un partenaire industriel. La personne recrutée par la société a fait un doctorat de “logiciel moléculaire des épitélium digestifs” (biologie cellulaire), complété par un Master d'école de commerce, à Toulouse. Elle a été recrutée au poste d'assistant chargé d'affaires. Son travail consiste à faire l'intermédiaire entre le breveteur et l'industrie. Sa double formation est particulièrement bien adaptée à ce poste. Le doctorat lui donne des connaissances pointues nécessaires pour comprendre la nature du brevet, et le Mastère de commerce lui permet de le valoriser.

T-surf, Paris. La société développe le logiciel GOCAD utilisé en géologie. Pour cela elle recrute des développeurs ayant déjà une expérience du logiciel GOCAD, par exemple des docteurs en géologie, ayant effectué leur thèse à Nancy ou à l'IFP, et ayant été amenés à travaillé avec GOCAD durant leur thèse. Le docteur est recruté à la fois pour ses connaissances en géologie et son expérience du logiciel.

Conclusion sur les enquêtes téléphoniques

Pour chacune des entreprises que nous avons pu contacter le recruteur a choisi d'engager un docteur pour ses connaissances pointues dans un domaine scientifique. Ces connaissances étaient exploitées de diverses façons : bureau d'étude, conseil, valorisation de brevets ou expérience d'un logiciel spécialisé. Les défauts des docteurs selon les recruteurs sont le manque d'expérience professionnelle, notamment dans la vente. Ce dernier point peut être pallié par une formation complémentaire. Les principaux avantages retenus sont leur grande autonomie, qu'ils ont acquis par le travail de thèse et leurs connaissances techniques et de pointe dans certains domaines.

1.1.4 Bilan

L'objectif de notre étude était de voir comment les deux principales formations scientifiques - ingénieur et docteur - sont perçues et de recenser directement auprès des entreprises leurs besoins.

Naturellement, il s'est établi une opposition entre ces 2 profils. Globalement, si les ingénieurs sont recrutés pour leur efficacité à réaliser un travail cadré, on attend d'un docteur des qualités autres : adaptabilité, créativité, autonomie. C'est ce qu'illustre le fait que lorsque les entrepreneurs ont à dégager ce qu'ils attendent d'un ingénieur, ils ne font que peu référence à des qualités personnelles (question 4, p.11).

Ce qui ressort de cette étude est que l'opposition des deux formations n'est pas valable et cela pour deux raisons. L'individu et la personnalité importent tout autant que la formation. D'autre part, ces deux profils ne répondent pas aux mêmes besoins : les docteurs, qui bénéficient des trois années d'expérience du travail de thèse, doivent justifier de compétences supplémentaires. Finalement, il se dégage de cette étude que les docteurs ont beaucoup à apporter au monde de l'entreprise sous la condition qu'ils s'adaptent à ses règles. Ainsi leurs points forts se situent dans les secteurs où l'innovation prime (créations d'entreprise, valorisation de découvertes scientifiques . . .).

1.2 Point de vue des docteurs

Depuis la fin des années 80, le nombre de docteurs en France n'a cessé d'augmenter sous l'impulsion des différentes politiques gouvernementales. Aujourd'hui, l'emploi concerne tous les doctorants. Leur insertion professionnelle s'avère plus difficile qu'auparavant et représente un réel problème. Quelle est la situation actuelle ? Sur un total de 10.000 thèses soutenues en France par an, dont 5.000 dans le domaine scientifique, environ un millier de thèses en physique sont soutenues ce qui, au regard des promotions annuelles de cadres et d'ingénieurs, semblent peu. D'après les statistiques des doctorats soutenus en 1996, près de 20% des nouveaux docteurs sont sans emploi au début de 1997. Un an plus tard, début 1998, il en reste moins de 10%. Toutefois, à la même époque, seulement la moitié environ de la promotion 1996 occupe des emplois stables car encore beaucoup se trouvent dans des emplois à caractères temporaires du type ATER, post-docs, *etc*. . .

Devenir des Doctorants	**Docteurs en 1998**	**Docteurs en 1999**
Séjours post-doctoraux	23%	22%
ATER	13%	13%
Enseignement supérieur	10%	9%
Organisme de recherche	7%	7%
Entreprises	35%	36%
Administrations	2%	2%
Enseignement secondaire	3%	2%
Service national	1%	1%
Emplois précaires	1%	1%
Sans emploi	6%	8%

Tableau : Devenir des doctorants après 6 mois.

Les statistiques sur ces docteurs sont très parcellaires et l'étude de leur devenir est sans nul doute indispensable à une vision réaliste de leur situation professionnelle. Le constat le plus frappant concerne le faible flux de docteur (35% des étudiants en physique et sciences de l'ingénieur se sont insérés en entreprise en 1999 six mois après leur soutenance) vers l'industrie. Il est donc clair que dans la situation actuelle, trop de docteurs ne trouvent pas naturellement de débouchés. A l'examen pourtant, il apparaît que beaucoup de débouchés possibles représentent de forts potentiels d'embauche pour les jeunes docteurs. Les qualités et compétences développées et acquises pendant une thèse font des docteurs en physique un atout pour l'entreprise. Ceci est d'autant plus vrai que le docteur est en fait largement reconnu de par le monde.

Aujourd'hui, la thèse est souvent une formation polarisée vers un recrutement dans la recherche publique. De plus, les doctorants ne se sentent pas en majorité concernés par le secteur privé et une large part se destine à l'enseignement supérieur. Pourtant, seulement le tiers des docteurs va travailler effectivement dans ce domaine. Les deux tiers restant vont aller mettre leurs compétences au service d'autres secteurs de la société (industrie, administration...).

1.2.1 Démarche adoptée

L'étude effectuée dans cette partie concerne les docteurs ayant réussi à s'insérer dans le domaine industriel. Le but est de mettre en relief les atouts qu'ont mis en avant ces docteurs afin d'être embauché ainsi que les inconvénients liés à la thèse et au post-doctorat. Pour cela, nous avons pris contact avec de nombreuses associations de doctorants en sciences réparties dans toute la France ainsi qu'avec des anciens doctorants en physique afin d'obtenir leur avis sur l'insertion des doctorants, et plus particulièrement des doctorants en physique, dans le domaine des nouvelles technologies. La première approche que nous avons suivi, fut d'envoyer de façon massive le mail suivant à chaque association :

Le DEA de physique "Champs, Particules et Matière" (universités Paris VI, VII, XI) effectue chaque année une recherche visant à approfondir un phénomène de société scientifique. Cette recherche est financée par un industriel. Cette année le sujet est : "L'émergence de nouveaux métiers liés au Web et à l'informatique : bilan, prospectives et implication des docteurs en physique".

Étant donné votre lien avec les doctorants en physique et le monde du travail, nous sommes très intéressés par votre opinion sur quelques points.

Pour quelles raisons les doctorants vous contactent-ils ? Selon vous, quels sont les atouts et les inconvénients de la formation doctorale en physique pour s'insérer dans le monde du Web et de l'informatique ? Avez vous une idée des métiers liés à ce domaine que peuvent exercer ces docteurs ?

Tout renseignement dont vous disposez en relation avec ce qui précède nous serait très utile.

Environ 20% des lettres envoyées ont eu un retour et seulement 10% ont eu une véritable réponse. Suivant les contacts établis, nous avons approfondi notre enquête en personnalisant notre correspondance. Certaines personnes ont également bien voulu nous rencontrer.

1.2.2 Analyse des réponses

Les entreprises ont besoin d'une très grande diversité de formations pour leur développement. Elles cherchent à recruter de la manière la plus hétérogène possible, en croisant les expériences pour favoriser les enrichissements mutuels et les synergies.

Les praticiens des ressources humaines s'accordent à dire que le recrutement s'articule autour du triptyque « compétences/aptitudes/motivation » . Parmi ces facteurs, il est admis que les compétences ont souvent été acquises à l'université ou à l'école doctorale. Quant aux aptitudes, il leur faut pour les définir tenir compte de l'environnement de la thèse, de sa justification, de son déroulement et de son aboutissement. La formation doctorale est donc bien reconnue par les recruteurs comme une formation à considérer. Par ailleurs, pour définir la motivation du candidat, ils tiennent compte de l'adéquation entre le choix de ses études et ses choix professionnels. Le but pour un jeune doctorant étant de devenir une femme ou un homme de l'entreprise choisie, en intégrant la culture et les valeurs de celle-ci, tout en conservant la valeur de sa formation doctorale.

Nous allons donc voir quelles sont les qualités que développe celle-ci et quels sont les manques auxquels les doctorants vont devoir palier pour s'intégrer au monde de l'entreprise.

Qualités

La principale qualité soulignée par toutes les réponses reçues est la grande autonomie des doctorants. En effet, lors de sa thèse, un doctorant doit faire face à de nombreuses situations nouvelles, souvent sur sa propre initiative. Un docteur en physique doit donc posséder la capacité de ne pas baisser les bras devant un problème, et de grandes qualités d'innovation. Dans ce sens, la thèse est souvent considérée comme une première expérience professionnelle. Pour Pascal Degiovanni, membre de l'association Gargamel, « C'est un métier de cadre ». Ceci ressort de nos interviews, mais est aussi explicitement indiqué dans de nombreuses offres d'emploi, comme celles recensées par l'association Bernard Grégory par exemple.

A l'opposé, cette capacité d'autonomie peut être considérée comme un défaut, dans le sens où le doctorant peut ressentir une certaine frustration lors de son insertion professionnelle s'il ne peut pas la mettre à profit dans son nouveau travail. Ainsi, Cécile Pedoussat, docteur, « souffre de ne pas pouvoir disposer de suffisamment d'autonomie, car est cantonnée à des tâches parfois sans intérêt et qui ne demandent pas beaucoup de réflexion ». Ceci renvoie à un autre atout que possède en général un étudiant de cette voie : il a fait ce choix par goût et non par nécessité.

Certains pourtant, choisissent délibérément le secteur privé pour exprimer leurs compétences de recherche tout en élargissant le domaine par rapport au sujet *stricto sensu* de leur thèse. Ainsi, Myrianne Régis, après un stage dans une entreprise canadienne, a renoncé à un poste de maître de conférence au profit d'un poste que cette société canadienne avait accepté de créer pour elle en France. Celle-ci lui accordant une autonomie quasi-totale, elle déclare y trouver plus d'épanouissement que dans un poste d'enseignement.

D'autre part, lors d'une thèse, le doctorant développe une capacité à organiser son travail sur le long terme ce qui peut être utile dans des milieux professionnels où les projets ne sont pas toujours complètement déterminés. En effet, le thésitif a l'habitude de gérer des expériences sur plusieurs années ce qui n'est pas forcément le cas pour des ingénieurs travaillant dans des domaines comme l'informatique.

Les sociétés NTIC doivent être capables d'intervenir à tous les niveaux d'un projet ce qui implique la nécessité d'une formation continue à l'intérieur de l'entreprise. Or même si certains entrepreneurs voient les doctorants comme des «étudiants attardés», il faut bien leur reconnaître leur capacité à apprendre. De plus, selon Gianni De Dominico de Ebusiness-information, par rapport à un ressortissant d'école d'ingénieur, un doctorant, s'il est amené à prendre des responsabilités, pourra s'avérer être un moteur pour le groupe grâce à la maturité, la capacité de réflexion et à l'esprit de synthèse que lui ont donné ses trois ans de thèse. Enfin, en comparaison avec d'autres types de formation, les doctorants sont réputés pour leur capacité de réflexion particulièrement large et variée, ainsi que pour leur capacité d'innovation à partir des données existantes et pour l'originalité de leur façon d'aborder les problèmes.

L'une des autres caractéristiques indéniables du doctorat en regard d'autres formations est, d'après Cécile Pedoussat, analyste d'étude dans une société et docteur en physique, l'opportunité d'y pratiquer diverses formes d'enseignement telles que le monitorat, les vacations, permettant l'acquisition de compétences théoriques. D'autre part, les thésitifs ayant à effectuer régulièrement des communications sur leurs travaux, ils ont aussi l'habitude de s'adresser à un public extrêmement spécialisé ; Fabienne Goldfarb, responsable de l'Association des Doctorants d'Orsay ADDOC, précise donc qu'ils savent s'adapter à leurs auditeurs, communiquer leur savoir en français comme en anglais, et transmettre leurs idées à l'écrit aussi bien qu'à l'oral, comme le précise G. De Dominico.

Pendant leur thèse, la plupart des doctorants en physique acquièrent des compétences en informatique. Stéphane Fichet, employé chez Wanadoo, considère même que c'est sa « compétence Number One ». Cependant, par rapport à des spécialistes en informatique, ils possèdent une valeur ajoutée, nous dit G. De Dominico : en effet, d'un côté, il est nécessaire de connaître les besoins des utilisateurs dans le monde de l'Internet, or les chercheurs sont de gros utilisateurs de l'Internet haut débit et les thésitifs ont dès lors une bonne appréciation de ce type d'outils ; d'un autre côté, leur habitude des expériences en physique leur permet de maîtriser la méthodologie pour les tests de performance des logiciels (voir chapitre 3).

Parmi les qualités citées dans les réponses à notre questionnaire, on compte la rigueur scientifique et la recherche systématique d'une solution à un problème, sans se laisser décourager, une bonne motivation quelque soit le sujet, l'habitude de rechercher des informations sur un sujet inconnu ou encore la pratique des échanges internationaux. Ces derniers sont particulièrement reconnus comme étant le point fort des post-doctorants, qui sont par ailleurs appréciés pour leur ouverture d'esprit, leur mobilité et leur capacité d'adaptation. Pour autant, l'adaptation n'est pas seulement l'apanage des seuls post-docs, tous les thésitifs devant développer cette qualité durant leur formation. Celle-ci leur permettra de postuler à un large choix de postes, mais elle n'ouvre cependant pas toutes les portes, car les entreprises recherchent de plus en plus des missions courtes et veulent des employés opérationnels immédiatement.

Le fait d'avoir réalisé une thèse est souvent vu dans l'entreprise comme le signe d'une ténacité hors norme, qui peut s'apparenter à celle des sportifs de haut niveau. Les docteurs ont acquis des connaissances pointues sur un sujet; mais au-delà de leur propre domaine de compétence, ils se sont imprégnés du savoir accumulé en fréquentant d'autres chercheurs de leur laboratoire et se sont ainsi constitués un réseau de contacts très précieux pour l'entreprise.

Pour autant, il ne faut pas négliger de valoriser la thèse comme une véritable première expérience professionnelle. Notamment, les bénéficiaires d'une convention CIFRE n'ont pas de mal à insister sur la liaison entre le sujet de leur thèse et le monde économique. Dans tous les cas, la participation à la vie du laboratoire, à la définition de leur stratégie, à la gestion des contrats, à la préoccupation quant aux coûts d'une expérience par rapport au budget qui lui est alloué ..., font que le jeune docteur n'est jamais complètement étranger aux préoccupations des industries.

Inconvénients

La précarité du statut des doctorants est une réalité. Elle génère une angoisse qu'il n'est pas évident d'accepter, ce qui serait nécessaire pour construire des stratégies gagnantes. Il faut savoir « se vendre », ce qui suppose d'être extrêmement attentif aux opportunités qui se présentent. Or, que ce soit par difficulté à accepter l'idée de quitter le monde de la recherche académique, ou simplement par manque d'habitude, il est généralement admis que les jeunes doctorants ne savent pas se promouvoir. Dès lors, si l'insertion du doctorant dans le monde de l'entreprise n'est pas vécu comme un choix personnel, ceux-ci peuvent alors s'en sentir dévalorisés et l'intégration dans l'entreprise en pâtit gravement. Il peut en découler une mauvaise opinion des entreprises au sujet des jeunes issus d'une école doctorale, les voyant comme des gens « prétentieux », n'essayant pas de s'adapter à leur nouveau milieu, nous met en garde Fabienne Goldfarb.

1.2.3 Bilan

Taux	Qualités
23%	Connaissances (Informatique, Physique...)
23%	Méthodes de travail
13%	Autonomie
13%	Pédagogie
13%	Collaboration internationale
9%	Créativité
4%	Persévérance

Il semble nécessaire de mieux adapter le doctorat à ses débouchés effectifs en y ajoutant de la valeur, en terme de formation et d'expérience, sans en altérer le contenu. La formation doctorale doit être une école de l'innovation dans un monde où la haute technologie représente l'avenir.

La thèse est souvent considérée comme une hyperspécialisation dans un domaine très restreint de la physique. Il faudrait plutôt renforcer la dimension d'une véritable expérience professionnelle de plusieurs années dans un laboratoire de haute technologie, succédant à une formation de généraliste en physique (Bac +5) et permettant à un jeune cadre de faire ses preuves dans un véritable métier.

Dans de nombreux cas, le problème de l'inadéquation des docteurs et des entreprises relève d'une méconnaissance liée à la mauvaise imbrication des « mondes » industriels et académiques.

Le monde des entreprises et celui des laboratoires de recherche ne se connaissent et ne se côtoient pas assez, et n'ont pas assez de relations. Certains enseignants-chercheurs et directeurs de thèse ne connaissent pas toujours bien le monde industriel. C'est un inconvénient compte tenu du fait qu'ils seront éventuellement amenés à diriger des recherches en relation avec l'industrie et devront aider leurs étudiants à se positionner par rapport à un projet professionnel.

Dans les industries comme dans les PME-PMI, il semble que de nombreux docteurs (particulièrement ceux qui ont effectué une thèse fondamentale, sans avoir de rapports avec l'industrie) ne sont pas familiarisés avec le monde de l'entreprise, des techniques qui y sont employées... Cette situation freine alors leur embauche. Une ouverture des docteurs vers les entreprises est donc nécessaire pour développer l'embauche de docteurs dans le secteur privé.

Les docteurs sont bien reconnus par les entreprises qui en ont déjà embauché auparavant. Celles-ci sont généralement très satisfaites de leur docteurs mais, compte tenu des faibles flux, elles ne sont pas assez nombreuses. Ce manque de docteurs dans l'encadrement des entreprises entraîne une méconnaissance de ce cursus.

Les entreprises éprouvent souvent des difficultés à juger des qualités et compétences d'un jeune docteur par manque de transparence et de lisibilité des thèses délivrées. Ceci est en grande partie dû à la complexité des cursus et du tissu actuel des formations doctorales (des dizaines de DEA alliés a des centaines de laboratoires et des milliers de directeurs de thèse). Nous avons aussi noté la confusion qui existe aujourd'hui entre le jugement des qualités de la thèse (qui met en jeu de très nombreux facteurs extérieurs au docteur) et le bilan des compétences du docteur (qui ne met en cause que l'individu). De plus, bien souvent les laboratoires de recherche « se gardent » les meilleurs candidats, l'industrie n'apparaissant plus comme un débouché naturel mais comme un échec. Il en résulte que les dirigeants de PME-PMI ou d'industrie se tournent davantage vers les ingénieurs sortis de grandes écoles. Le système des écoles d'ingénieur assure l'employeur de l'embauche de quelqu'un qui a suivi un cursus clair et standardisé, connu et reconnu, mesurable par la réputation de l'école, révélateur non seulement d'un niveau scientifique et technique mais aussi d'une certaine combativité issue de la sélection sur concours. L'école est une garantie ou une façon de limiter les risques pour un employeur.

Pour ceux qui connaissent leur capacité, les docteurs sont appréciés pour leurs qualités d'innovation, pour la notion de travail en équipe, pour leurs connaissances des outils informatiques, pour leur entraînement à la communication, pour leur réseau de connaissances... Toutefois, la trop faible insertion des docteurs dans l'industrie ne résulte pas seulement d'une méconnaissance réciproque entre recherche publique et industrie. Même si nombre de thèses sont des formations de qualité, il peut arriver qu'à la fois doctorants et encadrants « oublient » certains points qui, même s'ils ne sont pas tous indispensables pour un recrutement en recherche publique, sont essentiels pour une embauche dans un autre secteur. Nous en reprenons ici quelques uns :

– Les entreprises ont besoin de personnes ayant une culture scientifique large, car elles doivent souvent s'adapter à de nouveaux domaines et être opérationnelles le plus rapidement possible. La spécialisation nécessaire à un travail de thèse ne doit pas se faire au détriment d'une ouverture culturelle et scientifique. Il faut veiller à donner une « assise » large aux compétences et connaissances acquises pendant la thèse.

– Les docteurs doivent aborder leur thèse comme un véritable projet à réaliser en un temps défini. Il doivent en assumer la gestion afin de développer les compétences requises (autonomie, respect des coûts et délais, écoute des besoins, contrôle des spécificités techniques, sens des responsabilités...). Ce sont ces compétences qu'ils valoriseront dans leur vie professionnelle. De plus, ils doivent être sensibilisés aux méthodes de travail professionnelles et en particulier à la notion de démarche qualité.

– Les docteurs eux-mêmes ne sont pas toujours conscients de leurs acquis, connaissances, compétences et expériences développées pendant leurs 3 années de recherche. Ces points sont à mettre en valeur dans le cadre de leur projet professionnel.

– Le milieu académique ne valorise pas toujours suffisamment la physique appliquée par rapport à la recherche fondamentale, et délivre parfois des messages négatifs, tel : l'entreprise symbolise une prise de risque, tandis qu'un emploi en recherche est plus sûr... Une évolution des mentalités est nécessaire.

– En terme de création d'entreprise, la recherche publique présente beaucoup de freins et blocages. Dans le domaine humain en particulier, l'université devrait renforcer son rôle d'école de l'innovation en responsabilisant les étudiants.

Toutes ces remarques montrent à quel point il est aujourd'hui nécessaire de rapprocher les « mondes » industriels et académiques comme cela a déjà été fait de nombreuses fois avec succès. Notons en particulier à différents niveaux les procédures d'aide à l'insertion du ministère (CORTECHS, DRT, CIFRE, ARI-gérée par l'ANVAR, ...). Toutefois ces initiatives ne sont pas encore suffisamment connues et généralisées.

En ce qui concerne les post-doctorats, comme nous le précisait Fabienne Goldfarb, ils sont souvent mal perçus par les entreprises et vus comme un recul du moment de l'insertion. Pourtant, ces post-doctorats peuvent être valorisés si un changement de sujet et une mobilité géographique sont effectués ; ils pourraient alors être vus comme une capacité d'adaptation et une ouverture d'esprit.

