
Le logiciel : questions industrielles et stratégiques

JEAN-LUC DORMOY

SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
Avertissement.....	3
Introduction.....	5
Qu'est-ce que l'industrie du logiciel ?.....	9
Le constat : le marché	9
La position de l'industrie européenne du logiciel	10
La position européenne dans les autres branches des TIC.....	11
Le matériel.....	11
Les services.....	12
Ce qui n'est pas compté dans ces chiffres	14
L'Internet.....	15
La nature de l'Internet.....	15
Le développement de l'Internet	16
La construction de l'Internet.....	17
L'histoire politique de l'Internet, comparaison USA-Europe.....	18
Aux Etats-Unis.....	18
En Europe.....	19
Epilogue (provisoire).....	21
Pourquoi le logiciel envahit-il tout – et ce n'est pas fini ?	25
La découverte de l'ordinateur : la machine <i>universelle</i>	25
Qu'est-ce qu'une machine ?.....	25
Le coût du contrôle	25
Les plateaux de la balance	26
Et l'informatique comme substitut du travail humain ?.....	26
La tendance à la prééminence du logiciel.....	27
Les marchés du logiciel : assurer leurs conditions d'existence.....	29
Quatre exemples	29

L'interopérabilité des logiciels entre segments ou au sein d'un même segment	29
Les acteurs assurant l'existence des marchés	30
Le logiciel, non pas l'affaire de l'industrie informatique, mais l'affaire de l'industrie	35
Du logiciel jusque dans les vêtements.....	35
Un domaine stratégique.....	36
Analyse des segments du marché du logiciel.....	39
Les outils de conception sont stratégiques : comparaison avec le matériel	39
Le logiciel de base	39
Les logiciels applicatifs : vers la généricité ?.....	40
Les « progiciels »	40
Les « composant logiciels ».....	40
Les logiciels applicatifs : le foisonnement	41
Le logiciel : une industrie <i>archaïque</i> ?.....	41
Le logiciel, une « industrie » ?	41
La qualité et le coût du logiciel.....	42
Au cœur : les environnements de développement.....	43
Améliorer la développement logiciel : changer l'organisation ? Les logiciels libres.	43
Améliorer la développement logiciel : les environnements de développement	44
Un exemple	45
L'action des pouvoirs publics et les grandes initiatives.....	47
La situation aux Etats-Unis	47
La situation en Europe et en France.....	48
ITEA : L'industrie européenne s'organise	50
Non conclusion.....	53
Références.....	55
Annexe A : Extrait du rapport PITAC, première priorité dégagée : les méthodes et outils du développement logiciel	57
Annexe B : Les thèmes (provisaires) du Réseau National sur les Technologies Logicielles (en phase de constitution)	59

Avertissement

Ce document a pour origine une mission qui m'a été confiée par le Département Traitement de l'Information et Etudes Mathématiques à la Division R&D d'EDF, sur le logiciel au sein d'EDF. Le sujet était déjà vaste, pourtant il est vite apparu nécessaire d'élargir encore le champ d'investigation. En effet, la situation de l'industrie du logiciel se distingue des autres par au moins trois aspects : le déséquilibre du marché dû à la domination de l'industrie américaine, la formidable croissance des TIC, et, *last but not least*, la nécessité absolue pour toutes les industries, de toutes les branches, d'élaborer une stratégie spécifique dans ce domaine.

Il était donc difficile de conduire une étude « locale » sans prendre en compte ce contexte. Il fallait l'apprécier, pour permettre ensuite l'élaboration. Et puis, il s'agit là de l'application d'une démarche intellectuelle qui fait partie de notre culture : comprendre le général pour en faire découler le particulier.

Bref, ce document établit un constat sur l'industrie du logiciel et le moment où nous nous trouvons, et regroupe des éléments de réflexion sur la politique qu'à mon sens une entreprise européenne comme EDF devrait adopter. Il ne tente pas une déclinaison de ces orientations à la branche particulière de l'énergie, ce serait le rôle d'un autre travail.