1.3 Situation internationale

1.3.1 Motivations

Jusqu'à présent, nous nous sommes exclusivement intéressés à l'insertion des docteurs en France. Nous allons maintenant considérer ce problème d'un point de vue international. Notre démarche s'est articulée autour de trois continents : l'Europe, l'Amérique et l'Asie. A l'intérieur de chaque région, le plus possible de pays ont été étudiés, mais il n'a bien sûr pas été possible de travailler sur tous.

Le choix des continents comme des pays concernés par notre travail s'appuie sur des critères divers. Un des principaux critères que nous avons employés est la connaissance des différents pays et de leur langue par chacune des personnes impliquées dans notre étude. Un autre aspect important a été la présence ou non de données accessibles (par des contacts, les représentations diplomatiques et les sites internet).

Ces raisons entraînent que notre travail sur l'Europe concerne plus particulièrement les pays de l'Union Europénne. Le choix de ces pays n'est pas innocent. D'abord, il s'agit de nos plus proches voisins. Ceci, combiné avec l'existence de la commnunauté européenne pourrait laisser penser qu'il s'agit des pays ayant les systèmes les plus proches du notre. De plus, la France possède des liens forts depuis longtemps avec chacun d'entre eux, ce qui fait de l'Europe une zone privilégiée d'échanges pour les étudiants et les docteurs, mettant ainsi en avant un aspect de concurrence entre les différentes formations. En ce qui concerne l'Amérique et l'Asie, la situation est plus complexe car avec l'accroissement des distances, obtenir des informations pertinentes devient de plus en plus difficile, malgrè le développement d'internet. Pour compenser cette difficulté, nous avons beaucoup utilisé les relations que nous pouvions avoir dans ces différents pays ainsi que les informations fournies par les associations en faveur du développement d'échanges. C'est pour cela que notre travail est surtout focalisé sur les pays dominants de ces régions. Ainsi, pour l'Amérique, notre travail porte essentiellement sur les États-Unis.

Les liens entre l'Europe et les États-Unis sont très importants à la fois dans le milieu de la recherche et de l'industrie. Ils se fondent sur la présence importante à la fois d'étudiants et de docteurs européen, autant dans l'industrie que dans la recherche publique américaine. Les États-Unis sont aussi une forte source d'inspiration pour la société europénne et leur système d'insertion des docteurs peut aussi influencer dans un futur proche les évolutions du système européen. Un effort a été fait vers d'autres pays comme le Canada ou le Brésil. C'est pour ces pays que les problèmes de communication se sont le plus fait sentir, avec à la fois un faible taux de retour et un problème d'obtention d'informations.

Dans le cas de l'Asie, nous nous sommes surtout focalisés sur le Japon. Ce pays est la principale puissance économique de l'Asie. De plus, il présente par rapport aux autres pays étudiés jusque là de n'avoir que peu de rapports avec la

France, bien qu'il existe de nombreuses associations en faveur du développement d'échanges. Nous nous sommes aussi intéressés à la Corée du Sud, pour des raisons similaires.

Dans ces recherches nous avons quasiment complètement négligé les pays en voie de développement et le continent africain. Ceci s'explique de nouveau par les problèmes d'accession aux données concernant les docteurs dans ces pays.

Nous allons développer plus en détail dans l'ordre : l'Europe, l'Amérique puis pour finir l'Asie. Dans chaque partie, nous allons essayer de présenter le système scolaire et en particulier les conditions d'accès à la thèse. De plus, nous nous intéresserons à l'influence des entreprises sur les universités. Ensuite, nous présenterons une comparaison des systèmes en particulier avec les écoles d'ingénieurs, propres à la France. Enfin, pour chaque continent, nous essayerons de présenter une réponse sur le lien entre le docteur et l'industrie.

Toutes ces raisons font que cette partie du rapport ne prétend pas être objective. Notre but est avant tout de rassembler un certain nombre de documents et de statistiques permettant de mieux replacer la situation des docteurs français dans le contexte international. Ces données concernent avant tout l'insertion des docteurs dans le monde de la recherche plus que sur le problème spécifique des techniques de l'information. Sur ce point, les informations que nous avons rassemblées proviennent de discussions avec des gens mieux informés que nous sur la situation des docteurs à l'intérieur des différents pays.

1.3.2 Europe

Les études en Europe

Études pré-universitaires Dans le principe, ces études sont très similaires à travers l'Europe. La réelle différence provient de l'orientation et de la sélection des élèves tout au long de cette scolarité. En effet, le système allemand, par exemple, propose une orientation adaptée au niveau des élèves et une sélection très tôt dans la scolarité et à diverses étapes de celle-ci. En parallèle avec cette sélection, les élèves eux-mêmes sont amenés à effectuer des choix qui "spécialisent" leurs cursus, beaucoup plus qu'en France par exemple.

Études universitaires précédant le troisième cycle Il y a en Europe trois types de système universitaire.

En Italie ou en Espagne, c'est un système de type 'napoléonien', comme en France, qui a cours dans lequel l'université est pour l'état un outil de modernisation de la société, à travers un contrôle étroit du financement de l'institution et des nominations, et une législation garantissant une répartition équitable des ressources nationales sur l'ensemble du territoire. Concrètement, ce système est fondé sur les principes de mérite et d'égalité formelle. Cela se traduit, pour les enseignants et les étudiants, par une vision du service de l'état comme la voie la plus naturelle et celle qui reste synonyme de d'égalité et de liberté.

En Angleterre, la base du système est la grande autonomie financière laissée aux universités, qui ont d'ailleurs eu longtemps la responsabilité de se répartir les fonds publics. Dans un tel système, les universités, plus libres, attachent un intérêt tout particulier au développement personnel des étudiants, qui ont longtemps été obligés de vivre sur le campus, formant ainsi, en plus d'une communauté universitaire, une communauté de vie. Le contre-poids de tout cela étant qu'une telle éducation était essentiellement réservé à une élite, jusqu'à un début de démocratisation relativement récent (années 80). L'héritage de ce système est un système universitaire de haut niveau, allant au-delà de la simple formation intellectuelle.

En Allemagne, le système s'articule fortement autour des centres de recherche, le but de l'université étant plus clairement tourné vers l'avancée des connaissances. Une autre différence réside dans le système d'évaluation qui n'est pas "additif" (accumulation d'unité de valeur), mais à "certification finale", ce qui a pour effet de diminuer le bachotage et de plus responsabiliser les élèves.

Une différence fondamentale, conséquence à la fois des différences de fonctionnement des systèmes scolaires et universitaires, est la diversité d'origine et de niveau des étudiants que doivent gérer les universités du type italien, espagnol ou français, ce qui représente une difficulté spécifique pour ces établissement en comparaison de leurs homologues d'autres pays.

Le troisième cycle Contenant toujours une thèse, le troisième cycle admet quelques variantes selon les pays. Souvent (Italie, Espagne,...), il est précédé d'un projet de recherche plus cours (une année). En Italie, c'est une condition nécessaire à la réalisation d'une thèse de doctorat; en Espagne, la "tesina", petite thèse d'un an, est possible, sans être obligatoire, mais l'équivalent du DEA[1] contient un projet d'un an qui est souvent le début de la thèse.

De plus, même pour les pays n'ayant pas un découpage clair 'DEA+thèse', le doctorants doit toujours suivre un certains nombre de cours, mais souvent peu scolaires et peu contraignants.

Les financements sont publics ou privés, selon que le sujet est plus ou moins appliqué. Notons la nouveauté des financements de l'Union Européenne qui visent à promouvoir les déplacements des doctorants au sein de l'Union, ce qui profit e essentiellement au pays à la réputation scientifique moindre, comme l'Espagne par exemple.

Selon les pays, les débouchés ne sont pas les mêmes et l'insertion se fait différemment. En Allemagne, en particulier, l'embauche dans une entreprise est quasi immédiate et quasi systématique pour les docteurs en physique. Cela fait certainement une différence dans la manière dont les étudiants abordent leurs études doctorales.

Enfin, il est également important de noter l'apparition au sein des troisièmes cycles européens des formations, facultatives, préparant à des activités liées aux nouvelles tendances du secteur privé : internet, création de start-up. . .

Quelques chiffres

L'Europe souffre d'une surproduction d'environ 2000 docteurs/an/pays, chiffre en constante augmentation. Cela se traduit par une explosion des circuits d'at-

1. C'est-à-dire en fait les deux premières années de thèse.

tente : 30% des nouveaux docteurs en sciences de la matière font des séjours post-doctoraux et 20% sont sans emploi. Il faut souligner que 34% des embauches dans le secteur privé se font lors de la première année suivant la thèse, et 25% se font lors de la deuxième année. Cela signifie donc que la situation des docteurs en état d'attente est extrêment précaire.

Intéressons-nous, enfin, dans l'optique de ce rapport, au lien entre entreprises et laboratoires universitaires, où les doctorants connaissent leur première expérience professionnelle. Le tableau suivant fournit quelques chiffres à ce sujet:

Relations (sens large) avec des entreprises	81.1%
Contrats de recherche avec des entreprises	79.9%
Expertises auprès d'entreprises	49.8%
Doctorants financés par l'entreprise (équivalent CIFRE)	34.2%

Source: Irédu/Céreq Rq : ces données concernent les sciences exactes en général.

Un autre indicateur, peut-être peu significatif en ce qui concerne le devenir effectif des docteurs, mais qui traduit l'état d'esprit dans lequel ils vivent leur formation par la recherche, est la répartition des souhaits professionnels des étudiants en dernière année de thèse :

secteur public	secteur privé	nspp
de 45 à 60%	de 20 à 45%	de 10 à 25%

D'après des témoignages, les chiffres les plus élevés concernant le secteur privé viennent du cas allemand. A titre de comparaison, la France se situe autour de $50\%/30\%/20\%$.

1.3.3 États-Unis

Fonctionnement des études aux États-Unis

Études précédant le troisième cycle Le système scolaire américain possède un certain nombre de points communs avec le système français. Toutefois, à l'inverse du cas français où la même éducation est distribuée à tous, le système américain se caractérise par de fortes différences de niveaux entre les établissements. De plus, ce système est connu, parmi les américains pour sa mauvaise efficacité et pour favoriser les discriminations sociales : il faut être riche pour pouvoir poursuivre ses études jusqu'au plus haut niveau.

L'éducation commence à l'âge de 6 ans par les écoles primaires et secondaires (l'équivalent de la primaire et du collège français). A la fin de ce cycle, l'enfant a l'âge de 18 ans. Il peut alors poursuivre ses études en entrant au “college”, à l'université, dans des “vocational schools” (qui forment à un métier, de manière équivalente à un IUT). Les études dans un “college” ou à l'université conduisent au diplôme de “Bachelor”, au bout de quatre ans d'études, ce qui forme l'éducation dite “undergraduate”. Au delà de ce diplôme, les études s'appellent une école “graduate”, ce qui correspond à des études de loi, de médecine, d'économie avancée ou à une thèse (Ph.D.).

A l'âge de 18 ans, à la fin de l'école secondaire, l'étudiant passe un examen équivalent au baccalauréat. Toutefois, au lieu de donner simplement un titre, cet examen constitue la clé pour pouvoir rentrer dans la suite du système scolaire. En effet, le critère principal d'admission dans un "college" ou une université est le niveau scolaire dans les matières dominantes choisies. Ainsi, par exemple, un étudiant obtenant des notes moyennes en sciences se verra refuser l'accès des cursus scientifiques de beaucoup d'universités, indépendament de ses résultats ailleurs. De plus, un autre critère important est le coût des études qui varie très fortement avec le niveau de l'université. C'est cet aspect du système qui impose une forte discrimination dans le système. En effet, les étudiants issus d'un état et n'ayant pas les moyens de payer pour la suite de leurs études peuvent obtenir une bourse dans les universités publiques de l'état. Toutefois, le niveau de ces universités est généralement bas. Pour poursuivre correctement des études supérieures, un étudiant doit s'inscrire soit dans une université privée dont les coûts sont très importants, soit dans une université publique d'un niveau suffisant, dont le coût est aussi très élévé mais où il pourra obtenir une bourse si son niveau est suffisant.

Il faut comprendre qu'en plus de l'université, il existe d'autres cursus parallèles, comme les "colleges" et les "juniors colleges" (2 ans) qui préparent normalement plus à des postes industriels, comme les IUT français. Toutefois, il y a une très forte connexion entre les différentes branches. Le seul critère vraiment déterminant est la capacité d'un étudiant à s'inscrire (i.e. à avoir eu un niveau suffisant jusque là) et à financer ses études. Sur ce point là encore, le système diffère de la France : beaucoup d'étudiants américains interrompent leurs études pour quelques années pendant leurs études supérieures pour les reprendre après avoir travaillé quelques années sans être pénalisés.

La thèse aux État-Unis Une fois qu'un étudiant a obtenu son diplôme de "Bachelor", il peut envisager de poursuivre ses études au delà. Le Ph.D américain dure 5 ans. Au cours des deux premières années, l'étudiant doit suivre un certain nombre de cours différents pour compléter sa formation (l'équivalent de notre DEA mais étalé sur 2 ans). Ensuite, bien que cela ne soit pas clairement obligatoire, l'étudiant doit assurer une charge d'enseignement, généralement des heures de TD associés aux cours de son professeur. Au bout de 3 ans, l'étudiant doit passer une première soutenance dans laquelle il présente ce qu'il a fait jusqu'à présent et il définit son sujet définitif. Ceci permet aux étudiants d'explorer plusieurs domaines de recherche avant de s'orienter définitivement sur un thème. Au bout des cinq ans, l'étudiant soutient sa thèse devant un jury, ce qui termine normalement ses études. Toutefois, il existe quelques cas de personnes ayant passées plusieurs thèses à la suite.

Le financement de la thèse se fait par des bourses universitaires ou privées. Il est difficile de savoir en quelles proportions se répartissent ces bourses. Leurs montants varient aussi avec l'université, voir même avec le secteur. Les bourses industrielles sont plus souvent attribuées à des sujets très concrets et/ou à des étudiants reprenant leurs études après quelques années dans l'industrie ou à l'armée. Cette dernière pratique, sans être courante, vaut néanmoins la peine d'être soulignée. En effet, la thèse est vue par nombres de techniciens supérieurs américains comme une occasion d'obtenir une promotion : il n'y a pas de statut équivalent à l'ingénieur français. Les docteurs jouent le rôle des ingénieurs et les autres celui des techniciens supérieurs. C'est pour cela qu'il est parfaitement possible de trouver dans les laboratoires américains des thèsards de 35 ans commençant une thèse.

Quelques chiffres

Chaque année, de 10 000 à 15 000 américains soutiennent une thèse scientifique (toutes disciplines confondues) ce qui doit représenter, si nous nous basons sur les nombres d'étudiants dans chaque branche, environ 5 000 physiciens (ou disciplines apparentées).

Toutefois, malgré ce chiffre qui peut paraître tout à fait raisonnable, le système éducatif américain traverse une crise délicate : de plus en plus de gens estiment ce système inadapté pour l'insertion des étudiants dans le monde professionnel. Le cœur du problème a été attribué au manque de préparation des étudiants au monde professionnel. Toutefois, une étude récente montre que les étudiants américains rêvent toujours d'une carrière universitaire (environ 50% en physique) essentiellement à cause de l'attrait qu'exerce sur eux la perspective d'enseigner (facteur important dans 83% des cas) et la qualité de vie sur les campus (facteur important dans 80% des cas). Ce rêve est irréaliste et très peu d'étudiants arrivent à le mener à bien (moins de 30% des docteurs obtiennent un poste universitaire 10 ans après leur thèse).

Malgré des efforts importants pour permettre aux étudiants d'être mieux préparés au monde de l'industrie, il apparaît que les choses évoluent lentement puisque moins de la moitié des étudiants en thèse savent qu'il existe des formations à la recherche d'emplois pour des postes hors de l'université, alors que ces formations sont offertes dans toutes les universités. Ceci se traduit aussi dans le fait que les étudiants, majoritairement, se font une idée stéréotypée des débouchés possibles d'un Ph.D et même de ce qu'ils doivent faire pour accomplir de manière satisfaisante un tel cursus. Toutefois, à l'opposé de ces chiffres inquiétants, il est à noter que très peu d'étudiants regrettent leurs choix. En particulier, environ 90%

des étudiants en fin de thèse assurent qu'ils reprendraient le même cursus s'ils avaient le choix. De plus, moins de 5% des docteurs américains sont au chômage, essentiellement parce que l'industrie manque cruellement de gens qualifiés pour des postes à responsabilité, le docteur remplaçant l'ingénieur français.

En conclusion, nous pouvons dire que le système américain est complexe. Il est à la fois très tourné vers l'industrie car les universités sont financées fortement par des contrats industriels et car un certain nombre d'étudiants ont travaillé pendant quelques années (1 à 5 ans) avant de reprendre des études supérieures. Mais, dans le même temps, beaucoup de jeunes étudiants ont une vision très naïve du système avec une quasi totale ignorance des enjeux économiques de la thèse. Le gouvernement américain a déployé des efforts importants pour réussir à mieux préparer ses docteurs à l'industrie. La forte demande de docteurs sur le marché de l'emploi a pour l'instant compensé largement ce défaut de volonté d'insertion mais le ralentissement actuel de l'embauche des docteurs (qui se traduit par un allongement de la période d'emplois précaires avant un poste définitif) va certainement provoquer un accroissement des mesures d'insertions des docteurs dans l'industrie.

1.3.4 Japon

Fonctionnement des études au Japon

Études précédant le troisième cycle Le système éducatif japonais (voir fig. 1.1) peut s'apparenter au système français des grandes écoles. En effet, les lycéens passent, à 18 ans et à la place du BAC, un concours d'entrée aux universités, de la même manière que les sortants d'écoles préparatoires pour les grandes écoles. Le concours est cependant plus spécifique à chaque université. Les universités, conçues après la seconde guerre mondiale sur la système américain, sont de trois types : nationales, locales et privées (majoritaires), toutes payantes, en moyenne entre 1 et 2 millions de Yen soit environ de 7 500 à 15 000 €.

Les premières sont sous la compétence de l'état central, et proposent donc un enseignement plus uniformisé. Les universités privées, soutenues par l'état, sont financées à plus de 30 % par des activités annexes et proposent souvent des enseignements plus spécifiques. Après quatre ans d'université, le plus souvent effectués de manière laxiste, les nouveaux étudiants arrivant épuisés du lycée. . . et d'études à la fois générales et spécialisées, l'étudiant entre dans le troisième cycle universitaire ("graduate students") et peut effectuer soit sa maîtrise ("master's course", en 2 ans) soit préparer son doctorat (deux ans de maîtrise et 3 ans de Ph.D).

Les universités se distinguent des "juniors colleges", car ces derniers proposent des études plus courtes (2 ans) et plus centrées sur la présence en entreprise (par les stages). Mais aussi des "colleges of technology" assez proches de nos écoles d'ingénieurs (5 ans).

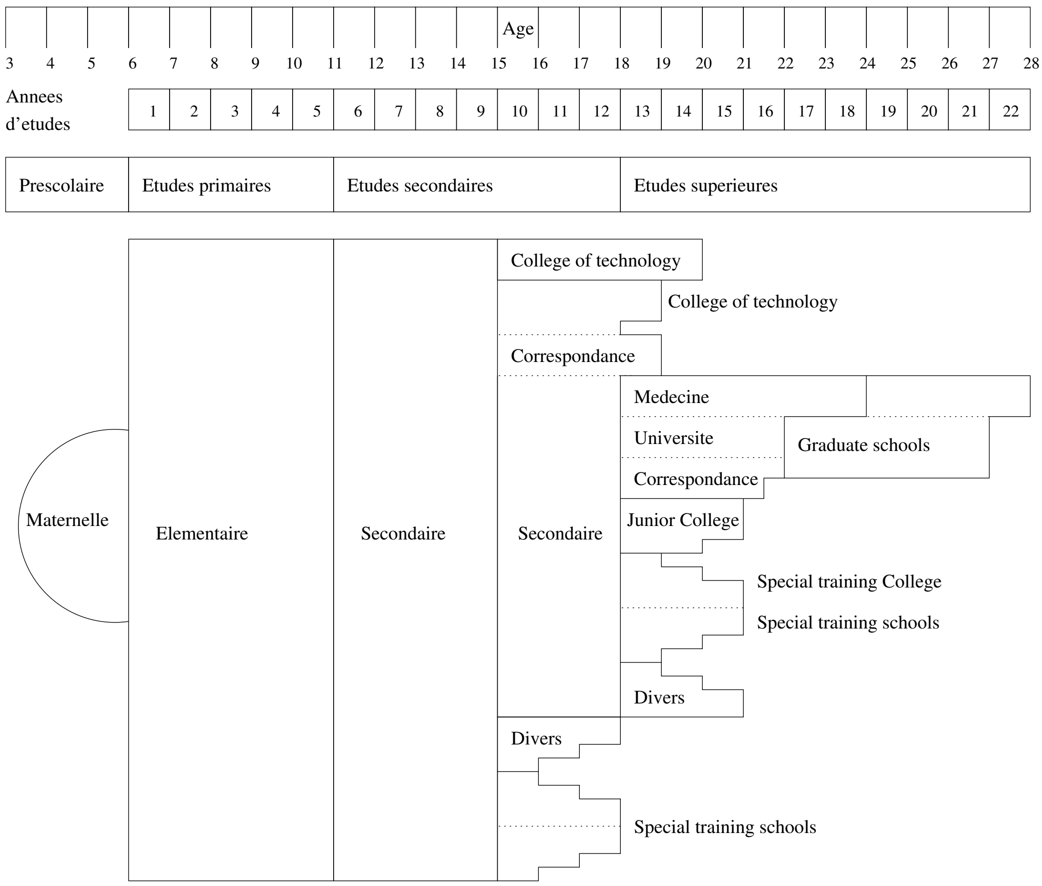


FIG. 1.1 – *Système éducatif Japonais*

Les universités et le troisième cycle Au début, seules les universités possédant une chaire (le plus souvent publiques) possédaient un troisième cycle. Mais rapidement, les entreprises se sont mises à financer des chaires dans les universités privées. A l'intérieur du troisième cycle, la maîtrise garantit une meilleure insertion professionnelle via la spécialisation. Ainsi, plus de la moitié des étudiants sortants s'engagent dans la vie professionnelle, en tant que spécialiste ou technicien de haut niveau. A noter un lien supplémentaire et récent avec la possibilité pour des employés d'entreprise de suivre cette formation en tant que formation continue.

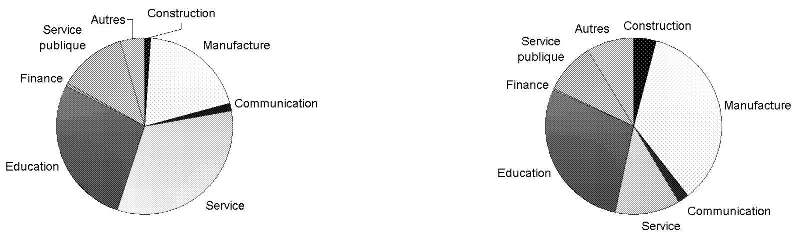
Le doctorat, quant à lui, reste aussi très *professionalisé*, puisque l'ancien critère d'attribution fondé sur les connaissances acquises par le doctorant, s'est transformé en capacité à la recherche. Mais, les doctorants privilégient une carrière universitaire. Pour contrebalancer le surplus de docteur à la porte des instituts de recherche et des universités, et les rediriger vers les entreprises, le Japon a décidé d'encadrer les étudiants, en augmentant et diversifiant les cours, au détriment de la formation par la recherche pure. En revanche, concernant cette formation *par* la recherche, les laboratoires auxquels sont rattachés les doctorants sont constitués généralement d'un professeur et d'un professeur adjoint, ainsi que d'assistants, eux-mêmes doctorants plus agés. Ils participent ainsi explicitement à la formation de leurs benjamins, mais sans que cela soit officiellement reconnu.

Quelques chiffres (sources : Ministère de l'Éducation Japonais)

Tout d'abord quelques tendances générales : le nombre de doctorants au Japon, comme dans la plupart des pays, est en augmentation. Mais compte tenu de la population et du large accès à l'éducation, ce nombre reste un pourcentage très faible (environ $1/3$ de la France). De plus, si 10% des docteurs sont des docteurs en physique et 20% des docteurs/ingénieurs, c'est derniers se répartissent à plus de 80% dans les universités publiques.

Les liens entre les universités, et donc les docteurs et la R&D qu'ils peuvent effectuer, et les entreprises restent très faibles. Là aussi les chiffres significatifs comme le nombre de brevets cités dans les publications représentent $1/3$ des chiffres français.

Concernant l'embauche : les employeurs ne recrutent presque pas les docteurs, leur reprochant un manque de flexibilité, une tendance à effectuer des recherches trop fondamentales, le plus souvent de type universitaires, leur incapacité à planifier les tâches "économiques"... Mais, en contre-partie, ils leur reconnaissent notamment leur esprit d'initiative et leurs importantes connaissances. La répartion des embauches est présentée sur la fig. 1.2.



(a) (b)

FIG. 1.2 – *Répartion des embauches des docteurs japonais (a) en science (b) ingénieurs*

Ceci nous ammène à la conclusion suivante : les étudiants désirant effectuer un doctorat le font dans les universités publiques et non dans les universités privées. D'abord parce que cette formation y est finalement minoritaire et que les doctorants ne désirent pas aboutir dans une entreprise. Ces dernières préfèrent d'ailleurs embaucher des cadres techniques moins diplomés. Ceci peut paraître logique si l'on se rappelle que les universités privées sont en partie financées par les entreprises. Si les universités exhibent fièrement les emplois obtenus par leur étudiants, il est difficile de mettre en évidence une embauche directe (et semble-t-il assez officieuse) des entreprises dans les universités qu'elles "parrainent". Une analogie est peut-être ici à faire avec les écoles d'ingénieurs privées françaises.

Mais de toute évidence, des efforts du gouvernement sont faits pour l'insertion des docteurs. Nous pouvons cependant nous interroger sur les modalités de cette évolution, au regard de l'émergence de la politique actuelle japonaise de privatisation de l'éducation.

1.3.5 Corée du Sud

Fonctionnement des études en Corée

Études précédant le troisième cycle Le système coréen est depuis 1949 calqué sur le systéme américain (voir fig. 1.3) : six ans à l'école primaire, trois ans au collége, trois ans au lycée et quatre ans à l'université, puis la thèse. l'enseignement supérieur comporte : universités, universités industrielles, universités d'éducation, universités 'juniors', universités par correspondance[2], universités techniques, établissements autres tels que les universités théologiques et les séminaires (très puissants en Corée, malgré l'absence de religion dominante). Elles relèvent toutes du ministère de l'éducation, ce qui uniformise les formations. Ces différentes composantes sont comparables à celle présentes au Japon. Par exemple : les universités 'juniors' (junior college) sont des formations de deux ou trois ans, créées afin de fournir aux industries une main d'oeuvre technique, formée toutefois à la théorie. Elles sont comparables aux IUT françaises, mais restent dans une situation précaire du fait d'une forte demande des élèves pour l'universités. On voit donc le développement d'écoles spécialisées dans le troisième cycle.

Les universités sont payantes, environ 1000 €par trimestre à comparer avec un PIB/an/habitant de 7000 €, et proposent une formation de quatre ans dans le cas général et six ans pour médecine. La formation se veut à 30% générale, et pour le reste une spécialisation, notamment selon le principe de tronc commun/options.

Le troisième cycle (graduate school) a ceci de spécial qu'il propose trois type de formation : une générale (équivalent de nos doctorats), une très spécialisée, ressemblant à un diplôme d'ingénieur 'bac +8', et enfin un troisième cycle ouvert à tout le monde, moyennant finance, mais qui semble être fait pour la reprise des études des actifs. Dans tous les cas les entrées s'effectuent sur examens. La

2. Avec notamment une mise en place de cours sur internet

répartition des diplômes se fait alors selon : 1/3 de docteurs, 1/3 de maîtrise et 1/3 de licence.

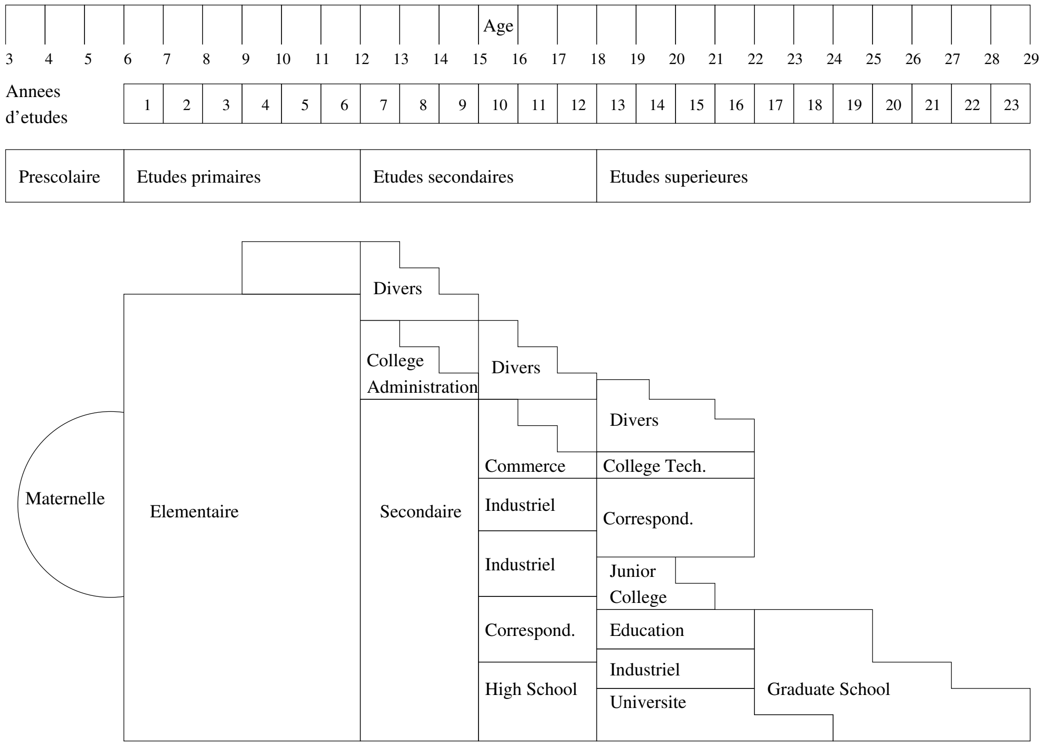


FIG. 1.3 – *Système éducatif coréen*

Quelques chiffres (sources : Ministère de l'Éducation Coréen)

Comme pour le Japon, il est intéressant de regarder les financements et les dépenses effectués par les universités dans ce qui intéresse directement les industries : la recherche et le développement. C'est d'ailleurs par le biais de contrats et de brevets que les universités privées se financent a plus de 10%. Le reste du financement étant apportés par les étudiants eux-mêmes (75 % pour les universités privées[3] contre 34% pour les publiques). En revanche, aucune trace de financement direct des entreprises, si ce n'est que celle-ci rentre probablement dans les financements de type 'donation'. Quand à savoir l'impact, les difficultés sont

3. qui représentent quand même 80% des universités

identiques à celles rencontrées au Japon. Cependant, on peut remarquer que la recherche académique, si elle emploie 40% de chercheurs, en provenance principalement des universités publiques (contre 60% pour les entreprises) ne représente que 25% des investissements en R&D. On peut donc supposer un lien assez fort entre les entreprises et les universités privées, créant une forte demande dans la recherche technologique.

1.3.6 Comparaison entre les pays

A partir des différents éléments rassemblés pour ce rapport, il est possible de tirer quelques grandes lignes sur les liens entre les universités et l'industrie ainsi que sur l'influence du système universitaire sur le choix des cursus des étudiants.

En Europe, il ressort qu'il y a principalement trois systèmes éducatifs dont les autres pays s'inspirent : le système français qui fait peu d'émules, le sytème allemand et le système anglais. Ces deux derniers se caractèrisent du français par une beaucoup plus grande indépendance de l'université par rapport à l'état. Cette plus grande distance diminue les sommes injectées par le gouvernement dans l'université. Ceci entraîne un moins grand intérêt des étudiants pour les carrières universitaires, considérées comme moins prestigieuses et surtout comme moins attractives. La contre-partie de ce désengagement de l'état est une plus grande inégalité des chances au cours de la scolarité : il y a moins de financements pour les étudiants ayant des difficultés financières et moins d'attraits à l'obtention de postes d'enseignements.

Les États-Unis ont un système éducatif présentant des problèmes similaires : d'abord, il existe un faible engagement de l'état fédéral dans les universités, sauf pour les plus grandes. Ceci entraîne un fort déséquilibre entre les différentes universités, qui doivent vivre de financements privés. Par contre, il règne un fort esprit corporatiste parmi les anciens d'une université qui n'hésitent pas à faire des donations généreuses à leurs anciennes universités (facilité par des avantages fiscaux associés). Ceci permet à beaucoup d'universités d'assurer un excellent environnement sur le campus avec une vie étudiante très active. C'est pour cette raison que les étudiants américains sont très attirés par les carrières universitaires qui leurs semblent "tranquilles". Ceci est contradictoire avec le faible nombre de docteurs réalisant après une carrière universitaire. Toutefois, malgré une grande inégalité face à l'enseignement, les États-Unis ont aussi l'avantage de ne pas mettre de contraintes sur l'âge des étudiants, permettant à tous de reprendre leurs études quand ils en ont la possibilité ou l'envie.

En Asie, les tendances qui se dégagent sont les même pour le Japon et la Corée du Sud : les industriels financent beaucoup l'université mais ils n'ont un retour de leur investissement que pour des étudiants "undergraduate". En effet, la grande majorité des docteurs partent dans la recherche publique. Ceci peut s'expliquer dans le cas asiatique par un poids fort de la hiérarchie dans la culture qui incite les étudiants à suivre les voies qui leurs sont tracées depuis de nombreuses années malgré les efforts du gouvernement.

L'élément principal qui ressort de ces études, pour nous, est le fait qu'il existe de nombreux systèmes éducatifs différents mais que dans beaucoup de pays, l'insertion des docteurs dans l'industrie reste difficile, principalement à cause de l'attrait des étudiants pour la recherche universitaire. Cet attrait est, à notre avis, fonction de la somme d'argent injectée dans l'université : plus la vie universitaire est facile, pour quelques raisons que ce soit, plus l'attrait des docteurs pour des postes sur les campus est fort et ce malgré les efforts déployés par les différents gouvernements.

Bibliographie

[1] J. C. Weidman and N. Park, *Higher Education in Korea «Tradition & Adaptation»*, vol. 17. J. C. Weidman, 1999.

[2] Y. Harayama, *Le système universitaire japonais*. Economica, 2000.

[3] "Study in korea 2000," www.moe.go.kr/english, 2000.

[4] M. Jolivet, *L'université au service de l'économie japonaise*. Economica, 1985.

[5] "The ministry of education, culture, sports, science, and technology - white paper database," www.mext.go.jp/english/.

[6] "Association of international education japan," www.aiej.or.jp.

Chapitre 2

Le monde des NTIC

Dans cette partie, nous nous intéressons aux Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC). Le développement de ces dernières s'articule principalement autour d'Internet dont nous ferons un bref historique. Dans un deuxième temps, nous nous tournerons vers l'apport des NTIC et leurs opportunités de développement. Puis, plus spécifiquement, nous décrirons leurs rôles en matière d'économie et de commerce. Ultimement, nous nous pencherons sur l'impact que peuvent avoir les NTIC sur la société.

2.1 Historique

L'année 1969 figurera probablement dans les livres d'histoire comme un moment clef dans l'exploration de nouveaux mondes. Deux événements marquants à retenir : le premier homme sur la Lune et... la naissance du premier jalon d'Internet.

Comme pour l'aventure spatiale, le berceau d'Internet est militaire. En 1969, ARPANet (Advanced Research Project Agency Network), une agence du Département de la Défense des États-Unis, décide de réaliser un réseau d'ordinateurs. Le projet ARPAnet vise à relier les ordinateurs des centres de recherche et des universités financés par l'armée américaine.

Malgré les motifs militaires sous-jacents, l'utilité première d'ARPAnet est essentiellement d'ordre scientifique. Le réseau facilite la communication entre les chercheurs, par le courrier électronique, et leur permet d'accéder aux ressources informatiques des autres établissements.

En 1972, une importante conférence internationale se tient à Washington pour traiter de l'avenir des réseaux nationaux qui ont commencé à proliférer. Un groupe de travail, l'International Network Working Group, est mis en place pour concevoir un protocole universel permettant de relier entre eux tous les ordinateurs et réseaux existants. A la tête de ce groupe se trouve un jeune ing'enieur de 29 ans, Vinton Cerf, qui deviendra une figure incontournable d'Internet. Cerf n'est pas un nouveau venu; il était précédemment impliqué dans l'installation du noeud d'ARPAnet à UCLA, en 1969. Vinton Cerf et une autre figure connue d'Internet, Robert Kahn, mettent au point en 1974 le protocole TCP (Transmission Control Protocol), qui deviendra le protocole IP (Internet Protocol). On peut ainsi considérer Cerf et Kahn comme les créateurs de l'expression Internet. Ces deux protocoles représentent la fondation d'Internet. On y fait généralement référence en utilisant le sigle TCP/IP.

Au début des années 80, la plupart des universités américaines expriment le désir de faire partie d'ARPAnet. Cependant, le réseau n'a pas la capacité de supporter un si grand nombre d'utilisateurs. En 1986, le National Science Foundation, un organisme subventionnaire américain, décide donc de créer son propre réseau, le NSFnet. Dès le départ, la question du protocole à utiliser se pose. Quelques années auparavant, l'agence ARPA avait posé une base inhabituelle mais décisive pour l'avenir d'Internet : au lieu de considérer le protocole TCP/IP comme un secret militaire, elle décide de le rendre disponible dans le domaine public. Désormais gratuit, TCP/IP est alors en bonne position pour devenir une norme internationale de facto. Plutôt réinventer le tout, les architectes de NSFnet décident d'utiliser le protocole TCP/IP, ce qui aidera beaucoup à sa promotion. Un à un, collèges, universités et centres de recherche vont se relier à NSFnet. Ce réseau universitaire deviendra le plus important maillon d'Internet et finira par absorber, en 1990, le réseau ARPAnet, mis à la retraite après plus de 20 ans de loyaux services. Conçu d'abord pour les superordinateurs, le système d'exploitation Unix jouera aussi un rôle particulièrement important dans la diffusion de TCP/IP. En raison de sa robustesse et de sa flexibilité, Unix deviendra fort populaire dans les universités et les grandes entreprises, où il a un quasi monopole. Comme le protocole TCP/IP sera intégré à Unix, cette plate-forme sera un véhicule important pour la propagation du protocole TCP/IP, et par ricochet, de toute la technologie d'Internet. De nombreux réseaux basés sur la technologie Unix se convertiront plus tard au protocole TCP/IP. La fusion de tous ces réseaux donnera naissance à l'International Network, mieux connu sous le nom d'Internet.

Immense réseau de réseaux, Internet s'étend maintenant à travers le monde. Mais à qui appartient Internet? Qui dirige Internet? Dans les faits, personne ne peut prétendre contrôler ou posséder l'Internet. Chaque organisation est propriétaire de son segment de réseau et le partage avec les autres membres de l'ensemble du réseau. Néanmoins, si on peut parler d'une "autorité supérieure", ce rôle est tenu par l'Internet Society (ISOC), un organisme à but non"lucratif fondé officiellement en 1992. Au sein de cette société, on retrouve différents comités dont, parmi les plus importants, le Internet Architecture Board (IAB), qui élabore les règles d'attribution des adresses électroniques, et le Internet Engineering Task Force (IETF), un groupe de travail composé de bénévoles et chargé des questions techniques et logistiques. Fidèles à l'esprit communautaire qui anime Internet depuis sa naissance, les décisions et les normes adoptées par les différents comités sont émises à titre de recommandation seulement. Leur application est laissée à la discrétion de chacun des membres du réseau. Il n'existe aucun organisme réglementant la mise en place et le respect des normes sur le réseau. Généralement, lorsque les grandes universités américaines et européennes adoptent un nouveau protocole, celui-ci devient rapidement une norme de facto.

Durant presque vingt ans, Internet demeure presque exclusivement entre les mains des scientifiques et des informaticiens. à l'instar des premiers voyages vers le Nouveau Monde, il ne fallait pas avoir le coeur fragile pour naviguer sur le Grand réseau à cette époque. Pour accéder aux ressources du réseau, les premiers utilisateurs devaient se débrouiller avec les moyens du bord. Ils avaient à leur disposition deux utilitaires - qui sont toujours en service, mais qui peuvent paraître primitifs aujourd'hui : telnet et FTP. Grâce à telnet, un utilisateur peut se connecter à distance à un autre serveur. Cette procédure s'appelle aussi rlogin (abréviation de remote login). à partir d'un terminal relié à son serveur local, l'utilisateur entre manuellement les commandes nécessaires pour se relier à un autre serveur sur le réseau. Une fois branché à cet autre serveur, il doit transmettre les commandes appropriées pour effectuer les opérations voulues. C'est une procédure assez complexe, surtout pour les novices. Pour sa part, l'utilitaire FTP (File Transfer Protocol) permet le transfert de fichiers entre différents ordinateurs reliés à l'Internet. Son utilisation la plus courante est habituellement pour l'importation (en jargon, téléchargement) de fichiers sur son ordinateur. L'utilisateur devait naviguer parmi les répertoires et sous-répertoires de l'ordinateur-hôte, et taper certaines commandes pour récupérer les fichiers de son choix - et sans toujours savoir ce qu'il contenait, faut-il l'avouer. Aujourd'hui encore, les protocoles telnet et FTP sont en service. Leur emploi a été grandement simplifié grâce à l'apparition d'outils plus évolués, capables d'effectuer les procédures de branchement de façon automatique et transparente. L'un de ses outils est le HTTP, le protocole sur lequel est bâti le World Wide Web (W3, WWW ou Web). Le World Wide Web fut conçu en 1989, au CERN (Conseil européen pour la recherche nucléaire), un laboratoire de physique des particules en Suisse. Deux chercheurs, Tim Berners-Lee et Robert Cailliau, désirent alors faciliter l'accès aux documents scientifiques sur Internet et créent deux outils : le Hypertext Transfer Protocol (HTTP) et le Hypertext Markup Language (HTML). Ces deux outils - qui sont vraiment la quintessence du Web - permettent la navigation en mode hypertexte : l'utilisateur accède aux ressources grâce à un réseau de "noeuds" et de "liens" reliant divers sites sur Internet. Un document électronique peut contenir des références hypertextuelles vers d'autres documents électroniques contenant eux-mêmes des liens vers d'autres documents, et ainsi de suite. Bien que le Web ait vu le jour en 1989, il connut des débuts plutôt discrets. Mis au point par des informaticiens de l'Université du Minnesota, Gopher, un autre système hypertextuel, a vu le jour à peu près à la même époque et connaîtra une certaine popularité au détriment du Web. (Un "gopher" est le nom anglais pour une espèce de marmotte. Le Minnesota est surnommé le "Gopher State".) Gopher simplifiait déjà grandement la navigation sur Internet et l'accès aux différentes ressources. à l'aide d'un système de menus, Gopher intégrait dans une même interface des ressources de types telnet et FTP. Il suffisait de choisir l'option de menu désirée et Gopher effectuait la connexion de façon quasi transparente. Gopher fut le premier logiciel à vraiment permettre de "surfer" sur Internet.