Et puis, ne le cachons pas, l'intention est aussi de tirer une sonnette d'alarme.

Introduction

Combien de fois s'est-on trouvé dans cette situation où, ayant développé un logiciel pourtant de valeur, dont l'entreprise a besoin, pour lequel un marché est susceptible d'exister, et sans concurrence immédiate ou trop forte, on se tourne vers l'extérieur dans l'espoir de trouver un partenaire dont le logiciel est le métier pour... se trouver face à un vide.

Evidemment, la question est ... pourquoi ?

Et puis, d'autres questions méritaient à mon sens d'être posées. Pourquoi, alors que le caractère stratégique du logiciel semble patent, et que l'on a une idée de ce qui devrait être fait et de ce comment il faudrait s'organiser, on constate que ce discours « passe » très difficilement, que les investissements dans les éléments de base du logiciel, comme les outils de développement, sont au bord de l'extinction, que l'on exige de se tourner vers le marché sans tenir compte de la réalité de ce marché, ... ?

Mission impossible à l'externe, sentiment d'incompréhension à l'interne... Il fallait prendre de la hauteur pour comprendre ce qui est à l'origine de cette situation.

C'est ce que j'ai voulu faire avec ce document. Les « découvertes » de l'étude qui y a conduit sont tranchées :

- L'industrie européenne du logiciel est dramatiquement faible. Elle représente environ 7% du marché mondial. 90% du marché est occupé par des sociétés américaines.
- Le logiciel envahit tous les aspects de la vie, et toutes les branches d'industrie. On assiste notamment à l'explosion du logiciel embarqué. Tous les produits incorporeront du logiciel, toutes les industries vont en devenir productrices.
- Le logiciel devient un élément stratégique pour toutes les branches d'industrie. Il est vital pour une industrie de maîtriser, y compris de développer, les logiciels indispensables à son métier. Ceux-ci constituent un élément concurrentiel majeur.
- La faiblesse de l'industrie européenne du logiciel constitue un handicap concurrentiel pour toutes les industries européennes.

La prise de conscience de l'importance du logiciel et du retard de l'Europe en la matière avance lentement, mais avance. Au niveau gouvernemental, l'enjeu de l'Internet semble en voie d'être mesuré, même si le retard en équipement n'a pas commencé à se combler. Le logiciel en tant que tel commence aussi à faire l'objet de plus d'attention, avec une initiative encore certes modeste, mais significative, de création d'un Réseau National des Technologies Logicielles (RNTL).

Au niveau européen, une initiative à notre avis majeure a été prise par 10 sociétés, ITEA – *Information Technology for European Advancement*. Il s'agit d'un programme EUREKA de 8 ans (1999-2006), avec 3,2 milliards d'écus de financement prévu. Dans le document fondateur du projet, ces sociétés indiquent l'enjeu du développement d'une industrie européenne du logiciel pour l'industrie européenne dans son entier, et pour l'avenir des jeunes générations.

La situation n'est donc pas désespérée. Néanmoins, on a le sentiment – les auteurs des rapports sur l'Internet que j'ai pu lire le mentionnent aussi – de « ramer à contre-courant ». Car l'antienne selon laquelle « certes, nous avons du retard, mais nous ne ferons pas les mêmes

erreurs qu'aux Etats-Unis », propos tenus par des dirigeants de grandes entreprises au sujet de l'Internet, ont sans doute encore une grande influence. J'aurais pu ainsi dresser une liste des multiples avis de « bon sens » encore largement partagés, et qui tous invitent à l'inaction. Je m'en suis abstenu, préférant présenter de façon simple et aussi objective que possible les éléments de la situation, et les orientations qu'il serait souhaitable de prendre.

Car, outre tirer une sonnette d'alarme, je propose quelques éléments d'élaboration d'une politique en matière d'investissement dans le logiciel. En particulier, j'insiste sur l'importance des environnements de développement. Avoir un avantage grâce à certain logiciel applicatif c'est bien ; avoir les éléments de productivité permettant de construire à moindre coût et surtout plus vite cette application, et d'autres, c'est mieux. Les outils de développement, ce sont des outils de développement d'applications, mais aussi des équipes de conception à même de faire passer dans la réalité les progrès de la recherche permettant de produire du logiciel moins cher et de meilleure qualité.

Ces premiers éléments ne constituent pas plus qu'une esquisse de ce qu'il conviendrait de faire. Il est clair qu'une réflexion supplémentaire, en relation avec les changements nombreux de l'entreprise en cours, est nécessaire.

Clamart, le 24 novembre 1999.

Constater

Qu'est-ce que l'industrie du logiciel ?

Dans ses décomptes concernant les « Technologies de l'Information et de la Communication »¹, le *Department of Commerce* (DoC) du gouvernement fédéral des Etats-Unis distingue cinq branches. Trois ont trait à l'informatique *stricto sensu* : le matériel, le logiciel et les services ; deux ont trait aux télécoms : les services de télécommunication (exploitants), les matériels (et logiciels) de réseau. En particulier, le logiciel « emballé » vendu par des éditeurs est clairement distingué du service, qui consiste entre autres en des développements spécifiques ou, de plus en plus, en intégration de progiciels.

La tendance en Europe et singulièrement en France est de confondre ces deux branches du logiciel et des services. On trouve ainsi des « Top 500 des SSII et des éditeurs », qui mettent dans un même panier des compagnies comme UbiSoft, exclusivement éditeur de logiciels grand public (des jeux), et les grandes SSII françaises, dont le marché pour certaines se limite majoritairement à une offre de ressources humaines pour les grands comptes.

On peut voir dans cette confusion un voile pudique apposé sur un corps, comme nous allons le montrer, rachitique : celui des éditeurs, proches de l'inexistence. Or, la situation en ce domaine est d'autant plus préoccupante que l'édition de logiciel constitue à notre avis le *cœur* de l'industrie de l'informatique. De plus, nous pensons que non seulement elle a une importance cruciale pour un pays, mais aussi que les entreprises consommatrices de logiciel – les clientes des éditeurs – ne peuvent plus aujourd'hui se désintéresser de sa situation.

Mais avant de rentrer dans l'argumentation, le constat.

Le constat : le marché

	Logiciels applicatifs (progiciels)				Logiciels niveau système et réseau				Outils de développement				Total										
	1998		2003		1998		2003		1998		2003		1998			2003							
	Mar	%	Mar	%	Mar	%	Mar	%	Mar	%	Mar	%	Mar	%	P	M	Mon	Mar	%	P	M	Mon	
ché	se	ché	se	ché	se	ché	se	ché	se	ché	se	ché	se	ché	P	on	de	ché	P	B	on	de	
	g	m	g	m	g	m	g	m	g	m	g	m	g	m	B				B				
	en	en	en	en	en	en	en	en	en	en	en	en	en	en									
	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t										
U.S.	32	52	69	54	14	23	30	24	16	26	28	22	62	.7	48	127	1,3	49					
U.E.	19	47	33	50	10	25	16	24	10	25	17	26	40	.4	31	66	.6	26					
Japon	6	50	12	57	3	25	5	24	3	25	5	24	12	.4	9	21	.6	8					
Monde	66	51	137	53	30	23	58	23	34	26	62	24	130	.3	100	257	.6	100					

Tableau 1 : Les marchés du logiciel emballé. Montants en G\$

Le marché total du logiciel « prêt à porter »² a été de 130G\$³ en 1998, et devrait atteindre 257G\$ en 2003, soit 14% de croissance annuelle. Son taux de croissance est plus élevé que celui des autres segments du marché des TI. Ces chiffres se décomposent en 66G\$ (1998) à

¹ Terme aujourd'hui phare abrégé en « TIC », quelquefois agrémenté de l'adjectif « nouveau », ce qui donne « NTIC ».