Le Web et Gopher sont basés sur des principes assez semblables. Ce sont deux systèmes hypertextuels fonctionnant grâce à une architecture client-serveur (lien hypertexte : Architecture client-serveur). Par contre, comme le Web va beaucoup plus loin sur le chemin de la convivialité, il finira par définitivement déloger Gopher. La force du Web tient principalement à la norme HTML, un langage de balisage dérivé de la norme SGML (Standard Generalized Markup Language). Un langage de balisage est une série de codes ou d'étiquettes que l'on insère dans un document pour en identifier la structure et les différents éléments, comme le titre, l'auteur, les liens hypertextuels, les images, les tableaux, *etc*... La norme HTML permet également de définir certains attributs de ces éléments, tels que la présence de caractères gras, italiques ou soulignés, la taille des caractères, la justification des paragraphes, *etc*... Autre force du Web : sa capacité à intégrer de nouveaux éléments. Au départ, tout comme dans le cas de Gopher, les documents contiennent uniquement du texte. Les premiers navigateurs Web, comme Lynx ou Cello, ne permettaient pas l'affichage d'éléments graphiques ou multimédias. Rapidement, de nouveaux logiciels, comme Mosaic, Netscape Navigator et Microsoft Explorer, ont permis l'ajout d'images, de son, de séquences vidéos et même d'images interactives en trois dimensions. Ces ajouts sont possibles grâce à la grande flexibilité de la norme HTML. Le langage Java, qui prolifère rapidement sur le Web, tire également profit de la flexibilité de la norme HTML. Développé par Sun Microsystems, ce langage de programmation fut conçu, entre autres, pour la programmation d'appareils électroménagers. Il fut ensuite adapté pour opérer sur micro-ordinateur, indépendamment du système d'exploitation. Java fonctionne à l'aide de mini applications (en anglais, applets) qui sont transférés sur demande à son micro-ordinateur. à titre d'exemple, sans Java, pour visionner un fichier vidéo, il est nécessaire de posséder sur son ordinateur le logiciel capable de lire ce type de fichier. Avec Java, lorsqu'on télécharge un fichier de données, le serveur nous transmet automatiquement le logiciel de lecture. Par analogie, c'est comme si, au moment de louer une vidéocassette dans un format quelconque, on nous prêtait immédiatement un magnétoscope capable de lire ce type de média. Avec l'arrivée de Java, les possibilités du Web sont pratiquement illimitées. En raison de sa convivialité et de sa grande souplesse, le World Wide Web a vraiment été le ressort qui a permis à Internet de s'échapper du monde universitaire où il était confiné. (D'ailleurs, il est important de bien distinguer le World Wide Web et Internet. Le Web est un service offert sur certains ordinateurs d'Internet. Tous les ordinateurs du WWW font partie d'Internet, mais les ordinateurs sur Internet ne sont pas tous des serveurs WWW.) C'est donc à partir de l'époque "bénie" du WWW que l'on commence à parler d'internautes pour désigner les utilisateurs d'Internet.

2.2 Approches techniques des NTIC

Le développement actuel des capacités et de la puissance des outils informatiques et des télécommunications a permis un accroissement de leur place dans notre société. En effet cela entraîne une réduction des coûts, une meilleure fiabilité et une utilisation plus large et plus simplifiée de ces nouvelles techniques.

2.2.1 Performances matérielles et baisse des coûts

L'essor des NTIC concerne tout d'abord la puissance de calcul : la puissance de traitement croît par le nombre de transistors intégrés dans un microprocesseur qui double tous les 18 mois depuis la création du processeur 4004 par Intel en

1972.

Ainsi la capacité de stockage des disques durs a été multipliée par 1000 entre 1983 et 1993 et leur rapidité (mesurée par le nombre d'octets transmis par seconde) par 18 entre 1989 et 1997.

Le domaine de transmission de données a également bénéficié d'énormes progrès :

– l'élargissement du réseau de transmission par l'exploitation plus large du spectre de fréquences hertziennes et le recours à la fibre optique qui permet de transmettre simultanément 30 000 conversations téléphoniques
– une meilleure exploitation des capacités déjà existantes grâce à l'amélioration des techniques de commutation et de compression.

L'accroissement de la capacité de traitement, de stockage et de transmission permettent une réduction des coûts, ce qui rend cette puissance matérielle accessible aux pays en voie de développement. Par exemple la baisse du prix du mètre de fibre optique entraîne une baisse du coût de communication.

2.2.2 Architecture des réseaux

Les réseaux électroniques ont été à l'origine (réseau Arpanet) mis en place pour résister à une offensive sur les États-Unis : ils ont l'avantage d'être très fiable. C'est en fait la numérisation des données, qui permet d'utiliser de multiples canaux matériels pour transmettre les informations : fibre optique, réseau téléphonique, transmission satellite se combinent pour acheminer et distribuer les messages. Le codage en mode binaire est très efficace puisqu'il permet au message d'être reconstitué à l'arrivée sans perte d'information malgré une mauvaise qualité de la ligne de transmission. La transmission par paquets et la décentralisation du réseau assurent, grâce à la numérisation, une grande fiabilité dans la transmission des messages. Ceci est un très grand atout pour des pays où le réseau de télécommunications est de mauvaise qualité et les coupures de lignes fréquentes.

2.2.3 Logiciels

L'amélioration des interfaces graphiques des logiciels, leur fonctionnement basé sur un mode intuitif et leur puissance rendent l'appropriation des outils informatiques plus aisée, et leur utilisation plus large et plus simple, ne demande plus aucune formation spécialisée.

2.2.4 Information et communication

La facilité d'accès à ces outils et les potentiels des machines à communiquer apportent des améliorations sur le plan de l'information et de la communication. La numérisation permet de traiter l'information de façon rapide et complexe. La puissance des microprocesseurs permet de trier, de calculer, d'orienter, de substituer, de croiser des informations en quelques micro-secondes. Cette rapidité et cette finesse de traitement rendent possible l'agencement de l'information en fonction de la position de l'utilisateur et la sélection d'information en fonction de critères spécifiques à l'utilisateur. Ces technologies autorisent donc une réappropriation des informations pour celui qui les reçoit.
Ainsi pour des pays où les bibliothèques, les banques de données et les équipements scientifiques sont plus rares et plus limitées, il leur est alors possible d'accéder à des ressources dont l'installation et la mise en oeuvre ne sont pas envisageables sur place. Dans le domaine de la communication, la possibilité d'une communication tous-tous devient possible, d'autant plu que le coût de transmission est accessible. Cela permet ainsi le renforcement ou la création de communautés virtuelles et de collaborations.

2.3 Opportunités de développement grâce aux NTIC

Pour les pays en développement, il est nécessaire d'adopter ces nouvelles technologies afin d'éviter d'être mis à l'écart de la mondialisation et de ses bénéfices potentiels. Il s'agit d'intégration dans l'économie globale, sur les marchés mondiaux. Il s'agit également d'intégration à la communauté scientifique mondiale, d'accroissement du niveau d'éducation pour rejoindre les niveaux "standards" des pays développés le plus rapidement possible. On va tenter de voir les apports de ces techniques dans les domaines qui sont la cause du sous-développement de ces pays, particulièrement deux domaines qui sont l'économie et l'éducation/recherche.

2.3.1 Faciliter le développement du commerce

Les NTIC peuvent être la source de grandes améliorations en matière d'échanges commerciaux pour les pays en développement : en effet l'utilisation de ces technologies leur permettrait de mieux s'insérer dans l'économie mondiale et d'accroître un commerce encore embryonnaire entre régions du Sud. Les technologies de l'information sont donc plus une nécessité pour participer au commerce qu'une source de compétitivité durable et leur utilité se fait plus sentir dans la commercialisation que dans la production. En quoi les NTIC sont alors utiles pour le développement des pays du Sud ? Les technologies de l'information peuvent être utiles pour deux raisons : elles permettent de créer de nouveaux services et elles permettent d'élargir la taille des marchés potentiels des entreprises.

La création de nouveaux services

Les activités de production industrielle ne sont pas seules à être délocalisées. Les activités de service et de gestion peuvent également l'être. Prenons par exemple, la "ville électronique" de Bangalore, au nord de l'Inde, qui, grâce au haut niveau de formation de ses employés et au faible coût salarial, bénéficie des retombées positives de la mondialisation économiques. Des entreprises comme Motorola, 3M, Sony ou Texas Instrument profitent du décalage horaire entre les États-Unis et l'Inde et du faible coût de la main d'oeuvre indienne pour faire effectuer leurs activités de maintenance électronique ou de secrétariat à distance. Une banque new-yorkaise a confié le traitement de ses chèques à une entreprise située dans les Caraïbes, où les salaires sont beaucoup plus bas qu'aux Etats-Unis.

Les transferts de fichiers se font par Internet

L'extension et l'amélioration des marchés

Les nouvelles technologies de l'information permettent d'améliorer les conditions de fonctionnement du marché. Les NTIC entraîne la transparence du marché et des informations, ainsi que l'extension des marchés. La disponibilité d'information en temps réel rend possible les négociations directes entre producteur et consommateur, ce qui allège la chaîne des intermédiaires. L'utilisation des NTIC pour réaliser les conditions d'une concurrence internationale favorisera ainsi le développement des pays du Sud.

2.3.2 Les NTIC pour la recherche…

La recherche tend, elle aussi, de plus en plus à l'intégration mondiale et les enjeux des inforoutes y sont énormes pour le futur des pays en développement. Après avoir souligné l'importance d'un secteur de la recherche dynamique dans les pays en développement, on montrera en quoi les NTIC peuvent favoriser la structuration d'une communauté scientifique dynamique dans les pays développés, et l'aider à s'intégrer à la communauté scientifique mondiale.

Importance d'un secteur de la recherche dans les pays du Sud

Le développement de la recherche, comme le développement des réseaux électroniques fait partie de la solution au sous-développement. L'existence d'un secteur de la recherche dans ces pays a également des implications au niveau économique. Sa valorisation se justifie par le maintien de la qualité de la formation à un niveau compatible avec les exigences de compétitivité internationale. La mondialisation ne bénéficie aux pays en développement que dans la mesure où la main d'oeuvre de ces pays possède un niveau de formation correct. Cela passe par la formation des formateurs par le biais de la recherche universitaire. Le problème qui se pose est de créer les conditions pour retenir les chercheurs et dynamiser le tissu scientifique des pays en développement. Les réseaux électroniques peuvent grandement contribuer à la structuration et à l'épanouissement de la recherche des pays en développement.

Utilité des réseaux électroniques

C'est grâce à l'accès aux ressources des ordinateurs distants et des liens qu'elles facilitent au sein de la communauté scientifique des pays en développement et de la commmunauté scientifique mondiale que les NTIC peuvent contribuer au développement de ce secteur de la recherche pour les pays du Sud. En premier lieu les contributions des réseaux électroniques pour le secteur de la recherche peuvent jouer à la fois sur le plan de l'information, de l'utilisation des équipementss des pays plus développés, et sur celui de la communication. Les ressources documentaires des pays développés deviennent de plus en plus accessibles via Internet. Les NTIC permettent d'avoir accès à une information structurée en fonction des besoins de celui qui la consulte. Compte tenue de la quantité d'ouvrages et des publications archivés sur le réseau, ceci est une solution à l'exode des cerveaux des pays en développement. Ainsi la communauté scientifique africaine pourra redécouvrir les fruits de sa recherche et se faire connaître par la communauté scientifique mondiale. De plus, les nouvelles technologies permettent d'entretenir des contacts entre scientifiques, qu'ils soient dans des pays de niveau de développement comparable ou dans les pays industrialisés. La communauté scientifique internationale tend de plus en plus à ne se structurer principalement qu'autour des réseaux électroniques. Le courrier électronique facilite la collaboration et les échanges d'idées, de documents ou de références, entre chercheurs et les forums de discussion permettent de tenir des conférences internationales sans avoir à se rendre en personne en un lieu précis. Enfin, les NTIC rendent possible la réalisation de simulations à distance. La mise à disposition des ressources de calcul des super-ordinateurs des pays développés peut donc se faire par le biais d'accords de coopération scientifique internationale.

2.3.3 ... et pour l'enseignement

On vient de voir ce que peuvent apporter les NTIC pour les scientifiques. Quelles améliorations les NTIC peuvent apporter à l'enseignement dans les pays du Sud ?

La faible pertinence des NTIC pour l'enseignement primaire et secondaire

Dans ce contexte, les NTIC doivent prouver leur utilité sur l'accès à l'enseignement. La question ici, n'est pas d'opposer Internet au livre, mais de comprendre que les nouvelles technologies ne servent à rien si elles n'apportent pas d'avantage en termes de coûts, de taux de scolarisation ou de qualité de l'enseignement. Concernant l'enseignement primaire et secondaire, il semble donc que les coûts financiers condamnent pour longtemps la généralisation à distance. Du reste, l'enseignement à distance n'est pas prouvé être meilleur que l'enseignement en présenciel.

Un intérêt plus tangible pour l'enseignement supérieur

La question se pose différemment pour l'enseignement supérieur. Dans l'enseignement primaire et secondaire, les connaissances à acquérir sont des connaissances de base, pour lesquels la formation des professeurs peut être relativement standardisée. Le problème principal réside dans l'accès du plus grand nombre à cet enseignement, et les NTIC n'y peuvent pas grand chose. En revanche, pour l'enseignement supérieur, c'est plus un objectif qualitatif qui est poursuivi. Cette qualité s'obtient, entre autres, par la diversité des enseignements proposés. Le problème des pays du Sud est justement ce manque de spécialistes de haut niveau. Les NTIC offrent alors la possibilité pour les étudiants d'avoir accès à des cous qui ne sont pas assurés par leur université, mais dans des universités des pays voisins ou des pays développés. Le problème du coût de l'équipement se pose moins pour le système universitaire car le nombre d'universités est restreint et ces universités sont situées dans les grandes villes du pays, là où les infrastructures de communication sont les plus développées.

2.4 NTIC et web-économie

2.4.1 Qu'est-ce que la web-économie ?

La web-économie vient de l'anglicisme "e-business". C'est un concept introduit par IBM dans les années quatre-vingt dix. C'est avant tout dans un but purement d'information commerciale et de propagande, ne nous attendons donc pas à un définition rigoureuse du terme. Il y a d'ailleurs un sens assez large et regroupe différentes activités, qui ont pour dénominateur commun le web. Nous étudierons d'abord la classification et les offres d'IBM comme exemple type, nous discuterons ultérieurement les limitations et le réelle efficacité de ces nouvelles technologies.

- **e-commerce (commerce électronique)**
  C'est la réalisation d'échanges commerciaux entre entreprises ou entre entreprises et le grand public. En principe il permet de réagir plus vite et d'offrir un modèle plus dynamique, qui minimise les coûts.

- **Gestion de la relation client (CRM)**
  Cela englobe tout ce qui est l'échange d'information avec le client, dans le sens client-entreprise et entreprise-client. Elle permet par exemple, de communiquer des listes de prix (facilement actualisables, et à faible coût), de connaître plus efficacement et plus rapidement les besoins de part et d'autre.

- **Gestion de la chaîne logistique (SCM)**
  C'est un de sujet les plus délicat d'une entreprise relativement grande. La gestion et l'optimisation des stocks et de la main d'oeuvre peut être grandement facilité avec une communication accrue entre les différent acteurs.

– **Entreprise Applications Solutions (EAS)**
  C'est un ensemble de solutions intégrées destiné à couvrir l'ensemble de l'entreprise (gestion comptable, financière, commerciale, des achats, des stocks, de la production). C'est un projet ambitieux qui implique une communication accrue et une réorganisation au sein de l'entreprise. Nous reviendrons plus tard là dessus et nous verrons que les choses ne sont pas aussi simples que le présente IBM.
– **e-business mobile**
  Il permet de communiquer avec l'entreprise ou avec le web quand on n'est pas physiquement dans cette première. Les technologies typiquement utilisées sont les ordinateurs portables connectés au web par téléphonie GSM ou bien par connection satellite, depuis (presque) n'importe quel partie du globe.

Cette énumération de ce qui pourrait être la web économie est forcément incomplète et surtout peu générale. On voit cependant qu'elle ne se résume pas uniquement au commerce électronique mais aussi à la gestion de l'information et à la communication. L'Organisation Mondiale du Commerce (OMC) a produit une définition officielle : "toute transaction avec transfert du droit de propriété en ligne sur un réseau branché sur des ordinateur". Cette définition est un choix, mais elle reste très discutable. Par exemple, internet, est une formidable source d'information, de comparaison *avant* la transaction et qui permet sûrement des relations commerciales qui n'auraient pas vu le jour. Un exemple précis est le site de la FNAC : 80% des gens visitent le site pour acheter ultérieurement *in situ*.

2.4.2 Les NTIC apportent-elles tout ce quelle promettent?

En étudiant les offres d'entreprises, telle IBM, qui proposent des solution d'e-business, il semble légitime d'attendre des nouvelles technologies des apports, tant dans l'entreprise que dans l'économie en géneral,de toute première importance. Rien n'est moins sûr. . .

Les nouvelles technologies et l'organisation au sein des entreprises

Afin d'appréhender l'impact des nouvelles technologies dans l'entreprise, il convient d'avoir une approche historique:

- **Les débuts : à partir des années cinquante** : C'est l'apparition des premiers ordinateurs, destinés aux grandes entreprises. L' impact est très limité sur l'économie et le travail.

- **Le développement : années quatre-vingt** : Cette période est marquée par l'apparition de la micro-informatique, qui permet une "prise de contrôle" par les utilisateurs. Ceux-ci gagnent alors une indépendance vis-á-vis des services d'informatique.

- **L'explosion : années quatre-vingt dix** : Avec l'apparition de l'internet, on passé d'un réseau de propiétaires à un système globalisé.

Cette dernière étape constitue une véritable révolution qui pourrait changer l'économie. Avant, n'étaient informatisé que les tâches ou les postes ; maintenant les *relations* sont également incluses. Et c'est justement á ce niveau qu'apparaissent les difficultés. En effet, des auteurs comme Solow énoncent le paradoxe de la productivité : les ordinateurs omniprésents, sot pourtant absents des statistiques de productivité ! Il y a clairement une difficulté á imputer un gain de productivité à la technologie. Ces nouvelles technologies, pour être efficaces, nécessitent une *restructuration* des relations de l'entreprise : on doit passer d'une relation hiérarchique à une relation horizontale.

Pour résumer nous nous trouvons devant un double processus : d'une part, l'introduction des nouvelles technologies a greffé un nouveau support de communication, un intranet. Par ailleurs, ceci ne peut se faire sans un partage des connaissances au sein de l'entreprise. C'est sur ce dernier point qu'apparaissent les blocages. Ainsi, il semble nécessaire d'envisager une *restructuration*, ce qui n'a pas encore été fait, dans le système de fonctionnement actuel des entreprises.

Le mirage du commerce électronique

Avec l'arrivée de l'internet, il est apparu que de nouvelles manières d'appréhender les activités commerciales (le commerce électronique) ou le travail (le télétravail) semblaient promises à un développement rapide. En consultant les statistiques, nous voyons que cela ne s'est pas produit : aux USA, la proportion de vente par internet stagne depuis plusieurs années à 0.8% des ventes totales. Cependant, la vente par correspondance existe longtemps. On peut s'attendre que la vente par internet remplace la vente par correspondance “classique” (par courrier postal ou par téléphone). Cela ne s'est pas produit à cause de la nature même ce type de vente : elle se base sur une publicité a très grande échelle (les grandes centrales de vente par correspondance s'attendent à une réponse de quelques pour cent maximum). La publicité par courrier électronique présente d'abord pour le client une plus grande agressivité et surtout, le support même de la publicité pose problème : un prospectus sur papier reste des jours, voire des semaines sur la table de la cuisine ou du salon, ce qui provoque un impact en temps et en public beaucoup plus grand.

Nous devons donc parler plutôt que de commerce électronique, d'électronisation du commerce, des fonctions les plus facilement électronisable : les billets de voyage (le site SNCF est leader avec 20-25 % du chiffres d'affaires), les produits informatiques et de télécomunications et les produits culturels, mais pas pour les livres ou les disques à cause de coûts logistiques élevés dus au transport (des sites comme Amazon vendent à perte). Nous revenons donc à la problématique de la section antérieure : nous assistons à une révolution technologique mais les modèles économiques ne suivent pas en s'adaptant au nouveaux outils. Cependant les nouvelles technologies de la communications ont permis d'enclencher le processus de mondialisation qui riment avec un transfert de données quasi instantané à l'échelle planétaire.

2.4.3 Droits d'auteurs et numérique

Jusqu'à l'entrée dans l'ère du numérique il existait des coûts fixes importants reliés aux supports utilisés. Maintenant que la copie est très facilitée il existe plusieurs réponses.

Renforcement juridique

L'objectif est de renforcer la propriété intéllectuelle juridiquement (Microsoft, grandes maisons de disques...). Le brevetage de logiciels devient autorisé aux USA mais l'Europe résiste. Avec ce système, les droits d'auteurs ne protègent plus vraiment les intérêts de l'auteur mais de l'éditeur.

Financement de la création

Les droits d'auteurs ne protègeant plus vraiment les créateurs, on peut chercher d'autres façons (des solutions technologiques, dites contournées) pour le financement de la création. On peut penser, par exemple, à des taxes sur les copies privées (cassettes et CD vierges, disques durs...). De plus, la SACEM coûte cher, contrairement à un système forfaitaire comme celui-ci. Nous nous trouvons cependant devant des paradoxes et des problèmes complexes. Par exemple, Sony est à la fois une maison de disque et une productrice de graveurs... D'un autre coté, des situations de piratages massifs sont provoqués délibérement par des maisons d'éditions ou de software pour créer un standard. Pourquoi la grande majorité utilise Microsoft Word, Windows, *etc* ? Parce-ce que la grande majorité l'utilise...

Il existe cependant des solution intermédiaires comme le “copysoft”. C’est un concept beaucoup plus flexible que le “copyright”. Il s’agit de prendre le droit d’auteur à l’envers : le détenteur dispose d’un monopole juridique mais rien ne l’enpêche de *ne pas l’exercer* en le signalant de façon explicite. Ainsi, certains informaticiens ont voulu conserver la tradition initiale de l’internet dans laquelle l’information doit être libre et partagée par tous en proposant un modèle économique alternatif à partir de l’exemple des “logiciels libres". Un logiciel libre se caractérise par le fait que l’utilisateur ayant librement accès au code source, il peut le modifier, l’enrichir et redistribuer de façon à ce que tous puissent bénéficier du travail de chacun. Pour certain mouvement, ce modèle serait transportable aux oeuvres littéraires et artistiques relevant d’un processus de création collective et diffusées sur les réseaux numériques.

2.4.4 Bilan

Les énormes possibilités d’internet et du web sont extrêmement sous-exploitées à cause de l’organisation de l’entreprise et de l’économie en général. Les habitudes de travail et de consommation ne se sont pas adaptées au nouvelles technologies, car y a eu d’abord introduction des NTIC puis une restructuration sociale qui n’arrive pas vraiment à se faire. Les NTIC apportent vraiment des solutions et de l’innovations dans quelques secteurs :

- la communication
- les services d’information
- la vente de quelques produits, les transactions marchandes
- l’infomédiation des moteurs de recherches ou des comparateurs de prix (par exemple, les portail où il y a une congrégation de l’offre et de la demande).

Ces nouvelles technologies facilitent la reproduction d’oeuvres, ce qui remet en question le modèle actuel de droit d’auteur. Des solutions alternatives comme le “copysoft" sont envisagées.

Remerciements

Nous remercions très vivement Monsieur Alain Rallet, professeur d'économie a l'université Paris-Sud XI, pour l'entretient qu'il nous a accordé et qui nous a grandement aidé dans l'élaboration de ce document.