² En anglais *packaged software*, quelquefois traduit en français par « progiciel », ce qui n'est sans doute pas assez large pour englober les systèmes d'exploitation ou les logiciels de réseau, par exemple.

³ G\$ = Giga-dollar, soit 1 milliard de dollars.

137G\$ (2003) pour les logiciels applicatifs, 34G\$ à 62G\$ pour les outils de développement et de stockage et d'accès à l'information, et 30G\$ à 58G\$ pour les logiciels de système et réseaux. Le marché américain devrait croître de 62G\$ (1998) à 127G\$ (2003), soit se maintenir en part de marché autour de 48-49% ; celui de l'Union Européenne de 40G\$ à 66G\$, c'est-à-dire baisser en part de marché de 31 à 26% ; le Japon de 12G\$ à 21G\$, soit baisser légèrement en part de marché de 9 à 8%. Les chiffres par segment pour l'Europe sont : de 19 (1998) à 33G\$ (2003) pour les logiciels applicatifs, de 10 à 17G\$ pour les outils de développement, de 10 à 16G\$ pour les logiciels de niveau système. Ces chiffres sont résumés dans le tableau 1.

En Europe, les parts respectives des principaux marchés nationaux étaient en 1998 de 8,2G\$ pour l'Allemagne, 9G\$ pour le Royaume-Uni, 5,6G\$ pour la France, 3,1G\$ pour l'Italie et de 2,3G\$ pour les Pays-Bas⁴.

On peut constater plusieurs choses. Premièrement, le marché américain est en pourcentage du PIB le double de celui de l'Europe et du Japon. On peut noter en ce domaine la faiblesse du marché en France par rapport à d'autres pays européens. Cela signifie que l'industrie et les services américains ont des investissements dans le domaine des TI beaucoup plus forts. Deuxièmement, la tendance est à l'accentuation de ce fossé. En effet, le taux de croissance du marché américain du logiciel empaqueté devrait être de 14 ou 15% jusqu'en 2003, pour 11% en Europe. D'ailleurs, la part du marché mondial représentée par le marché américain reste stable, alors que le marché européen baisse de 31 à 26%. Troisièmement, le marché américain représente à lui seul presque 50% du marché mondial. Si l'on ajoute à cela l'hégémonie des compagnies américaines de logiciel sur le marché mondial, cela signifie que les choix et les politiques industriels se font sur le marché américain, les autres marchés devant suivre. Il est donc difficile pour une industrie européenne non seulement de maîtriser les évolutions du marché, mais même de les prévoir.

En résumé : retard dans les équipements, accentuation dans ce retard si les tendances actuelles se confirment, impuissance face aux évolutions du marché.

La position de l'industrie européenne du logiciel

L'autre élément du constat est la part respective des industries du logiciel américaines et européennes : les compagnies américaines du logiciel détiennent 90% du marché américain, et 67% du marché européen⁵. La domination américaine de l'industrie du logiciel est sans doute la plus forte de toutes les industries, y compris celle du matériel, traditionnellement considérée comme chasse gardée U.S. Autres éléments : dans les 10 premières compagnies de logiciel, seule une est européenne (SAP, Allemagne), une est japonaise (Hitachi), les huit autres sont américaines. Aucune n'est française. Dans les 50 premières compagnies, on trouve en outre Baan (Pays-Bas), Software AG (Allemagne) et Dassault Systems, la première compagnie française. Dans les 100 premières, on trouve comme autre compagnie française Business Objects, qui est en fait quasiment une compagnie américaine, mais avec son siège et ses fondateurs en France. UbiSoft, un éditeur de jeux, aurait en fait un chiffre d'affaires la classant aussi dans les 100 premières – mais elle est oubliée des classements. Ilog serait entre la 150^{ème} et la 200^{ème} place⁶. Il faut noter que le classement masque la disparité des chiffres d'affaire respectifs, sans parler des capitalisations boursières⁷.

⁴ Tous ces chiffres, comme beaucoup d'autres dans ce document, notamment lorsque la source n'est pas précisée, proviennent du *Outlook '99* du DoC.

⁵ Chiffres IDC (*International Data Corporation*).

⁶ Chiffres *Software magazine* de juin 1999 (<http://www.softwremag.com>) et *Logiciels systèmes* de juillet-août 1999 (<http://www.grd-publications.com>).

⁷ On sait que la capitalisation boursière de Microsoft a dépassé un moment celle de General Motors, i.e. était la première au monde. Mais celle-ci représente 20 fois son chiffre d'affaire, et dans les 80 fois ses bénéfices. Microsoft ne constitue d'ailleurs pas le cas le plus extrême. Les « compagnies Internet » comme Yahoo! ou eBay peuvent avoir quelques dizaines de milliards de dollars de capitalisation pour quelques centaines de millions de chiffre d'affaire... et quelque dizaines de millions de déficit. Ces valeurs ont récemment fortement chuté.

Une compagnie européenne qui viserait le seul marché européen, du moins sa part non occupée par des compagnies américaines, viserait donc moins de 10% du marché mondial, ce qui, particulièrement dans le domaine du logiciel, est très insuffisant. Aujourd'hui, il lui faut devenir *de facto* sinon *de jure* une compagnie américaine⁸.

Il faut ajouter à cela qu'une compagnie européenne débutante, mais avec de bonnes perspectives, se fait fréquemment racheter par une grande compagnie américaine. Un des derniers exemples en date est celui de StarDivision, qui vend la suite bureautique StarOffice (concurrente de Microsoft Office). Cette compagnie d'origine allemande, et ayant une branche américaine, avait commencé à percer sur son marché, pourtant largement occupé par Microsoft, en vendant 4 millions de licences de son produit. StarDivision vient d'être rachetée par Sun Microsystems, qui y a probablement trouvé une opportunité dans sa lutte contre Microsoft, et comme complément de son offre de produits « ouverts »⁹. La branche américaine StarDivision Corp. et toutes les activités marketing et de conception sont maintenant intégrées à Sun et basées aux Etats-Unis, à l'exception du marché des pays de langue allemande sur lequel la branche allemande StarDivision Softwareentwicklungs GmbH garde la maîtrise¹⁰...

Laurent Kott, délégué général aux transferts technologiques de l'INRIA, peut ainsi déplorer¹¹ : « Depuis le début de l'année nous avons financé 5 projets [de création d'entreprise...]. Le destin le plus probable de ces entreprises est de disparaître, mais quelques-unes réussissent et d'autres sont rachetées. Il est vrai que la probabilité de rachat par une entreprise américaine est assez élevée car c'est une réalité de l'industrie. Mais ce n'est pas inéluctable... »

En résumé : une industrie logicielle autochtone (européenne et française) proche de l'inexistence.

La position européenne dans les autres branches des TIC

Pour comparer, on peut dresser rapidement le tableau de l'industrie mondiale et européenne dans les autres branches des TIC.

Le matériel

Le marché mondial des ordinateurs était en 1997 de 222G\$, dont 71% pour les PC. Le point saillant de cette industrie est que la majeure partie des composants d'un ordinateur (60% en valeur dans un ordinateur de bureau) est produite en Asie¹², souvent sous contrôle de compagnies américaines, dans une moindre mesure européennes. Les compagnies US de matériel ont ainsi investi 22G\$ à l'étranger en 1996. L'Asie compte pour 80% de la valeur des matériels informatiques importés aux USA (pour le marché domestique ou pour être réexportés assemblés). Cela entraîne sur le marché américain lui-même un déficit important de la balance commerciale dans ce domaine¹³.