2.5 Spécificités du commerce électronique : mythes et réalités

Annoncé à ses débuts comme une révolution, le commerce électronique, de fait, tarde à rentrer dans les mœurs. Il n'en représente pas moins un secteur appelé à progresser dans l'avenir, et fonctionnant suivant ses règles propres. Nous allons examiner ses particularités en nous basant sur des études théoriques et empiriques pour répondre à certaines questions : Internet représente-t-il un marché idéalisé de concurrence parfaite, par opposition aux marchés physiques ? Quelles sont les stratégies commerciales à l'oeuvre dans ce domaine ? Quel rôle nouveau va jouer l'intermédiation entre partenaires commerciaux dans cet univers ?[1]

2.5.1 Les spécificités économiques des sites de vente en ligne

Il est manifeste que la "bulle" d'Internet a aujourd'hui dégonflé, et les difficultés actuelles des sites de commerce électronique, dont de nombreuses faillites de start-ups, en sont une manifestation. En effet, le volume des achats en ligne a été bien inférieur aux prévisions. Cependant, quelques secteurs ont déjà rencontré un certain succès : les voyages (transport, hôtel), les biens informatiques (ordinateurs, logiciels) et les biens culturels (livres, vidéo, musique). En Europe, les livres et CD représenteraient 40% des achats en ligne, tandis que les voyages contribueraient à hauteur de 44% en France (au 1er semestre 2001).

1. *Mythes et réalités du commerce électronique : une revue des études empiriques*, Thierry Penard, CREREG, Rennes 1

Nous allons dans un premier temps nous intéresser aux règles de ce marché. Trois arguments classiques conduisent à considérer les marchés électroniques comme des idéaux correspondant au modèle dit Walrasien :

- la faiblesse des coûts d'entrée sur Internet,
- l'information parfaite à la disposition des acheteurs et vendeurs,
- la flexibilité des prix due à de faibles coûts de catalogue.

Ces arguments doivent toutefois être nuancés par des considérations de réalisme.

Conséquences de la transparence de l'offre

Internet permet évidemment un accès rapide aux prix à moindre coût pour le consommateur, ce qui devrait en principe favoriser la concurrence, donc baisser ces prix et les homogénéiser. Mais à l'opposé, il est possible qu'un marché plus transparent favorise des comportements collusifs de la part de l'offre, c'est-à-dire une entente entre vendeurs sur les prix au détriment de la clientèle. En effet, il devient très facile pour les vendeurs de surveiller les prix de leurs concurrents et de sanctionner une baisse trop agressive. L'effet global sur les prix est donc incertain.

Une étude a montré par ailleurs que les internautes disposaient de revenus plus élevés que la moyenne, et pourraient donc être moins sensibles aux différences de prix avec les marchés physiques. Au contraire, ils pourraient accepter un surcoût pour leurs achats en ligne pour ne pas avoir à se déplacer. Mais cet effet devrait s'atténuer avec la démocratisation du réseau.

Les coûts d'entrée sur Internet

Un des avantages d'Internet est la possibilité pour le vendeur d'avoir une présence nationale sans disposer de toute une chaîne de magasins physiquement implantés ; les coûts d'entrée sur le marché deviennent ainsi beaucoup plus faibles. Avec pour conséquence normale une intensification de la concurrence et une baisse des prix.

Ce raisonnement suppose que les consommateurs considéreront de manière égale l'offre virtuelle et l'offre physique. Or, il est beaucoup plus rassurant pour le client de traiter sur Internet avec un vendeur également implanté matériellement, donc jouissant d'un certain crédit, tel que la FNAC. Cela lui offre aussi plus de garanties en cas de non livraison, ou de livraison d'un produit défectueux.

Même pour les entreprises sans présence matérielle, aussi appelées *pure players*, il est fondamental d'acquérir rapidement une réputation, et ceci en investissant lourdement dans la publicité. Les sites ayant une bonne image, ce qui passe aussi par une réalisation technique de qualité, inspireront confiance aux clients et se distingueront dans la masse des sites commerciaux. Une étude montre que 5% des sites recevraient près de 75% des visites ! A ces coûts non négligeables de publicité et de réalisation technique, s'ajoutent bien entendu les coûts logistiques, principale source de dépenses, de la prise de commande à la livraison. Cet investissement initial nuit ainsi à la concurrence et augmente les coûts de mise en ligne.

Résultats des études empiriques sur les prix

Devant ces remises en question des arguments conventionnels, les études empiriques permettent de trancher. Il apparaît que les prix sont effectivement moins élevés sur Internet à qualité égale, sauf aux débuts du e-commerce, où le marché n'était pas encore véritablement concurrentiel. Dans le cas de la vente de livres et CD aux États-Unis, les études font ressortir une maturité du marché sur la période 1998-99, par opposition à la période 1996-97, suite à l'ouverture en 1998 du site du libraire leader du secteur, Barnes and Noble.

Un résultat plus surprenant est la forte dispersion des prix sur Internet qui atteint celle des marchés physiques dans le cas des ventes de billets d'avion. Cette dispersion tiendrait à l'immaturité du marché d'une part, et à la grande diversité des sites et des services proposés d'autre part. En effet, comme on l'a dit, les consommateurs sont prêts à payer plus cher sur un site réputé que sur un site inconnu. De plus, la qualité des services varie beaucoup d'un site à l'autre, en termes de disponibilité des produits, de rapidité et de fiabilité des livraisons, et d'ergonomie de l'interface. Enfin, cette forte dispersion des prix est à nuancer lorsque l'on tient compte des parts de marché : par exemple, les ventes de livres et CD sont essentiellement concentrées sur trois sites dont les prix sont relativement proches, et les écarts de prix ne concernent donc que des sites minoritaires.

Ces résultats montrent qu'en fin de compte la concurrence sur Internet reste imparfaite.

Coûts de catalogue et fluctuations des prix

Outre le niveau de prix et leur dispersion, il est intéressant d'étudier le rythme de leurs fluctuations temporelles. Les magasins, et plus encore les entreprises de vente par correspondance à base de catalogue, sont handicapés par les forts coûts de modification de leurs prix de vente. Ces marchés ne peuvent donc être idéaux car l'adaptation instantanée aux variations de la demande et des coûts de production n'est pas toujours rentable.

Sur Internet au contraire, il est très facile de réaliser en permanence de faibles ajustements de prix. En fait, il existe même des programmes informatiques appelés Pricebots modifiant automatiquement les prix d'un site en fonction des prix des sites concurrents. Mais, comme la transparence des prix, la faiblesse des coûts de catalogue (i.e. coûts de modification des prix) peut amener à des accords collusifs entre sites car il est très facile pour les concurrents de réagir rapidement à une baisse de prix agressive en s'alignant sur le nouveau prix. Cette situation avantageuse pour les vendeurs reste toutefois limitée par leur contrainte de compétitivité par rapport aux marchés physiques.

La faiblesse des coûts de catalogue est aussi susceptible de favoriser les stratégies commerciales de discrimination. Les vendeurs ont la possibilité d'adapter leurs prix individuellement pour chaque client internaute. Ils peuvent pour cela accéder aux cookies et autres fichiers de données afin de dresser des profils de clients. Ceci leur permet de privilégier par exemple les clients non encore fidélisés, ou plus proches de leurs concurrents par leur goûts, en leur offrant des prix plus bas. Amazon.com a pratiqué ce type d'offres un certain temps avant de renoncer face aux plaintes des clients qui trouvaient injustifiée la pénalisation de leur fidélité. La discrimination de la clientèle n'est de toute façon pas évidente à mettre en oeuvre car les informations sur les internautes sont très incomplètes et se limitent le plus souvent à une simple adresse IP, laquelle peut tout à fait être temporairement affectée à des clients différents.

Les résultats empiriques confirment la plus grande flexibilité des prix sur Internet : changements plus nombreux et de plus faible ampleur que dans les commerces physiques. Dans le cas des ventes de livres et CD aux États-Unis, ces changements sont en moyenne 100 fois moins élevés que les plus petites modifications de prix des magasins physiques !

Comparaison France - États-Unis

Les enquêtes citées précédemment se référaient principalement aux États-Unis. Des études ciblant la France ont été réalisées, portant sur les ventes de CD, et comparées aux études similaires effectuées 2 ans auparavant aux États-Unis, pour tenir compte du retard français en matière de diffusion de l'Internet. Les conclusions sont qualitativement les mêmes : des prix sur Internet inférieurs de 7 à 10% à ceux des magasins (contre 9 à 16% de différence pour les USA), plus volatils qu'en magasin, mais gardant une forte dispersion.

2.5.2 Le rôle des intermédiaires sur Internet

Une présentation traitant de l'e-commerce ne peut se limiter aux seules transactions en ligne effectives : les transactions physiques initiées suite à la visite d'un site Internet doivent être prises en compte, de même que les sites d'intermédiation entre acteurs du marché.

Aux débuts du Web, dans les années 90, on s'accordait sur le fait qu'Internet allait supprimer les intermédiaires entre producteurs et consommateurs. En réalité, on s'aperçoit à présent que non seulement ils n'ont pas disparu, mais qu'en plus de nouvelles catégories d'intermédiaires, tout à fait spécifiques à l'Internet, ont fait leur apparition : portails, moteurs de recherche, sites de comparaison de prix, sites d'enchères...

Les intermédiaires traditionnels

Les intermédiaires sur les marchés physiques sont à l'origine trois fonctions :

– agrégation de l'offre (par exemple : hypermarchés) et/ou de la demande (exemple : centrales d'achat), avec implication directe de l'intermédiaire dans la transaction
– simple mise en relation des acheteurs et vendeurs (*e.g.* organisations de marchés boursiers ou agricoles)
– établissement de la confiance entre partenaires et garantie de leurs transactions (par exemple : banques, compagnies d'assurances et d'expertise).

Il est vrai qu'Internet permet une mise en relation directe pour la première de ces fonctions. En revanche, il nécessite une intermédiation accrue pour les deux fonctions suivantes. En effet, pour le 2ème point, la multitude de sites commerciaux rend utile une centralisation d'information mise à disposition pour l'internaute. L'établissement de la confiance pour les transactions est un point crucial car la plupart des internautes n'ayant jamais effectué une transaction électronique (près de 47% des internautes français) craignent des problèmes de sécurité lors de la transmission de leur numéro de carte de crédit.

Les nouvelles fonctions d'intermédiaire

Nombres d'intermédiaires d'un nouveau type sont apparus, axés sur la collecte d'information (sur les offres, les goûts des internautes, leurs besoins). Par exemple, il existe des sites de comparaison de prix appelés Shopbots (pour Shopping Robots), et l'on a vu précédemment que les prix mis à part, les internautes avaient aussi tendance à considérer la réputation d'un site, ou l'association d'un produit du site à une marque.

Autre exemple d'importance, les sites de référencement. On comprend aisément qu'Internet puisse représenter une menace pour les marchés physiques pour les produits culturels, les services financiers et les voyages. Qu'en sera-t-il avec les produits pour lesquels le contact physique est nécessaire, comme les maisons ou les voitures ? Bien qu'Internet ne menace pas ces secteurs, les vendeurs vont malgré tout devoir modifier leurs métiers dans les phases de pré-vente et d'après-vente, car de nouvelles catégories d'intermédiateurs fournissant des informations aux internautes et mettant en relation clients et vendeurs vont apparaître.

Notons que 54% des acheteurs d'automobiles neuves aux États-Unis auraient consulté préalablement un site Internet en 2000. Il peut s'agir de sites de prix et autres caractéristiques des voitures, mais aussi de mise en contact entre acheteurs potentiels et concessionnaires affiliés. Dans ces cas, ce sont les concessionnaires qui fixent eux-mêmes leur prix de vente, mais certains mécanismes entrent en jeu pour rendre quand même l'offre attrayante au client. En échange d'une exclusivité territoriale garantie au concessionnaire par le gestionnaire du site (chaque client est dirigé vers le vendeur affilié le plus proche), le vendeur s'engage à proposer l'offre la plus basse possible s'il y avait eu négociation. Le gestionnaire du site peut contrôler l'honnêteté du vendeur (sur le fait que ses prix soient très bas) en vérifiant que le nombre d'achats n'est pas trop faible, et dans le cas contraire sanctionner le vendeur en lui retirant l'exclusivité territoriale. Ceci illustre un mécanisme commercial mixte Internet-vendeur physique complètement novateur.

2.5.3 Synthèse

Nous avons vu qu'il existait de multiples arguments théoriques aux conclusions contradictoires sur les spécificités du commerce électronique. La plus grande transparence et flexibilité des prix sur Internet intensifie les interactions stratégiques entre acteurs, pouvant conduire à des équilibres très concurrentiels ou au contraire collusifs selon les secteurs. Les prix sont sensiblement inférieurs à ceux en magasins, très volatils, et présentent une forte dispersion entre sites. Les sites les mieux connus ont tendance à pratiquer des prix plus élevés. Qualitativement, les intermédiaires jouent un rôle considérable sur Internet dans leur fonction d'informateurs. Même dans les secteurs de l'économie traditionnelle qui ne sont pas susceptibles d'être affectés par la concurrence de la vente en ligne, l'existence des infomédiateurs sur Internet peut provoquer une refonte des organisations.

2.6 Réflexions sur les NTIC

2.6.1 Contexte

Internet, avec ses particularités - dont l'anonymat - l'absence de contraintes de temps (communications synchrones ou asynchrones) et d'espace et la diminution des différences individuelles perceptibles, apparaît comme un terrain propice à la création de communautés dont les critères de rassemblement sont d'une nouvelle nature. Notamment des forums de discussions thématiques, des groupes dont le but est l'entraide , le soutien ou l'apprentissage informel; des sites présentant des contenus d'informations disponibles gratuitement (ou non) sur le web, etc. Certains y voient un espace où peuvent se développer de nouveaux liens sociaux, un espace où on peut recoudre le tissu social effrité dans la "vie réelle". Un lieu où les relations interprofessionnelles sont facilitées, où les gens marginalisés peuvent s'exprimer. Il a permis la mise en place d'une nouvelle économie qui en France a contribué à 5 % du PIB, 3,5 % de la richesse nationale et 15 % de la croissance économique. Ce qui précède est à nuancer, Internet est aussi la porte ouverte à la diffusion des perversités les plus nocives (xénophobie, pédophilie...) et crée un marché économique très instable.

Les conséquences pour la société

On a connu l'avènement des ordinateurs personnels, des logiciels de traitement de texte, des téléphones mobiles et des cartes de crédit. Les dernières générations sont d'une certaine manière nées avec ces inventions. Le fossé normal entre générations se double d'un fossé technologique. Des différences persistent en ce qui concerne l'accès à internet et aux compétences numériques selon que l'on soit une personne active ou un chômeur, que l'on ait un niveau de formation ou pas, que l'on soit jeune ou vieux. La formation est nécessaire à tous les niveaux de compétences pour assurer une meilleure intégration sociale d'autant plus que la nouvelle économie entraîne un fort courant de « destruction positive » en matière d'emplois. Des emplois obsolètes disparaissent au profit de nouveaux emplois plus qualifiés et mieux rémunérés. La cohésion de nos sociétés sera soumise à de fortes contraintes si les groupes les plus vulnérables sont laissés pour compte dans le partage des « dividendes de la nouvelle économie ». Qu'il s'agisse des personnes âgées, des chômeurs, des pauvres ou des jeunes, il convient plus que jamais de faire preuve de solidarité envers eux pour veiller à ce que la nouvelle économie soit un facteur d'aide et d'enrichissement plutôt que de division et d'appauvrissement. La pression pour une innovation constante est si forte qu'il est à craindre que les laissés pour compte ne puissent plus jamais se réinsérer, une fois sortis du peloton.

- Pour ceux qui ont la chance d'avoir un emploi, le défi consiste à gérer une carrière dans un environnement professionnel imprévisible. L'extrême adaptabilité personnelle exigée par les employeurs est souvent préjudiciable à la vie de famille. L'ambiance d'instabilité créée dans l'entreprise peut provoquer divers problèmes d'ordre plus personnel. Le fait d'imposer à ses employés un environnement professionnel moins sûr, moins prévisible voire précaire signifie éventuellement les priver d'opportunités économiques dont ils auraient pu bénéficier (l'accès au crédit, par exemple).

- Un aspect très inquiétant concernent les marchés financiers. En effet ils procèdent chaque jour à des milliards de transferts électroniques dans le monde. Une partie de ces opérations concerne le blanchiment de capitaux. Les bénéfices du trafic d'armes, de stupéfiants ou d'êtres humains sont quotidiennement ré-injectés dans l'économie licite, la rendant incontrôlable et même instable.

- Le développement rapide de la nouvelle économie peut également s'accompagner d'une volatilité excessive des investissements dans ce secteur et par conséquent une certaine instabilité des marchés financiers. L'application de règles de prudence demeure donc une garantie essentielle dans ce domaine tout autant que dans les secteurs plus traditionnels.

2.6.2 Cyber-relations

Internet devient une zone d'échange très fréquentée, un voisinage délocalisé et pourtant fondateur de rapports sociaux. De plus en plus de gens se rencontrent par internet et des relations très investies - de travail, d'amitié, d'amour, d'action sociale - s'y développent. Ces cyber-relations peuvent certes donner naissance à des déceptions, parfois à des mésusages, mais elles sont porteuses d'un énorme potentiel pour briser l'isolement et introduire de nouveaux liens significatifs dans le quotidien. Un aspect quelque peu mystérieux de la cyber-relation est qu'elle ne se fonde pas sur un nombre suffisant d'indices sensoriels pour que l'on puisse

rapidement se faire une idée juste de l'interlocuteur.
Internet permet d'expérimenter de nouvelles formes d'entraide communautaire avec des personnes qui autrement ne se rencontreraient probablement pas. On peut citer sommairement les avantages liés à l'entraide virtuelle :

- La possibilité de communiquer avec des personnes vivant des problèmes similaires, au delà des limites géographiques et sociales habituelles.
- Le faible coût économique de ce service.
- La possibilité de communiquer de façon synchrone ou asynchrone, au gré de la disponibilité, des goûts et des besoins de chacun.
- L'étiolement des "marqueurs de séparations sociale" (âge, provenance ethnique, apparence physique) ce qui favorise une certaine liberté face aux préjugés sociaux.
- L'accès à un grand nombre d'opinions et de points de vue différents.
- La protection que donne un certain anonymat de la désinhibition sociale qui en résulte.

2.6.3 La remise en cause de la cyber-démocratie

On pourrait croire qu'Internet serait un puissant facteur de démocratie. Seulement certaines personnes ne partagent ce point de vue. Internet favoriserait, selon eux, ce que les psychosociologues nomment la "polarisation de groupe". Isolés en groupes, des individus d'opinions semblables ont tendance à renforcer mutuellement leurs points de vue, ce qui les conduit inévitablement aux positions les plus extrêmes. Cette polarisation serait un des effets politiques négatifs de l'Internet, qui permet aux gens de filtrer les informations non conformes à leurs vues, de les tailler à la mesure de leurs propres croyances et d'échapper à la contradiction, en se concentrant sur les sites Web spécialisés qui reflètent le plus fidèlement leurs préjugés. Or, une "culture partagée", résultant de l'exposition à un large éventail d'opinions, est essentielle au bon fonctionnement de toute démocratie. Ainsi, loin d'être un facteur de cohésion et d'échange, Internet pourrait contribuer à un mécanisme de dissociation de communautés, de coalition des appareils.

Comme pour la révolution industrielle, celui qui maîtrise le premier les produits tient les marchés et tire les plus gros bénéfices, ce qui peut entraîner des situations de monopôle ou d'oligopôle. Microsoft a mené pendant des années une guerre sans répit contre la législation antitrust américaine. Internet semble progressivement s'éloigner de sa vocation générique d'autoroute de l'information ouverte à tous pour privilégier tout un ensemble d'utilisations segmentées et spécialisées (portails, plate-formes), à tel point que des observateurs prédisent la fin du “tout gratuit” sur Internet dans un proche avenir.

2.6.4 Bilan

Les difficultés déjà rencontrées et à venir par l'intrusion de cette nouvelle forme d'économie dans notre société ne sont pas dues uniquement à sa nature même mais aussi à la façon dont elle est gérée dans notre système de vie. La nouvelle économie peut être une source majeure de prospérité accrue et durable pour tous. Mais elle peut aussi, si elle n'est pas convenablement maîtrisée, supprimer des liberté et freiner le progrès de l'humanité.

2.7 Enjeux sociaux des NTIC

Les NTIC entraînent un bouleversement de certaines valeurs sociales. En soit, ce n'est bon que si le nouvel ordre social a plus d'avantages ou moins d'inconvénients que l'ancien. La période de transition entre ces deux modèles sociaux peut donner lieu à des excès et des dysfonctionnements, pour éviter de tels inconvénients, il est important de créer une législation qui aide à réguler les changements. De même il faut essayer de faire en sorte que le nouvel ordre apparaisse le plus tôt possible.

2.7.1 Influence sur le mode de vie des individus

L'entrée dans la société de l'Information accélère la mondialisation de l'humanité sur le plan social et culturel. Cette mondialisation a des conséquences variées qui dépendent pour chaque pays et chaque région, de la façon dont on réagit, dont on utilise cette mondialisation ou dont on la subit. Cette mondialisation peut apporter une croissance économique et améliorer le niveau de vie moyen, d'autres aspects bénéfiques peuvent être de favoriser les échanges économico-culturels entre pays. Mais il est aussi possible que cette mondialisation mène à des dérèglements et des excès. Dans le monde du travail, les NTIC ouvrent de nouvelles possibilités, qui provoquent un bouleversement des conditions de travail de beaucoup de personnes, ils peuvent désormais effectuer tout ou une partie de leur travail directement de chez eux. Même si certaines personnes apprécient cette possibilité, ceci représente pour d'autres, une invasion de leur travail dans leur vie privée. C'est là donc un point qu'il faudrait réglementé pour qu'il n'y est pas d'abus de la part des employeurs. Le travail pourra ainsi être rendu plus libéral mais cela sans excès.

2.7.2 Influence sur l'éducation et la formation

Les NTIC peuvent apporter beaucoup au monde de l'éducation et ce sur plusieurs plans. Les NTIC permettent au grand public d'avoir accès à une information mise à jour continuellement. Les nouvelles dans le monde sont à la fois des informations et un mode de compléter une formation ou de susciter un désir de suivre une formation. La quantité d'informations auxquelles une personne peut accéder lui permet de se renseigner sur à peu près n'importe quel sujet. De nouveaux modes de formation sont apparus comme la formation à l'utilisation des logiciels en ligne. Ce mode de formation intense met en contact un client utilisant un logiciel avec un professionnel travaillant sur ce logiciel. Ce mode de formation permet à l'expert de corriger directement les erreurs du clients et de les lui expliquer.