La crise asiatique pourrait avoir pour conséquence désastreuse de pousser une grande quantité de fabricants à la faillite, provoquant ainsi une hausse importante des matériels (après une baisse due à une surproduction). Mais, selon un avis exprimé par le DoC, l'action du Fonds Monétaire International devrait permettre d'éviter cette éventualité. La hausse récente du cours des mémoires (attribuée au tremblement de terre de Taiwan) redonne cependant quelque relief à cette hypothèse.

⁸ Ce qui est le cas, sous des formes diverses, de Dassault Systems – allié à IBM – d'Ilog et de Business Objects.

⁹ StarOffice est maintenant *gratuit*.

¹⁰ FAQ about StarOffice acquisition by Sun, <http://wwwswest2.sun.com/products/staroffice/faq.html> .

¹¹ Cité par Les Echos des 10 et 11 septembre 1999.

¹² Depuis peu en Amérique Latine aussi.

¹³ En 1996, la part du matériel informatique produit par les sociétés américaines sur le territoire américain se montait à environ 84G\$. Les importations d'équipements et de pièces, se montent à 68G\$ en 1997. Le *déficit* de la balance commerciale dans ce domaine se monte en 1997 à 27G\$ (41G\$ d'exportations).

Le contrôle du marché assuré par les 5 premiers vendeurs au monde (tous américains) va de 60% pour les machines moyenne gamme jusqu'à 90% pour les mainframes et les PCs de poche. Pour les périphériques (disques durs), le contrôle est de 84%. La plupart des grands constructeurs sous-traitent maintenant la plupart des composants « tout venant ».

La croissance forte devrait continuer, tirée par la construction de la *Global Information Infrastructure* (la déclinaison internationale, vue côté américain, de la *National Information Infrastructure*¹⁴, dont la construction a été lancée aux Etats-Unis en 1993). Le marché mondial devrait atteindre 442G\$ en 2001¹⁵, la croissance la plus forte en équipement Internet étant attendue en Europe. Les exportations américaines devraient augmenter, pourvu que les barrières commerciales continuent de tomber (ITA, *Information Technology Agreement* du 1^{er} juillet 1997 ; ITA-II en cours).

Le marché américain devrait passer de 155G\$ (1999) à 235G\$ (2003), et la balance commerciale se creuser à 70G\$. L'Europe Occidentale devrait voir son marché évoluer sensiblement comme le marché américain, mais à un rythme plus lent (tout de même 17% de croissance en 1997). Le marché de l'informatique y est, selon le DoC, « relativement développé ». Le nombre d'unités installées et vendues se monte à 60% de celui des Etats-Unis. Les 5 principaux vendeurs de matériel y sont (dans l'ordre) Compaq, IBM, Hewlett-Packard, Dell Computer, Siemens-Nixdorf.

Plusieurs constats, et comparaisons avec le logiciel. La domination américaine sur le marché du matériel informatique est évidente, *elle est cependant moins forte que pour le logiciel*. Ainsi, on trouve, outre Siemens-Nixdorf, une compagnie franco-italienne, STMicroelectronics, parmi les 10 premiers fabricants de puces.

Les grandes compagnies de matériel informatique ont su largement déplacer la production des composants « tout venant », c'est-à-dire dont la maîtrise ne comporte pas un caractère stratégique marqué, vers l'Asie, essentiellement. Mais elles ont su aussi garder « à la maison » ce qui est stratégique, à savoir la *conception des processeurs*, qui utilise notamment des logiciels de conception complexes, et dont elles gardent jalousement les secrets.

Les services

Compagnie	Pays	Revenu (G\$)
IBM	U.S.	22,785
Electronic Data Services (EDS)	U.S.	14,441
Hewlett-Packard	U.S.	9,462
Digital Equipment	U.S.	5,988
Computer Sciences	U.S.	5,400
Andersen Consulting	U.S.	4,877
Fujitsu	Japon	4,160
Cap Gemini Sogeti	France	4,104
Unisys	U.S.	3,949
Automatic Data Processing	U.S.	3,567

Résultats des 10 premières sociétés de service (1996)

¹⁴ L'Internet

¹⁵ Chiffre IDC.