2.7.3 Accès à tous

Les règles du marché contraignent les entreprises à s'équiper et à développer l'usage des NTIC, dans tous les pays comme en France, l'ensemble du corps social n'est pas dans les mêmes conditions, d'exposition aux NTIC que les entreprises. Une intervention gouvernementale en ce domaine est souhaitable et a déjà eu lieu en France, " Pour développer une société de l'information pour tous " l'objectif était d'ouvrir 7000 sites publiques d'accès à Internet avant 2003 dont 2500 signeront une charte afin de fournir " Une première formation générale gratuite et ouverte à tous." . Le ministère de la culture a lancé un programme de soutien à la création et au développement d'espace culture multimédia. " Pour développer la dimension culturelle des NTIC à la fois comme outil d'accès à culture et au savoir et comme outil d'expression et de création. " . Le ministère de la ville a aussi lancé un programme visant à favoriser le développement d'internet dans les quartiers prioritaires de la ville. Sur le plan éducatif, un brevet informatique et internet a été instauré et devrait être obligatoire dés 2002-2003. L'état n'est pas le seul agent à tenter de sensibiliser le grand public aux NTIC, les entreprises y trouvent intérêt et elles aussi entreprennent des actions pour rendre plus accessibles les NTIC. Cela leur permet d'agrandir un marché pour l'instant pratiquement naissant.

Chapitre 3

Les métiers des NTIC

3.1 Recherche systématique des métiers des NTIC

Le secteur privé des technologies de l'information et des télécoms a été, sur la période 1981-1996,

un secteur créateur d'emplois en très forte expansion. Près de 300 000 personnes travaillent dans ce secteur avec une prédominance du tertiaire, qui a vu une progression du nombre d'emplois de 4% par an entre 1991 et 1996.

Ces nouveaux emplois sont créés dans des nouveaux métiers et notamment ceux de l'Internet et du comelec. Le webmaster est l'exemple le plus connu de ces nouveaux métiers, mais que ce soit dans le domaine des réseaux informatiques ou dans la création graphique, le web est un nouveau créneau pour beaucoup de métiers.

Mais les métiers concernant directement l'informatique et le web ne sont pas les seuls à concerner les formidables moyens de communication mis à disposition aujourd'hui du grand public comme du scientifique. La question est de savoir comment gérer ce flux d'informations exponentiel : comment, en d'autres termes, rester maître des progrès technologiques de communications et en tirer le meilleur parti ?

C'est ce que John Taylor (Director General of the Research Councils of Science, Angleterre) regroupe sous le nom de l'e-science : "e-Science is about global collaboration in key areas of science, and the next generation of infrastructure that will enable it." Le CCLRC, Council for the Central Laboratory of the Research Councils, a en effet créé un centre d'"e-science" en juin 2000 pour l'exploitation des technologies d'information les plus récentes. John Taylor, le directeur, considère ce centre comme un point clé pour développer des technologies permettant de mettre les moyens d'information au service de la science. On trouvera un peu plus loin comment il définit le concept d'e-Science.

Selon lui, il est vital de réfléchir sur l'exploitation de toutes les données scientifiques existantes. N'oublions pas à ce sujet que le web a été créé au CERN par le besoin de mettre à disposition facilement les énormes flux de données existant. Cela ne concerne plus seulement les données concernant la physique des particules, mais également tous les domaines de recherche scientifique. Les nouvelles technologies existantes (synchrotrons, satellites, télescopes, lasers...) génèrent des terabytes de données chaque jours. Comment gérer toutes ces données ?

Pour répondre à ces questions, il nous faut faire un tour complet des métiers existant, tant en matière de présentation de l'information (l'agent designer, le cybercoach, l'infographiste, le directeur des activités en ligne), qu'en utilisation de cette information (logiciels d'aide au diagnostic médical, et plus généralement les métiers de la e-medecine, le documentaliste scientifique, la veille technologique, le e-learning, le e-consulting) et enfin qu'en modélisation de l'information (métiers liés à la modélisation biologique de l'information avec l'exemple de l'INRIA et du projet CORTEX), la cryptographie ...

Avant de présenter ces différentes catégories, nous rapportons ici en quels termes John Taylor définit le concept d'e-Science :

«e-Science will be vital to the successful exploitation of the next generation of powerful scientific facilities operated by CLRC on behalf of the UK research community, and to the UK's effective use of major facilities elsewhere.

These facilities - synchrotrons, satellites, telescopes, lasers - will collectively generate many terabytes of data every day. Their users will require efficient access to geographically distributed leading edge data storage, computational and network resources in order to manage and analyse these data in a timely and cost effective way. e-Science will build the infrastructure which delivers this.

e-Science also offers new possibilities for enabling cross-disciplinary research through the provision of a common Grid infrastructure. With its own broadly based scientific programme, CLRC intends to play a central role in helping to achieve this.

"e-Science will change the dynamic of the way science is undertaken."

What is meant by e-Science? In the future, e-Science will refer to the large scale science that will increasingly be carried out through distributed global collaborations enabled by the Internet. Typically, a feature of such collaborative scientific enterprises is that they will require access to very large data collections, very large scale computing resources and high performance visualisation back to the individual user scientists.
The World Wide Web gave us access to information on Web pages written in html anywhere on the Internet. A much more powerful infrastructure is needed to support e-Science. Besides information stored in Web pages, scientists will need easy access to expensive remote facilities, to computing resources - either as dedicated Teraflop computers or cheap collections of PCs - and to information stored in dedicated databases.

The Grid is an architecture proposed to bring all these issues together and make a reality of such a vision for e-Science. Ian Foster and Carl Kesselman, inventors of the Globus approach to the Grid define the Grid as an enabler for Virtual Organisations: "An infrastructure that enables flexible, secure, coordinated resource sharing among dynamic collections of individuals, institutions and resources." It is important to recognize that resource in this context includes computational systems and data storage and specialized experimental facilities. »

3.2 Exploration des différents métiers

3.2.1 Présentation de l'information

Le métier d'agent designer

Introduction La définition d'un agent designer est très simple : c'est la personne qui va programmer, mettre en place des Agents Intelligents (AI) qui sont des objets au sens de la programmation informatique. La clef de ce métier réside donc dans la compréhension de ce qu'est un AI.

Le commerce en ligne est une activité en plein essor. Les consommateurs et les entreprises vont à la recherche de produits ou d'information sur le réseau, et les vendeurs tentent d'attirer de nouveaux clients.
Cependant, la quantité gigantesque d'informations disponibles rend la tâche de chacun difficile et freine le développement du commerce électronique.

Les agents intelligents pourraient être une des solutions à ce problème. L'agent est caractérisé par un certain degré d'autonomie, par le fait qu'il mène des opérations au nom de son utilisateur, et qu'il a une connaissance partielle des objectifs et du profil de l'utilisateur.

Le rôle d'un agent intelligent est d'assister : dans le cas de moteurs de recherche sur internet, AI doit nous aider à trouver l'information.

Pour les échanges commerciaux, les AI ont pour but de faciliter aux consommateurs la sélection de boutiques, de marques ou de produits se basant sur leurs goûts, mais aussi de permettre aux vendeurs de mieux connaître la demande.

Pour clarifier les idées, on peut donner un exemple très simple d'Agents Intelligents.
Imaginons que l'on veuille prendre un train au départ de Paris et à destination de Lyon et supposons que l'on ne connaisse pas les horaires proposés par la compagnie de chemin de fer pour de tels trains. On peut se rendre, alors, sur le site internet de la compagnie et tenter de trouver les trains qui correspondent à notre demande en utilisant un Agent Intelligent. En effet, cet agent prendra en compte nos souhaits (Lieu et Heure de départ et d'arrivée, type de place souhaitée, ...) et nous aidera à trouver les informations qui nous intéressent parmi toute la masse de trains possibles proposés tout au long de l'année par la compagnie de chemin de fer.

Les AI d'analyse de la demande des consommateurs Les AI peuvent servir aux directeurs marketing et commerciaux en analysant la demande globale permettant ainsi d'adapter l'offre à la demande du consommateur. De tels systèmes commencent à apparaître sur des sites de grandes entreprises où l'on demande au consommateur de se décrire afin de mieux le servir. La multiplication de tels sites pose un problème de commodité pour le consommateur qui doit s'enregistrer chaque fois qu'un site décide d'adopter cette approche. La logique veut que des sites "fédérateurs" apparaissent faisant office de guichets pour les consommateurs désirant comparer l'offre commerciale globale pour un produit.

Les vendeurs y trouveront aussi leur compte puisqu'ils auront la possibilité de rendre leur produit visible sans avoir à investir dans de coûteux systèmes de gestion de bases de données.

Quelque soit la forme des AI, voici les différentes fonctions qu'ils rempliront pour cerner au mieux les besoins du client :
– Enregistrement du profil et des préférences de l'acheteur.

Informations générales (goûts, types de produits consommés, statut, professions...). Ceci permettra :

  - Un accueil personnalisé
  - Des propositions commerciales adaptées

- Enregistrement des demandes successives d'un consommateur. Cela permet de suivre en temps réel l'évolution des besoins du consommateur.
- Recommandation sur l'évolution de l'offre commerciale. Les agents d'analyse de la demande auront accès à des statistiques sur la demande globale des consommateurs et seront à même d'analyser les raisons de leurs succès ou de leurs échecs pour proposer des recommandations quant aux orientations futures de la politique commerciale de leur société.

Il est important de voir que les agents n'auront pas accès aux donnés personnelles des consommateurs. Les renseignements collectés par ces systèmes d'agents intelligents sont protégés et la confidentialité est obligatoire. Ils ne peuvent donc pas être considérés comme des bases de données commerciales classiques.

Bénéfice pour le consommateur : Offre mieux adaptée à ses besoins. **Bénéfice pour le marchand :** meilleure connaissance de ses clients, réactivité plus grande.

Conséquences et perspectives

- Méfiance des marchands :
  La recherche de produit sur internet ne permet pas au consommateur d'examiner le produit comme il le ferait dans un magasin. Les AI devront permettre de remédier à ce problème. Mais pour le moment, les "marchands" sont encore septiques quant à la finesse des systèmes actuels. Le risque est que la spécificité du produit ne soit pas prise en compte, mais soit plutôt cachée derrière une grille de description standardisée facilitant la comparaison des produits de mêmes types.

- Méfiance des consommateurs :
  Les AI en service pour le moment sont lents, et ne permettent pas d'avoir une vision complète de l'offre commerciale. De plus les grilles de lecture de l'offre sont très sommaires.
  - Confidentialité :
    Le phénomène est encore amplifié par les dangers associés aux réseaux informatiques. La confidentialité, et la sécurité des informations (moyen de payement par exemple...) devront être une des grandes préoccupations des AI.

Conséquences :

- PRIX : c'est le principal critère de comparaison.
- PROMOTION : sur internet, elle passe aujourd'hui par les moteurs de recherches, annuaires spécialisés, mailing-lists, medias traditionnels
- DEMAIN : pour qu'un produit soit "visible", il faudra que son emballage électronique (c'est à dire sa grille d'évaluation) soit lisible par les AI.
- PRODUIT : Une nouvelle génération de produit sera dédiée à la recherche de produits et permettra aux consommateurs de mener des recherches par marque ou par catégorie, grâce à des AI qui classeront les produits en fonction des préférences des individus. Les produits qui sortiront du lot seront les plus visibles aux yeux des consommateurs d'un point de vue des grilles d'évaluation des AI.

L'apport d'un doctorant en physique dans le métier de Designer d'Agent Le but premier d'un Agent Intelligent est de trouver l'information recherchée parmi toute la foule d'informations possibles. De ce point de vue, il est clair que le doctorant en physique peut avoir un apport important à ce domaine de les NTIC.

Considérons le cas d'un doctorant en astrophysique. Ce dernier peut avoir à travailler sur des cartes du ciel, et rechercher toutes les informations disponibles sur un élément de la carte. Dans ce cas, il doit être en mesure de rassembler toutes ces informations, d'où quelles soient. De ce fait l'expérience acquise par ce doctorant dans le cadre de la recherche d'informations éparses pourra-t-être un atout majeur pour un travail du type de celui décrit ci-dessus.

Considérons maintenant un doctorant en physique des particules. Les expériences réalisées dans ce domaine sont d'une importance phénoménale. La taille du dispositif expérimental, et la quantité de données traitées n'a d'égale dans aucune autre discipline de la physique. Dans ce type d'expérience, le doctorant devra-t-être en mesure d'interpréter les données acquises en terme de particules, d'énergies, d'impulsions... Ce travail gigantesque préparera le doctorant à la tache d'Agent Designer, puisque trouver l'information utile au milieu d'une quantité importante de données non pertinentes aura été sa tâche durant son doctorat.
Il en va de même pour les doctorants en physique nucléaire qui auront aussi à reconstruire les informations issues d'une expérience de plus en plus lourde, conduisant ainsi à une quantité importante de données.

Ainsi, il apparaît que les doctorants en physique peuvent tout à fait correspondre aux types de personnes recherchées pour le travail d'Agent Designer, puisque souvent, durant leur travail de thèse ils auront à traiter une quantité importante de donnée qu'il leur aura fallut préalablement organiser.

Les métiers de la société ADULIS

ADULIS se définit comme une entreprise de conseil et d'ingénierie, experte dans des domaines de hautes technologies utilisant l'informatique comme principal axe fédérateur.

Tout en offrant de manière séparée les trois activités, la particularité d'ADULIS réside dans une offre complète et convergente qui allie les technologies infor-

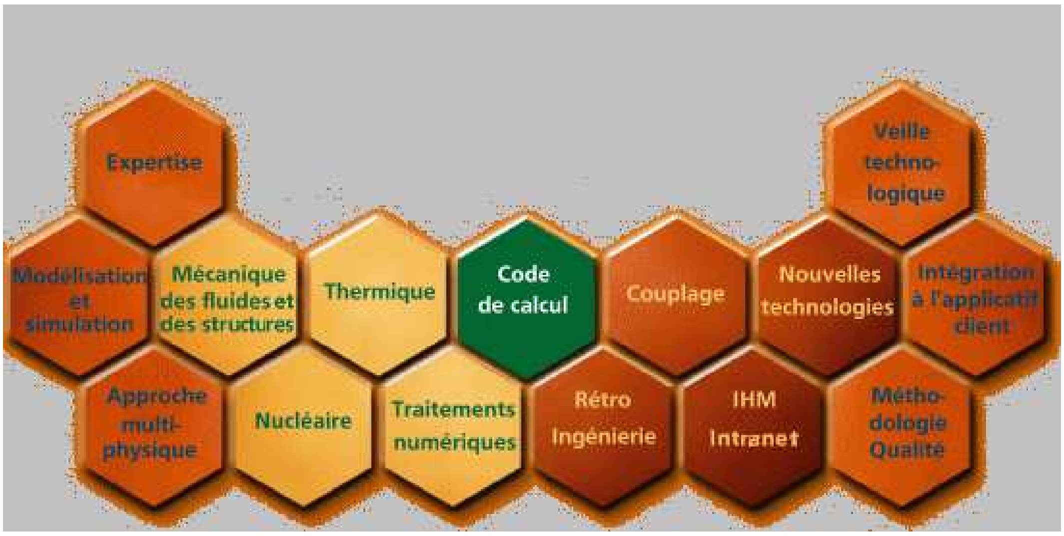


FIG. 3.1 – *Le point de convergence de la physique et de l'informatique.*

matiques, la physique et l'optimisation des processus de conception et de réalisation des entreprises. La société ADULIS est composée de trois pôles d'activité : Apiris, Amiqual et Technophysics.

- APIRIS : les services et l'ingénierie informatique dédiés aux systèmes d'information en architectures distribuées. C'est l'informatique au service des métiers.
- AMIQUAL (Audits, Méthodes et Ingénierie de la QUALité) : le conseil en organisation, ingénierie métier et management.
- TECHNOPHYSICS (TECHnologies NOuvelles appliquées à la PHYSIque et à l'Ingénierie des Codes Scientifiques) : les services et l'ingénierie physique dédiés aux systèmes de simulation. C'est l'informatique au service des sciences (voir fig.3.1).

Sur chacune de ces activités, ADULIS propose des solutions sur mesure, en intégrant fortement la composante métier dans sa démarche globale. Pour ce faire, l'entreprise s'appuie sur des équipes de collaborateurs de haut niveau technique, comme les ingénieurs, universitaires et docteurs, capables d'appréhender les métiers caractéristiques de chaque entreprise cliente.

3.2.2 Utilisation de l'information

Administrateur de Base de Données

Description du métier Avant tout, il est nécessaire de définir ce qu'est une base de données. On pourrait dire que tout système d'information peut-être qualifié de base de données. Mais il est plus facile de définir le système de gestion des bases de données. C'est un outil qui permet d'insérer, de modifier et de rechercher des données spécifiques dans un grand nombre d'informations. C'est aussi une interface entre les utilisateurs et la mémoire de stockage qui facilite le travail des utilisateurs.

L'intérêt d'une base de données est de pouvoir restituer des informations de manières très diverses. L'information stockée dans les ordinateurs doit pouvoir être utilisée sous n'importe quelle forme : graphique, textes documentaires ou "listings". Le rôle d'un administrateur de bases de données est très riche : il doit installer, configurer, administrer mais aussi optimiser le fonctionnement de l'ensemble des données présentes sur les différents serveurs de l'entreprise. Il doit également veiller à l'intégrité et la cohérence des données utilisées par les différents systèmes d'information. Il est responsable de la mise en forme de l'architecture de base, il définit la structure des données. Il choisit ensuite les supports, organise le transfert des données et prévoit les procédures d'accès et d'interrogation pour les différents utilisateurs. Il doit bien sûr prévoir les mises à jour. Bref, l'administrateur de base de données a beaucoup de relations publiques et doit passer de nombreuses heures en réunion.

Le savoir faire d'un administrateur de bases de données passe tout d'abord par la connaissance des logiciels de base et des langages de programmation. Il

doit bien sûr maîtriser les outils spécialisés dans l'administration des bases de données et les aspects liés à la sécurité. Il est également nécessaire d'avoir une bonne connaissance des clients, de la Direction, des systèmes d'informations, de leurs activités et besoins.
Pour cela, les qualités requises sont une grande ouverture d'esprit, une certaine rapidité d'adaptation, de la rigueur et le sens de la méthode. Il faut bien entendu une grande capacité d'écoute et de communication.

Systématique dans les offres d'emploi

Dans cette section on analyse les différentes offres d'emploi que l'on retrouve dans le marché. Ce qui suit est une liste des expériences et connaissances de logiciels usuellement requis.

Dans la plupart des offres d'emplois une formation BAC+4/5 est demandée, de type École d'ingénieur ou formation universitaire (DEA), parfois complétée par une spécialisation « sécurité ». En plus, habituellement 2 à 5 ans d'expérience sont requis.

Une connaissance de différents logiciels utilisés couramment dans l'entreprise est demandé comme: ORACLE, SYBASE, DB2.

De la même manière, il est demandé des connaissances en LAN/WAN et dans les différents types de connexion réseau (internet, intranet) et des différents environnements : UNIX, WINDOWS NT.

Les salaires proposés varient évidemment en fonction de l'expérience et oscillent entre 30 et 70 k€par an.

Les activités correspondant à ce profil dans une formation de type scientifique

Plusieurs profils d'une formation scientifique en physique peuvent répondre au type de demande d'emploi montré dans la précédente section. Principalement il y a deux domaines de recherche qui peuvent fournir une expérience compatible à celle d'un administrateur ou ingénieur de bases de données.

Le premier est centré autour de la physique des particules et en particulier autour du CERN, le centre de recherche en Suisse. On rappelle qu'au CERN est née la forme actuelle d'internet avec les développements des différents protocoles utilisés (par exemple le *.html*). Cette impulsion au développement des systèmes en réseau est dûe principalement au grand flux de données issues des expériences de physique des particules. Cependant, au CERN les bases de données ne sont pas simplement utilisées pour stocker les résultats des expériences. Elles font partie intégrante du fonctionnement quotidien du CERN. Elles sont employées pour la gestion de personnel, attribution de ressources et un éventail d'autres fonctions. Ces applications ne sont pas généralement créées par le groupe qui développe les bases de données du CERN. Ce groupe doit assurer les services des bases de données, fournir des conseils sur la création et l'entretien des bases de données et être responsable de la maintenance des systèmes de base de données en service. De même, chaque groupe de recherche est chargé du développement d'une partie des bases de données propre à l'expérience. Un type de formation dans ce domaine est alors bien comparable aux profils demandés dans les offres d'emploi d'administrateur de bases de données. En effet, un thésard travaillant au CERN acquiert des connaissances des logiciels de bases et des langages de programmation. Il maîtrise les outils spécialisés dans l'administration des bases de données ainsi que les aspects liés à la sécurité.

Le deuxième domaine se trouve dans l'astronomie. Des études dans ce champ de recherche requièrent l'analyse d'images astronomiques du ciel provenant de différentes campagnes d'observation. En général ces campagnes sont faites avec différents instruments qui donnent alors des images non directement comparables. Par exemple, une étude sur les étoiles à neutrons doit souvent utiliser des images provenant de télescopes avec des systèmes d'acquisition de données complètement différentes. Pour cette raison, une partie des astrophysiciens travaillent dans le développement des outils pour l'exploitation de données. On leur demande, par exemple, des identifications croisées d'images, des corrélations croisées ou des développements d'algorithmes de reconstruction... Ainsi, un physicien du domaine acquiert une bonne base de connaissances compatibles avec le métier d'administrateur de bases de données.

De plus, un thésard développera habituellement des aptitudes comportementales nécessaires comme une rapidité d'adaptation, de la rigueur, un sens de la méthode ainsi qu'une grande capacité d'écoute et de communication.

Aide au diagnostic en ligne, organisation des connaissances.

Depuis ces dernières années, l'accroissement des connaissances médicales est exponentiel tout comme l'augmentation du nombre de paramètres nécessaires à la prise en charge des patients. Il devient de plus en plus difficile, pour un médecin, d'accéder en temps utile aux connaissances médicales pourtant nécessaires à une pratique de qualité. Les maladies chroniques occupent une place croissante dans l'activité médicale et la durée moyenne de surveillance des patients augmente régulièrement. La prise en compte de l'évolution d'un malade nécessite un effort de synthèse toujours plus important.

L'une des solutions mise en avant pour venir en aide aux médecins et propager efficacement les informations est de véhiculer rapidement les dernières données via internet. Le dossier médical ne se résume plus aux notes cliniques du médecin mais devient l'intégration d'éléments de plus en plus sophistiqués. Ainsi, par exemple, dans le domaine de l'imagerie, plusieurs dizaines de techniques faisant largement appel aux moyens informatiques sont maintenant disponibles (échographie, scanner, angiographies digitales, imagerie par résonance magnétique, etc.). D'une façon plus générale, la gestion d'objets complexes occupe une place croissante en médecine, aussi bien dans la pratique courante que lors de la prise de décisions. Ces objets recouvrent, en plus des images, des textes en langage clair, des signaux, mais aussi des ensembles de concepts reliés entre eux ou des procédures devant être activées sous certaines conditions (protocoles de calcul d'une dose optimale d'un médicament, protocoles de soins infirmiers, etc.).

Les différents partenaires du système de santé prennent progressivement conscience des contraintes économiques et éthiques qui viennent peser sur le développement des techniques de pointe, en même temps que des risques engendrés par l'apparition de thérapeutiques plus efficaces mais aussi plus dangereuses. Le médecin n'est plus en mesure d'appréhender les différentes indications, contre-indications ou interactions de ces multiples procédures, c'est là qu'intervient l'aide au diagnostique en ligne qui permet au médecin d'être toujours informé des dernières informations. La difficulté principale de ce genre d'application reste le travail sémantique et l'organisation des données et des connaissances dans une architecture évolutive et intuitive. Toutes les ramifications doivent s'organiser autour du traitement massif des données, leurs corrélations et leurs synthèses. Le développement de nouvelles méthodes de gestion des données et connaissances médicales concerne plus particulièrement la formalisation des catégories d'objets médicaux, le développement d'interfaces homme-machine intelligents et de systèmes multimédias.

L'analyse de ces données nécessite le développement de nouvelles architectures de systèmes experts, de réseaux neuro-biologiques et la mise au point de techniques d'apprentissage à partir d'observations médicales. Dans ces différentes recherches, le raisonnement doit notamment prendre en compte le caractère incertain des connaissances médicales, la dimension temporelle des décisions et l'importance de l'expérience (confrontation à des cas similaires).

La gestion évolutive d'une importante quantité d'informations corrélées entre elles et la capacité à acquérir prestement la réponse à une question sont naturellement les atouts acquis par une formation par la recherche. Le chercheur, notamment en physique des particules, où il faut traiter une vaste quantité d'information, possède les compétences d'analyse qui font de lui un élément de choix face à l'évolution croissante des communications via internet. Le traitement des données, la compréhension des techniques d'imagerie et leur interprétations, la sémantique interprétée et l'organisation corrélée des informations font partie des champs d'action de la recherche grâce à une méthodologie maîtrisée et transposable à de nombreux domaines, même inexplorés.

Les logiciels d'aide à la décision médicale et la mise en commun des maladies chroniques sont à l'heure actuelle le sujet d'une attention toute particulière. Elle nécessite une structure efficace et intuitive qui pourrait être menée de front par des docteurs en physique, et doit de toute manière trouver des solutions au plus vite face à la volonté internationale d'évoluer vers une médecine virtuelle qui, loin de marginaliser le docteur, devra lui ouvrir la sapience d'Hermes.

La veille technologique

La veille technologique a pour but de récupérer l'information à sa source pour donner un avantage important à la personne, à l'entreprise qui a besoin de cette information. L'avènement d'internet est très important dans le domaine de la veille. La tâche du veilleur est de savoir ou trouver l'information en recherchant mais aussi en surveillant les sites producteurs d'information.

Les ARIST sont des exemples de veilleurs technologiques. Au sein des Chambres Régionales de Commerce et d'Industrie, ils constituent un réseau unique de 25 agences au service des entreprises. Les ARIST comprennent 135 ingénieurs et documentalistes pluridisciplinaires, spécialistes du traitement de l'information. Leurs compétences pourraient donc être du ressort de celles des docteurs en physique. Ces compétences et le rôle des ARISTs sont les suivantes :

– Rechercher, étudier, surveiller. Les ARISTs doivent favoriser le développement des entreprises : en les orientant vers de nouveaux marchés, procédés ou produits. ils ont à étudier, surveiller, découvrir les nouvelles techniques et technologies permettant une amélioration de la compétitivité des entreprises, répondre aux besoins des entreprises dans le domaine scientifiques, techniques et ceux relatifs à la propriété industrielle et aux normes.
– Utiliser des synergies multiples. L'efficacité des ARIST au service des entreprises repose sur un réseau national aux compétences multisectorielles,

un dialogue permanent avec les différents acteurs de la vie économique et du monde de la recherche et de la technologie et la mise en commun d'informations, d'expériences et de méthodes.

– Bien voir, mieux prévoir. Une prise de décision efficace dépend de la qualité de l'information et de son traitement. Les ARIST recherchent, rassemblent, analysent, et mettent en forme l'information pertinente pour les entreprises, aide précieuse pour une meilleure définition de leur stratégie d'innovation ou de développement. Les ARIST peuvent répondre rapidement aux entreprises grâce à l'accès aux banques de données et à des sources d'information multiples.
– Offrir un accès multiple et permanent à l'information, des études et des synthèses personnalisées, des veilles technologiques sur mesure, une assistance pour le transfert de technologie. Ils doivent assurer des mises en relation avec d'autres réseaux (ANVAR, DRIRE, INPI, AFNOR, conseillers technologiques), orienter vers des aides publiques.

Le e-learning

Le e-learning est un nouveau mode d'enseignement dans lequel l'élève suit les cours par l'intermédiaire d'internet et non plus dans une salle de cours comme cela se fait dans les établissements d'enseignement classique, collèges, lycées ou universités. L'enseignement peut se dérouler sous forme de discussion avec son professeur, il se fait alors en direct. Mais les formations dites «asynchrones» sont encore plus courantes : les cours sont mis en ligne, l'élève suit donc le programme au fur et à mesure que son enseignant les met à disposition. En plus des cours sur lesquels l'élève doit travailler, il lui est proposé de s'exercer sur des exercices et devoirs qu'il peut envoyer via e-mail à son professeur.

En France, l'intégration du e-learning reste encore embryonnaire comparé à nos voisins d'Outre-Atlantique. Une étude portant sur un échantillon de 74 grandes entreprises françaises révèle que seules 8 d'entres elles ont mis en oeuvre des solutions d'e-learning, principalement cantonnées aux langues ou à la bureautique. Aux États-Unis, on observe en effet un véritable engouement pour ces pratiques. L'e-learning représente environ 60% des dépenses de formation aux USA et 92% des grandes entreprises américaines ont déployé cette année un projet de ce type.

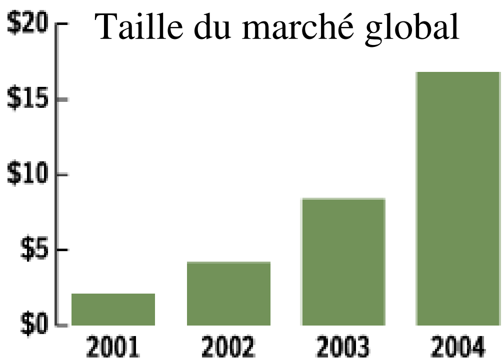
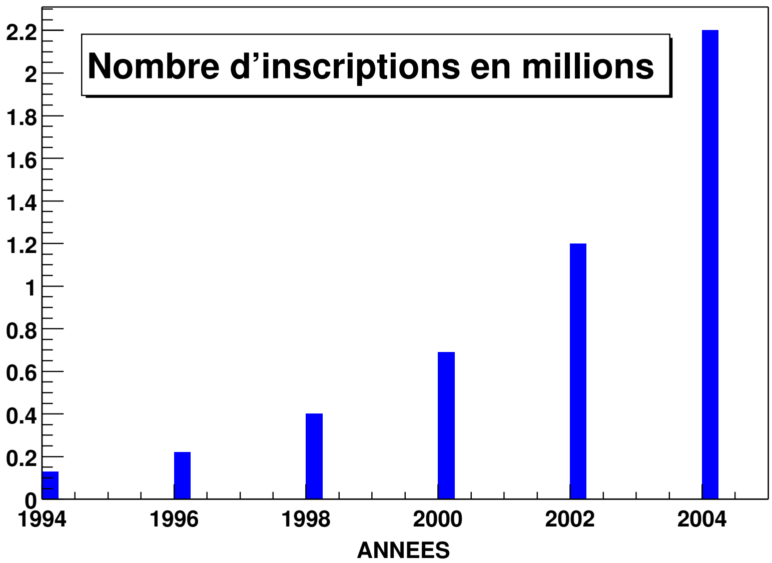


FIG. 3.2 – *Investissement aux États-Unis*

Une étude a montré qu'il existe 150 institutions offrant des cours jusqu'à BAC+4 et 200 pour les niveaux supérieurs. On voit sur le graphique suivant le nombre d'inscriptions aux USA depuis 1994 et le nombre prévu pour 2004.

L'avantage principal par rapport à une formation universitaire classique est d'offrir un enseignement à distance destiné à des personnes déjà engagées dans le monde du travail. En effet, ces dernières peuvent suivre la formation à partir de leur ordinateur quand ils le veulent pendant leur temps libre.

Compétences Beaucoup de compétences différentes sont requises pour remplir les exigences d'un projet d'e-learning. Plusieurs personnes avec des compétences différentes seront en général nécessaires pour aboutir avec succès à un programme d'e-learning formateur. D'une part, les qualités de pédagogie ne doivent pas être oubliées. Les compétences techniques(concernant l'utilisation des ordinateurs et des réseaux d'information) sont également incontournables. Enfin, la créativité



joue un rôle très important dans le dévelopment d'un contenu intéressant et attirant. Au milieu de toutes ces compétences, la plus importante d'entre elles est certainement d'être capable d'intégrer le tout dans un projet stratégique efficace.

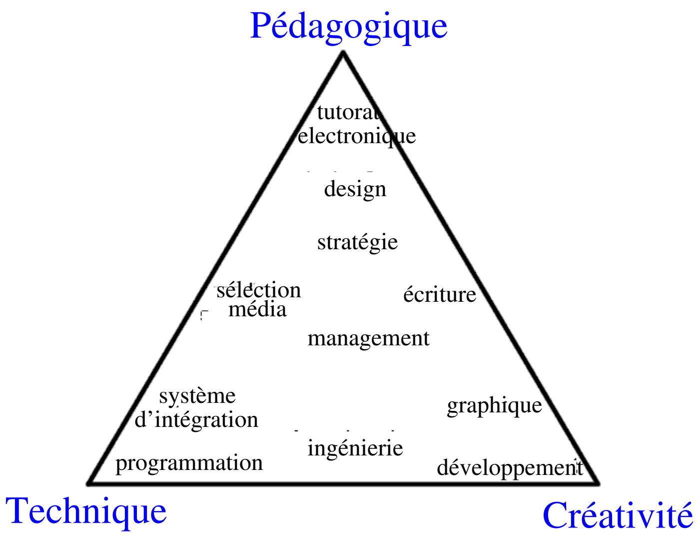


FIG. 3.3 – *Triangle de compétences du e-learning*

Sur le triangle de compétences de la figure 3.3, les compétences se situant dans les coins du triangle sont celles qui sont développées par des professionnels. Ainsi, dans le coin technique, nous trouvons la programmation et l'intégration de systèmes; dans le coin créatif, nous avons les graphiques et le développement audio-visuel.

Rôle du physicien dans l'e-learning.

Comme nous venons de le voir, l'e-learning nécessite l'apport de compétences très différentes par de personnes très diverses. Les compétences d'un docteur en physique sont principalement ses qualités pédagogiques développées pendant sa thèse. Il est capable d'assister et de suivre de près le travail des élèves. D'autre part, on peut considérer qu'il possède en outre la maîtrise des outils informatiques à un niveau très au-delà du niveau moyen des docteurs dans d'autres disciplines. Un docteur en physique pourra donc s'intégrer aussi bien sur le plan pédagogique d'un projet d'e-learning que sur le plan technique, à savoir, le développement de logiciels adaptés et l'intégration de systèmes informatiques.

3.2.3 Modélisation de l'information

Métiers liés à l'INRIA, modélisation biologique de l'information, projet CORTEX

Présentation de l'INRIA L'INRIA a l'ambition d'être au plan mondial, un institut de recherche au coeur de la société de l'information. Sa volonté est de mettre en réseau des compétences et des talents de l'ensemble du dispositif de recherche français dans le domaine des NTIC. Ce réseau permet de mettre l'excellence scientifique au service des progrès technologiques, créateurs d'emplois, de richesse et de nouveaux usages répondant à des besoins sociaux-économiques : 47 projets de recherches sur 87 sont communs avec les universités, les grandes écoles et les organismes de recherche. Cela renforce son implication dans les travaux de valorisation des résultats de recherche et le transfert technologique : 600 contrats R&D avec l'industrie et un peu moins d'une cinquantaine de sociétés sont issues de l'INRIA.

Projet CORTEX Le but du projet Cortex est d'étudier les propriétés et les capacités du calcul neuronal comme un traitement automatique de l'information réalisé sur des bases distribuées, numériques et adaptatives. Plus précisément, cela consiste à montrer que ce type de traitement peut permettre la réalisation de systèmes intelligents, c'est-à-dire être capable d'extraire de la connaissance à partir de données et de manipuler cette connaissance pour résoudre un problème. L'ensemble de ces capacités est obtenu par la mise au point de modèles connexionnistes neuromimétiques développés selon deux sources d'inspiration, les neurosciences (computational neurosciences) et l'apprentissage automatique (machine learning). Ce projet consiste en plusieurs axes de recherche :

- Le développement de modèles neuromimétiques comportementaux dans le but de permettre la navigation autonome d'un robot, en implantant et interfaçant des modèles de cortex associatif (coordination sensorimotrice), cortex frontal (organisation temporelle du comportement) et hippocampe (localisation)
- L'étude de modèles neuromimétiques élémentaires, permettant de revenir au fonctionnement binaire du neurone (émission de potentiels d'action ou spikes). Ce travail se ramène à l'étude de phénomènes temporels au sein d'assemblées de tels neurones.
- L'étude de modèles neuronaux continus classiques et de leur adaptation à des problèmes d'exploration de bases de données, dans la perspective d'une intégration neurosymbolique (extraction et intégration de connaissances).

Dans le cadre de ce projet, l'INRIA travaille en collaboration avec des industriels et des équipes de recherche. Le rapport étroit qui existe entre ce type de projet et la recherche et développement semble parfaitement adapté à l'insertion de doctorants en physique. Dans le projet CORTEX, la voie neuromimétique est privilégiée pour plusieurs raisons. Elle possède intrinsèquement de fortes capacités adaptatives ainsi que des caractéristiques numériques et distribuées, elle facilite le traitement des données perceptives, elle peut facilement être rattachée à des données et des modèles dans les domaines des statistiques et des neurosciences qui étudient le traitement automatique de l'information selon cette même voie neuromimétique. Un doctorant en physique est, de par sa formation, tout à fait apte à faire face aux problèmes engendrés par ce type de travail. En effet, bien souvent au cours de sa thèse, il aura été amené à traiter des quantités importantes de données et à construire des modèles qui rendent compte de ces données. D'autre part, le traitement statistique de données est généralement totalement maîtrisé par un doctorant en physique, puisque de plus en plus, en particulier dans les expériences de physique des particules ou d'astrophysique, les quantités de données augmentent, allant parfois jusqu'à plusieurs Térabytes. Le doctorant en physique aura donc une certaine facilité à s'adapter à ce type de traitement de données et ne sera pas effrayé face à l'ampleur de la masse d'information résultant de ce type d'études. De plus, la capacité de synthèse qu'il a acquise au cours de sa thèse lui sera probablement très utile pour ne pas être dépassé et pour cerner le problème. Le domaine d'inspiration statistique étudié dans ce type de projet fournit des modèles numériques de traitement de l'information permettant d'extraire des connaissances à partir de données. Il souligne également les propriétés de ces modèles telles que la robustesse, les capacités de stockage ou encore la validité des traitements, qui sont essentielles pour les applications réalisées. Encore une fois, la formation doctorale a entièrement préparé le doctorant en physique à ce type de travail. Il aura donc l'avantage d'avoir une certaine expérience en la matière et sa capacité d'adaptation, qui aura été développée au cours de sa thèse lui permettra d'être à la fois rapide et efficace. Le domaine d'inspiration neurobiologique propose des modèles théoriques et des mécanismes élémentaires pour certaines fonctions de traitement de l'information animales ou humaines. Il indique de plus que l'une des caractéristiques essentielles de l'intelligence est de permettre au sujet de donner des réponses satisfaisantes alors qu'il est confronté à des situations complexes, peu structurées et incluant de nombreux paramètres. Encore une fois, le doctorant en physique a développé au cours de sa thèse les qualités nécessaires pour faire face à ce type de problème. Il a en effet appris à utiliser des modèles théoriques et à les confronter avec la réalité, c'est-à-dire les données. Ici, c'est le même type de démarche qui entre en jeu. Le fait d'avoir été confronté au doute lors de sa thèse et d'avoir appris à remettre en question ce que l'on savait implique de plus une certaine ouverture d'esprit et une capacité à se poser les bonnes questions pour avancer. Les thèmes qui sont au centre des travaux du projet CORTEX sont :

L'autonomie : les systèmes doivent apprendre à réaliser leur tâche sans connaissance explicite a priori et sans aide extérieure. On conçoit l'intérêt de cette propriété pour, par exemple, faire face à des situations imprévues dans le cas de la navigation d'un robot ou encore pour compenser les dérives ou les changements de caractéristiques dans le cas d'un capteur intelligent. Dans un certain sens, le doctorant en physique a dû rendre autonomes ses programmes et a également dû faire en sorte de prendre en compte tous les phénomènes physiques ou extérieurs (comme par exemple tout ce qui peut perturber une mesure). Ici, c'est le même type de démarche qui est nécessaire, à savoir qu'il faut penser à tout et faire des tests afin de vérifier si des phénomènes auxquels on n'aurait pas forcément pensé seraient susceptibles d'avoir des conséquences non négligeables sur le bon fonctionnement des systèmes développés. Ce type de tache n'effraie pas le doctorant en physique, par la simple raison que cela a fait entièrement partie de sa formation et qu'il a donc développé au cours de sa thèse les qualités nécessaires pour faire face à ce type de problème.

L'apprentissage : l'exigence d'autonomie conduit à doter les systèmes de capacités d'apprentissage très fortes en abordant les notions de mémoire à court et à long terme, d'apprentissage continu et incrémental, d'apprentissage procédural et déclaratif et de révision des connaissances.

Les tâches cognitives : les réseaux de neurones artificiels ont été longuement étudiés sous l'angle de leurs rapports avec les statistiques et le traitement de données. L'originalité de cette approche est de montrer d'une part que l'on peut étendre leurs domaines d'utilisation à des tâches plus cognitives, comme le raisonnement ou la planification, et d'autre part que l'on peut extraire ou incorporer des connaissances dans les modèles numériques et distribués. Là encore, la formation doctorale en physique a préparé de façon complète et efficace le doctorant, qui est donc tout à fait apte à cela.

La cryptographie

Origine et caractéristiques La cryptographie peut être définie comme l'ensemble des principes, méthodes et techniques dont l'application assure le chiffrement et le déchiffrement des données, afin d'en préserver la confidentialité et l'authenticité. Dans le contexte d'Internet, la cryptographie permet d'assurer la sécurité des transactions commerciales ou bancaires ainsi que la confidentialité des messages transmis, face aux nombreuses possibilités d'interceptions sur le réseau.
Depuis Jules César, qui a été sans doute le premier a l'utiliser pour communiquer avec ses troupes, jusqu'à l'armée allemande qui s'est servie de machines électromécaniques (ENIGMA) lors de la deuxième guerre mondiale, la cryptographie a fait d'énormes progrès avec l'arrivée de l'informatique. Aujourd'hui, la cryptographie se sert de la puissance des ordinateurs et des progrès mathématiques pour rendre tout message incompréhensible par un tiers.

Plus précisemment, la cryptographie répond à différents besoins :

- La confidentialité qui consiste à rendre l'information inintelligible à tous ceux qui pourraient intercepter le message.
- Le contrôle d'accès : qui permet de limiter l'accès aux données, serveurs aux personnes autorisées (mot de passe Unix, par exemple).
- L'intégrité des données qui consiste à vérifier que cette donnée n'a pas été

altérée frauduleusement.

– L'identification qui permet d'assurer de l'authentification des partenaires et de l'origine des message.
– La non répudiation : pour que les partenaires ne puisse nier le contenu des informations.

Fonctionnement général de la cryptographie. Tout système de cryptage est composé d'un algorithme de codage plus ou moins compliqué utilisant ou non une ou plusieurs clés de sécurité et il est, en principe, conçu de manière à être inviolable.

La cryptographie nécessite deux fonctions : Le message en clair est crypté par une fonction d'encryptage et le cryptogramme est décrypté par le destinataire par une fonction de décryptage.

La notion de clé : Afin de permettre le déchiffrage des données, le destinataire utilise un code secret (la clé) qui assure son identité. il existe deux grands types de cryptographie :

– La cryptographie symétrique ou à clé secrète : la même clé (le code secret) est utilisée pour chiffrer et déchiffrer l'information. Le problème de cette méthode est qu'il faut trouver le moyen de transmettre de manière sécurisée la clé à son correspondant.
– La cryptographie asymétrique ou à clé publique : ce n'est pas la même clé qui chiffre et qui déchiffre les messages. L'utilisateur possède une clé privée et une clé publique. Il distribue sa clé publique et garde secrète sa clé privée. Dans ce type d'application, tout le monde peut lui écrire en utilisant la clé publique, mais seul l'utilisateur destinataire pourra déchiffrer et donc lire le message avec sa clé privée.

Applications actuelles.

Confidentialité des données : Le nombre de transactions commerciales, bancaires et personnelles augmente de jours en jours. Pour protéger les données confidentielles qui transitent, plusieurs algorithmes sont utilisés : L'armée américaine utilise depuis 1992 la méthode à clé secrète IDEA. Les particuliers, quant à eux, peuvent utiliser RSA, un algorithme à clé publique pour échanger des informations comme le courrier électronique. Cependant, la longueur de la clé est limitée afin de permettre aux gouvernements de pouvoir déchiffrer le message et ainsi lutter contre les actes hors-la-loi.