On classe dans les services informatiques la fourniture de services informatiques professionnels (applications spécifiques, intégration), de stockage et traitement de données ou de services de réseau, et enfin de services d'information électroniques (BD,...). Les proportions respectives de ces segments de marché sont 70% , 25%, 5%. Dans les 10 premiers prestataires de service mondiaux, on trouve 8 américains, un japonais et un européen (Cap Gemini Sogeti).

Les services représentaient en 1998 aux Etats-Unis 118G\$, soit 1,4% du PIB. Ils employaient en 1996 environ un million de développeurs, on peut penser qu'ils en emploieront le double en 2006, soit presque 2% du nombre total d'emplois. Les exportations se montent en 1998 à 70G\$, pour environ 5G\$ d'importation. La balance commerciale U.S. en ce domaine est donc largement bénéficiaire (65G\$ en 1998). De plus, la vente de services par des compagnies américaines établies hors des Etats-Unis¹⁶ se monte à 62G\$ en 1999, et pourrait atteindre 162G\$ en 2003.

Les services informatiques professionnels devraient croître fortement, sauf peut-être dans le secteur des développements logiciels sur mesure. L'effet devrait être accentué par l'existence d'un large choix de matériels et de logiciels sur étagère, une meilleure compatibilité des matériels, la standardisation des données. Du moins tous ces éléments sont-ils fortement souhaités par les acteurs du domaine, afin de permettre au marché du service de se développer. Mais, évidemment, le facteur le plus important est constitué par le boom de l'Internet, et des divers Intranets et Extranets. Le marché U.S. devrait passer de 94G\$ (1999) à 160G\$ (2003). L'Internet devrait aussi accroître le marché du traitement de données et des services de réseau, qui devrait passer de 34G\$ (1999) à 54G\$ (2003). Enfin, les services d'information électroniques devraient passer de 8 à 16G\$ dans la même période.

Les chiffres précis pour le monde, l'Europe et le Japon nous manquent, mais il est clair que la domination américaine est moins flagrante dans ce domaine. On trouve ainsi un tissu important de SSII en France et en Europe.

Cependant, une des évolutions caractéristiques de ce marché est l'irruption des fabricants ou éditeurs traditionnels. En 1997, IBM aurait tiré environ 25% de son chiffre d'affaire du service ; pour Digital¹⁷, cela se monte à 42%, Oracle 51%, Sybase 46%. Les services sont un des marchés en plus forte croissance parmi ceux des TIC, et les constructeurs ou éditeurs en veulent leur part, qu'après tout ils suscitent par leurs produits . Cela va jusqu'à la promotion de « nouveaux modèles d'affaire », comme par Sun, qui prétend maintenant *donner* son logiciel (cf. NFS, Java, Jini, StarOffice), pour vivre du service ainsi créé. L'évolution réalisée aux Etats-Unis et souhaitée par certains en Europe sur le droit de la propriété intellectuelle protège fortement une société comme Sun, qui a par exemple largement breveté sa machine virtuelle Java ; dans ce cas, le concept de « gratuité » pourrait être tout relatif¹⁸.

En tout état de cause, si cette tendance s'accroît, cela signifie que l'industrie des services sera de plus en plus dépendante de celle de l'édition : si l'on n'est pas éditeur soi-même, il va être plus difficile de vendre du service sur les logiciels des autres. Il y aura pour les acteurs du domaine une grave erreur stratégique à ne pas commettre, à savoir celle qui consisterait à abandonner le terrain de l'édition pour celui des services. En effet, les prévisions de croissance respectives – 8% pour les environnements de développement contre 15% pour les services – pourraient conduire à une telle politique à courte vue.

¹⁶ MOFAs, *Majority U.S.-Owned Foreign Affiliates*.

¹⁷ Digital Corp. a été depuis racheté par Compaq.