Contrôle d'accès : Le plus connu est sans doute le code confidentiel des cartes de crédit. L'authentification par mot de passe dans les systèmes UNIX (algorithme MD5) est une autre application.

Intégrité des données : L'échange de données sensibles par internet nécessite une fonction de vérification de l'intégrité des données. Par exemple, le téléchargement de programme à vocation sécuritaire est accompagné d'un code d'intégrité afin de vérifier si la source n'a pas été altéré par un tiers.

Signature numérique : Elle permet d'identifier sans erreur possible l'auteur d'un message et permet de remplacer la signature traditionnelle.

Futurs développements

Rôle des doctorants : Le rôle des scientifiques dans la cryptographie est très important.

D'une part, les mathématiciens recherchent de nouveaux algorithmes encore plus efficaces. La tendance actuelle se porte sur la théorie des nombres et plus particulièrement sur les nombres premiers. Les algorithmes s'appuient sur le fait qu'il est très difficile de décomposer un nombre de plus de 100 chiffres en facteurs premiers mais qu'il est très facile de multiplier ces nombres premiers pour obtenir le grand nombre représentant le message chiffré.

D'autre part, les physiciens ont aussi un grand rôle à jouer. Tout d'abord, développer des nouvelles techniques pour améliorer la transmission des données. Ce travail se fait en collaboration avec les mathématiciens qui recherchent des codes correcteurs capables de restaurer le message initial en cas de dégradation peu sévère de celui-ci. Ensuite, les physiciens recherchent des nouvelles méthodes de chiffrement en s'appuyant sur les lois physiques de la nature qui ne pourront donc pas en principe être brisées.

Mécanique quantique : l'ultime solution? Il y a principalement deux grandes voies de recherche sur la cryptographie grâce à la mécanique quantique :

- L'ordinateur quantique: il utilise la propriété de superposition d'états quantiques pour effectuer un grand nombre de calculs en parallèles. Cependant, il a ses limites : la lecture brutale de l'état final détruit les autres résultats et limite ainsi l'intérêt de celui-ci. Cependant, un algorithme polynômial pour la factorisation de nombre en ses facteurs premiers a été développé pour l'ordinateur quantique : l'algorithme de Shor. Un tel système serait capable de déchiffrer n'importe quel message chiffré avec des méthodes classiques.
- L'autre voie de recherche est celle de la cryptographie quantique. Elle est née au début des années 70. Elle repose sur le principe d'incertitude d'Heisenberg, selon lequel la mesure d'un système quantique perturbe ce système. Une oreille indiscrète sur un canal de transmission quantique engendre des perturbations inévitables qui alertent les utilisateurs légitimes. Ainsi, il est possible de distribuer une clé secrète aléatoire à deux utilisateurs qui ne partagent initialement aucun secret, de façon sécurisée contre des espions même de puissance de calcul infinie. Une fois cette clé secrète établie, elle peut être utilisée avec un système cryptographique classique. La cryptographie quantique ne nécessite aucune hypothèse comme "P et NP sont distincts", ou "factoriser est difficile". On obtient ainsi des preuves de sécurité reposant uniquement sur la correction des principes quantiques.

Ces deux voies sont en grands progrès depuis quelques années : des scientifiques ont réussi la transmission de systèmes intriqués sur quelques mètres sans perte de la cohérence quantique. D'autres équipes ont réalisé un ordinateur quantique avec 1 qbit (bit quantique) en cavité. Les progrès sont encourageants.

D'autres voies de recherches sont à l'étude: interface informatique et biologie pour le développement de nouveaux types de puces électroniques encore plus rapides, ou encore la chimie ...

Analyste programmeur

L'analyste programmeur est l'homme de l'ombre de l'Internet. C'est la petite main du code informatique sans lequel les sites Internet ne sauraient exister.

Il réalise l'analyse fonctionnelle et organique d'une partie ou de la totalité d'un projet, à partir du cahier des charges et sous contrôle du responsable de service. Sa tâche consiste également à écrire et documenter les programmes correspondants. Un analyste programmeur doit donc connaître les principaux langages de programmation qui régissent la micro-informatique ainsi que les langages propres à Internet. Il assure de plus la maintenance corrective et évolutive des composants développés.

L'analyste programmeur doit actualiser en permanence ses connaissances techniques et suivre l'évolution générale des nouvelles technologies. Le profil attendu est celui de quelqu'un de très méthodique et rigoureux. Il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance de l'environnement technique du système d'information de l'entreprise. Des facultés de communication sont également requises, notamment le sens de l'écoute ainsi que la capacité à s'exprimer clairement et simplement face à des utilisateurs non spécialisés. Il doit présenter aussi des facilités d'adaptation en plus d'une gestion du stress. De bonnes connaissances de l'anglais technique et professionnel sont incontournables.

Un niveau de formation initiale élevé est demandé. L'informatique est un domaine qui fait appel à de hautes qualifications. Cependant, des postes d'analyste programmeur peuvent être proposés à des non-informaticiens (diplômés scientifiques en physique, maths...) avec à la clef une formation sur l'environnement technique dans lequel l'entreprise est spécialisée.

Un docteur en physique présente de nombreuses qualités nécessaires à un tel profil. En effet, au cours de son cursus il acquiert beaucoup de rigueur dans son travail. De plus, grâce à de fréquents séminaires ou présentations auxquels il participe, il présente une certaine facilité de communication avec des publics non obligatoirement spécialisés. La pratique de l'anglais se perfectionne tout au cours de la thèse ainsi que la connaissance du langage informatique.

Outre son niveau d'étude élevé, la formation par la recherche répond aux attentes du métier d'analyste programmeur.

3.3 Des métiers adaptés aux qualités du physicien

3.3.1 La démarche d'investigation

Lors de la recherche de quelques "nouveaux" métiers pouvant être occupés par un doctorant en physique, nous avons commencé par certains points d'ancrage qu'il nous semblait nécessaire de traiter tels l'actuariat et l'analyse financière, étant donnés les liens forts avec la physique statistique. Nous avons ensuite réagi et orienté notre enquête en fonction des réponses que nous avons reçues, principalement à nos sollicitations par courrier électronique. Le taux de réponse a été faible (de l'ordre de trois réponses pour une trentaine de messages envoyés) mais d'excellente qualité, se concrétisant par la suite par de fructueux entretiens. L'imagination pure de nouveaux métiers a été quant à elle plus spéculative et nous nous contenterons d'évoquer quelques pistes qui pourraient être développées.

3.3.2 Les nouvelles technologies de l'analyse financière

Ces métiers et la spécificité de leur composante humaine

Un actuaire est un spécialiste de la statistique et du calcul des probabilités appliqués aux problèmes d'assurance, de prévoyance et d'amortissement. Typiquement, c'est quelqu'un pouvant résoudre des problèmes du type : "Quel doit être le prix de vente optimal d'une assurance vie ?" Ce doit être un spécialiste du futur aléatoire, capable de pouvoir gérer un risque. Les actuaires se tournent de plus en plus vers les domaines de la finance et de l'économie, comportant un vaste pannel de métiers liés à l'étude et la modélisation des transferts d'argent et ce à une grande variété de niveaux. Tous ces métiers réclament des compétences au niveau de la capacité à modéliser le réel et à résoudre les problèmes mathématiques en résultant. Nous allons voir comment des spécialistes éclairés ont pu nous souligner les diverses qualités requises en axant leur argumentation sur le potentiel du docteur en physique.

Les spécialistes contactés

Nous avons effectué des recherches parallèles quant à notre recherche de contacts, c'est-à-dire que nous avons abordé le problème du point de vue du physicien ainsi que du point de vue du professionnel de l'économie. Un physicien, tel Alain Comtet que nous avons rencontré, directeur du [1]Laboratoire de Physique Théorique et des Modèles Statistiques, nous a renseigné sur les compétences d'un doctorant en physique statistique théorique et sur la pertinence des liens avec le monde de la finance. Du côté du monde de l'actuariat, le directeur de l'École d'Actuariat de l'Université de Laval (au Québec) nous a fourni de précieux renseignements sur la façon dont les compétences des physiciens pouvaient être appréciées dans le monde de l'actuariat et outre-atlantique. Des renseignements précieux nous ont été apportés par des gens qui ont sauté le pas : des physiciens ou d'anciens physiciens effectuant un travail dans le monde de l'économie et la finance. C'est le cas de Jean-Philippe Bouchaud, chercheur en physique statistique théorique au CEA de Saclay et co-fondateur de la société "Science & Finance", référence française dans son domaine. Cette société "Science & Finance" propose des services d'analyse financière et de gestion des risques boursiers. Elle est composée d'une vingtaine de personnes dont six physiciens employés à temps plein. Ces physi-

1. LPTMS

ciens sont essentiellement statisticiens mais d'anciennes recrues provenaient de domaines aussi divers que la physique des particules, la gravité quantique, la cosmologie. Marc Swyndegauh, ancien élève du DEA CPM, est aussi analyste financier, chef de projet à la Caisse des Dépôts de Paris.

Des qualités adaptées à la finance

Toutes les personnes contactées ont un même avis sur les qualités à attribuer aux physiciens vis-à-vis de la modélisation financière. Outre leurs connaissances en statistique, les docteurs en physique ont des capacités qui les rendent très attractifs (vis-à-vis des mathématiciens par exemple). J. P. Bouchaud met l'accent sur la capacité des physiciens à résoudre des problèmes complexes. Selon lui, les personnes recrutées ont été amenées pendant leur thèse à se confronter à des problèmes longs et difficiles. La thèse fait alors office de véritable expérience professionnelle à ses yeux. Il nous faut de plus souligner la pugnacité qui est souvent une caractéristique du doctorant. A. Comtet note la grande flexibilité intellectuelle des physiciens par rapport aux mathématiciens : une approche par les faits les pousse à être plus ouverts à des techniques qu'ils n'ont pas l'habitude d'utiliser, par rapport à un mathématicien qui va être un expert des théorèmes qu'il manipule mais qui sorti de ce cadre va répugner à utiliser des outils moins "rigoureux". Il est aussi élogieux quand à la capacité des physiciens à utiliser leurs connaissances pour des cas concrets. Pour lui les écoles de commerce forment aussi des esprits trop rigides. M. Swyndegauh estime même que le lien entre les marchés financiers qu'il a à simuler et le traitement des données de sa thèse sur BaBar sont très étroits. "Il a suffit d'appliquer les mêmes programmes et d'utiliser les mêmes graphes de résultats en substituant *dollar* à *électron Volt* sur les axes", plaisante-t-il.

La formation des analystes financiers, leur avenir

Le milieu de la modélisation financière est actuellement dominé par des mathématiciens. Le souci d'établir des théorèmes mathématiquement rigoureux serait, selon J. P. Bouchaud, la raison historique principale de cette homogénéïté des

formations. Tous nos interlocuteurs contestent cependant la validité des modélisations effectuées par ces mêmes mathématiciens. Ce serait une erreur de traiter les probabilités d'évènements aussi complexes que des comportements de marchés financiers par des fonctions simples telles que des gaussiennes. En effet, même si le comportement moyen peut être bien reproduit, les évènements extrêmes (crash boursiers ou envolées) ne peuvent pas être ajustés par ce type de fonctions : comment un comportement aux origines aussi complexes que les réactions humaines pourrait-il suivre une loin aussi simple ? Or, ce sont ces évènements qui intéressent le plus les institutions financières car ils sont la source des grands gains et des grandes pertes. Des raisons de cohérence mathématique entraînent aussi des conséquences curieuses quant aux prédictions, par exemple le “no-trade theorem” : dans le cadre d'un marché où tout le monde est infiniment intelligent et analyse les actions de ses concurrents, on démontre qu'il n'y a aucun échange : en effet si quelqu'un vend à une condition favorable pour vous c'est qu'il possède une information que vous n'avez pas donc il ne faut pas acheter... Face à de tels modèles, on ne peut que se féliciter des essais de l'application des “théories de jauge” (utilisées en physique pour décrire les interactions fondamentales entre particules) à la finance : là encore l'émergence de ces nouveaux modèles amène les gens à se poser des questions sur leur pertinence.
De plus, Alain Comtet met l'accent sur la rigidité des mathématiciens face aux problèmes concrets. Ce contact avec le réel est pour lui essentiel : ce sont les données qui doivent guider les pas de l'analyste financier pour réaliser un modèle et non pas les résultats d'un modèle qui doivent être comparés aux données. Le point essentiel est l'importance des travaux pratiques lors de la formation du physicien et son habitude de la confrontation des modèles avec les données expérimentales.

C'est sur ce principe que J. P. Bouchaud a établi sa renommée et a permis à "Science & Finance" de produire des modèles statistiques performants. La nouveauté introduite par "Science & Finance" consiste à développer des modèles proches des données. Au lieu d'essayer de comprendre les phénomènes sous-jacents au comportement des marchés boursiers, l'équipe de J. P. Bouchaud s'est évertuée à établir des modèles paramétrés par des bases de données enregistrées sur des places boursières. Cette approche "physicienne" a permis une réelle amélioration des prédictions.

J. P. Bouchaud n'est pas le seul à avoir compris et appliqué cela : c'est la tendance actuelle des établissement financiers selon Marc Swyndegauh. Ce dernier applique ces mêmes méthodes "proches des données" afin d'établir son logiciel de gestion automatique des portefeuilles pour la Caisse des Dépôts de Paris. Il se sert pour cela d'une théorie mathématique directement inspirée des équations de la diffusion.

Il faut cependant noter que ces tendances de la confrontation avec de vraies données issues des marchés financiers sont récentes, sachant que ces données ne sont disponibles que depuis peu de temps. On peut imaginer un bon avenir pour ce type de travaux qui vont progresser, donnant la part belle à l'esprit d'"analyse physique".

Ces tendances ont bien été intégrées par les structures d'enseignement d'actuariat : certains établissements exigent même que leurs étudiants aient une formation de physicien. C'est le cas, par exemple, de l'école d'actuariat de l'université de Laval. M. Jacques, le directeur, est très conscient des avantages d'une formation de physicien, et en parle en termes élogieux : "Les qualités recherchées sont surtout les aptitudes liées à l'utilisation d'outils mathématiques sophistiqués. Généralement, et je caricature, les finissants de mathématiques sont trop théoriques et les finissants de finance ne sont pas formés de manière suffisamment solide en méthodes quantitatives. L'aspect de modélisation mathématique que comporte la physique est certainement l'atout principal. La démarche de résolution de problèmes est également essentielle. A titre d'exemple, aux étudiants qui entrent à l'université Laval en actuariat et qui ne viennent pas d'un programme scientifique, nous réclamons un cours de physique. Inutile de dire que cette exigence soulève beaucoup de questions et de mécontentements auprès des candidats potentiels. Nous y tenons absolument et je leur explique la similarité des démarches dans les deux domaines.”

J. P. Bouchaud lui aussi contribue à la formation du métier d’analyste financier par la physique. Il ne se contente pas uniquement de recruter des physiciens, il fait aussi le choix d’en former dès la thèse. Ainsi, il est sur le point d’encadrer une thèse de physique statistique et de modèlisation dont le cadre d’application sera une base de données boursières disponible, et dont le but serait à terme de développer un modèle de prédiction paramétré par ces données.

Alain Comtet souligne que cet intérêt pour les physiciens trouve un écho important chez les jeunes thésards : de plus en plus de jeunes théoriciens de sa connaissance rejoignent le monde de la finance. Selon lui, cette mutation des comportements est due à une mauvaise politique de la formation scientifique de l’État. L’État s’offre le luxe de former de nombreux jeunes en physique théorique (en très grande majorité très motivés par leurs recherches) et de n’en embaucher que très peu. Ce “réel gâchi de savoir-faire et d’argent” produit, selon Alain Comtet, de nombreuses personnes désabusées par le milieu de la recherche publique et contraintes à s’orienter vers d’autres branches.

Cette évolution vers la finance ne doit pas cacher une certaine imperméabilité du milieu financier français aux docteurs en physique souvent considérés comme d’éternels étudiants.

Le milieu financier français et les docteurs en physique

Malgré les évolutions constatées, la France reste en net retard par rapport aux pays anglo-saxons : les mentalités conçoivent toujours le monde universitaire comme difficilement rapprochable de celui de la finance. Nos interlocuteurs sont unanimes sur ce point.

Le milieu financier français accepte mal les docteurs J. P. Bouchaud insiste beaucoup sur le pragmatisme des instituts financiers anglais et américains beaucoup plus développé que chez les français. Les anglo-saxons acceptent facilement de payer pour donner une chance à un projet de simulation même si celui-ci repose sur des bases heuristiques. Leur logique s'apparente à l'adage “rien à perdre, tout à gagner”. M. Jacques ajoute même que “le milieu bancaire nord américain est vraiment friand de docteurs en physique. Même si ces personnes n'ont pas la connaissance financière requise, leurs employeurs sont tout à fait prêts à la leur fournir”. Les instituts français sont eux plus hésitants. Ces hésitations seraient fortement accentuées par le lobby de certains groupes tels les anciens élèves de l'École Polytechnique dans le monde de la modélisation financière : les universitaires non polytechniciens auraient du mal à trouver leur place, aussi talentueux soient-ils. J. P. Bouchaud illustre ces informations par le cas de "Science & Finance" qui commence à peine à vendre ses services en France malgré sa large clientèle et ses succès dans les pays anglo-saxons. M. Swyndegauh précise que ce rejet de l'universitaire est présent au sein même du milieu financier : un universitaire sous contrat aurait des difficultés plus grandes d'intégration. Les physiciens jouiraient d'une impopularité encore plus grande et, paradoxalement, seraient généralement considérés comme “déconnectés du monde réel”, ce qui peut être une critique pertinente vis-à-vis de doctorants qui passent souvent leurs trois années de thèse sur un sujet très pointu, à partir duquel il peut être quelquefois difficile de faire l'effort de s'ouvrir à autre chose.

Des docteurs timorés La mentalité des instituts financiers n'est pas la seule mise en cause. Il semblerait là encore que trop peu de docteurs soient suffisamment ouverts sur le monde de l'entreprise (notamment celui des finances) qui continue à les apeurer. Lors d'entretiens d'embauche qu'il a fait passer, M. Swyndegauh a noté le manque de dynamisme et de rapidité à être opérationnel des docteurs en physique postulants. Il semblerait que les docteurs soient inhibés par leur représentation simpliste de l'entreprise. La formation doctorale est directement mise en cause à la fois par M. Swyndegauh et J. P. Bouchaud : les thésards ne seraient pas assez ouverts sur le monde de l'entreprise et en développeraient une image diabolisée. Cette idée est soutenue par le recrutement de "Science & Finance" dont tous les physiciens employés sont étrangers : un canadien, un anglais, un sud-africain, un hollandais, un australien y travaillent actuellement.

3.3.3 Test de progiciels

Les capacités en informatique des docteurs en physique nous permettent de leur imaginer un vaste champ d'applications dans le domaine de l'entreprise. Par exemple, le test de progiciels paraît être une des activités appropriées aux capacités des physiciens. Gianni De Domenico, employé à E-Business Information, en résume ainsi les enjeux : "Les problèmes liés aux tests d'applications complexes sont passionnants et peu nombreuses sont les entreprises qui possèdent de véritables méthodologies pour tester leurs applications. D'abord, il faut distinguer les test unitaires de programmes, qui consistent à vérifier que dans tous les cas le programme répond de manière conforme à la demande qui était faite dans le cahier des charges, des tests de performance, qui consistent à vérifier qu'un programme se comporte de façon raisonnable avec un nombre d'utilisateurs simultanés qui correspond à celui attendu en production". Les test de performance doivent mesurer les différents éléments du temps de réponse global d'une application (temps de transport réseau, temps d'accès aux bases de données, temps de calcul de l'application proprement dite) et permettre d'identifier les goulots d'étranglement et ceci en fonction du nombre d'utilisateurs. Cette tâche comporte les mêmes étapes qu'une expérience de physique : identifier les observables, les informations dont on a besoin et déduire ces dernières des premières. Cette méthodologie à adopter correspond ainsi tout à fait aux qualités acquises par un docteur en physique expérimentale lors de sa thèse.

Potentiel des méthodes de physique statistique

Il serait tout à fait possible, comme l'imagine O. Duvoid de E-Business Information, d'inclure l'utilisation des programmes de test de progiciels dans une méthode statistique de test type Monte-Carlo. Il serait effectivement intéressant de pouvoir caractériser le degrés de validité d'un progiciel par rapport au cahier des charges initial sans avoir à tester toutes les combinaisons d'utilisation. Pour cela, l'idée de n'en tester qu'un grand nombre, suffisamment grand pour en aboutir au degré de fiabilité souhaité, qui exploite tout l'espace des configurations des données entrantes semble compétitive.

Conclusion

L'insertion des docteurs en entreprise apparaît plus difficile en France que dans les autres pays d'Europe, les pays anglo-saxons. La France a un statut particulier à cause de l'existence des grandes écoles qui jouissent d'une meilleure réputation que les universités quant à la qualité de la formation.

Cependant, les industriels contactés qualifient de non-sens la comparaison ingénieur-docteur : ces deux profils ne répondent pas au même besoin. Il ressort principalement que les points forts des docteurs se situent au niveau de l'innovation et de la valorisation de découvertes. Ce point de vue est relayé par les associations de docteurs : la formation doctorale permet selon eux d'acquérir de fortes capacités d'innovation, de synthèse de systèmes complexes appuyées par une rigueur et une méthode de travail appréciées.

Il est important de souligner que notre enquête a révélé l'importance de la personnalité du thésard considéré : dans de nombreux cas de figure, ce n'est pas sa formation qui a facilité son embauche mais ses qualités personnelles. Ces conclusions, étant donnés le peu de réponses obtenues et le possible biais introduit par la non représentativité des personnes qui ont accepté de répondre, sont à nuancer. Elles peuvent être considérées comme une première approche au problème considéré.

L'apparition des NTIC a été la source d'une révolution technologique. Cependant, cette révolution n'a pas eu l'impact escompté sur la société : elle n'a pas été restructurée en conséquence. Le potentiel des outils développés semble dépasser largement l'utilisation qui en est faite.

Lorsqu'on explore le panel des métiers des NTIC, on constate que de nombreuses activités sont adaptées aux qualités développées par les docteurs en physique au cours de leur formation. Beaucoup de ces métiers ne valorisent cependant qu'une faible partie des compétences d'un docteur en physique. Certains domaines, comme les nouvelles technologies de la finance, où les physiciens peuvent pleinement s'épanouir sont alors investis par la communauté des physiciens qui y ont démontré leur efficacité.