¹⁸ L'épisode récent des images gif, où après 10 ans de laisser-faire la société Unisys demande 5000\$ à tout titulaire de site web utilisant ce format au nom du fait qu'elle est propriétaire d'un algorithme qui lui est lié, a réveillé l'attention peut-être endormie d'un large public sur ce problème. Attention cependant à ne pas confondre la gratuité promise par certains éditeurs sur des produits brevetés, et les logiciels libres (*Open Source*) – dont Linux est le phare – placés sous des licences interdisant justement l'appropriation par voie de brevet ou autre.

Ce qui n'est pas compté dans ces chiffres

Les décomptes qui précèdent concernent l'industrie informatique « indépendante ». Or, toutes les branches d'activité économique produisent du logiciel, souvent sans passer par des sociétés de service. L'activité économique liée au logiciel est donc plus importante que les montants cités. Nous n'avons pas trouvé d'étude circonstanciée étudiant ce « marché », mais il est clair qu'il est important. Et l'invasion à venir du logiciel dans les produits manufacturés va accentuer cette tendance.

Un seul exemple : on mentionne en ce moment avec insistance en France et en Europe, et à juste titre, l'importance grandissante du logiciel embarqué. Ce logiciel tourne sur des puces elles-mêmes embarquées. Or, celles-ci sont largement majoritaires : on aura vendu en 1999 dans le monde autour de *5 milliards de puces*, pour quelques centaines de millions d'ordinateurs au plus. Ces puces sont dans nos appareils électroniques, bien sûr, mais aussi dans nos voitures, bientôt dans nos vêtements.

L'Internet

Dans un document traitant de l'industrie du logiciel en général, il était impossible de ne pas traiter de l'Internet. Et puis, la situation du logiciel est à l'image de celle de l'Internet. La principale différence est que la prise de conscience sur le logiciel est en retard. C'est cette exemplarité qui nous a incité, sans intention d'exhaustivité, à extraire quelques traits saillants illustrant notre propos.

La sonnette, puis la sirène d'alarme tirée par de nombreux spécialistes depuis plusieurs années au sujet du sous-développement de l'Europe, et particulièrement de la France, quant à l'installation et l'utilisation de l'Internet, commencent à être entendues. Deux rapports récents ont paru à ce sujet, celui de Jean-Michel Yolin sur « Internet et les PME »¹⁹, et le rapport de Jean-François Abramatic, président du W3C²⁰, sur « Développement technique de l'Internet »²¹.

La nature de l'Internet

Tout d'abord, l'Internet est fondamentalement une *architecture logicielle*. Sur des supports très divers, passent des paquets d'octets organisés selon un protocole particulier, TCP/IP, qui constitue justement l'Internet. La « signification » de ces octets est connue, traitée, assimilée par les deux extrémités – l'émetteur et le récepteur – mais pas par les éléments intermédiaires du réseau. On a donc une double indépendance : de l'information circulant par rapport aux supports physiques où elle circule²² ; du sens de cette information par rapport au mode – logiciel – de transmission. Cela signifie que, sans changer en rien le support physique, on peut changer le protocole de transmission²³, voire l'expérimenter ; que les éléments matériels intermédiaires du réseau – ceux qui traitent l'information au niveau des paquets d'octets – peuvent être des ordinateurs conventionnels qu'il est loisible de reprogrammer selon les besoins ; enfin, que le contenu de l'information est indépendant de ces évolutions du réseau et de son protocole, et subsiste donc²⁴.

Conséquence : *tout* peut circuler sur l'Internet, notamment les données et programmes relatifs à certaines applications, comme le courrier électronique ou le web²⁵. Tout le monde sait aujourd'hui que les signaux analogiques aussi sont digitalisables. L'Internet a le même caractère *d'universalité* que l'ordinateur programmable lui-même. Donc, son utilisation *aussi* sera universelle dès que la « masse critique » aura été atteinte. Il ne faudra pas attendre longtemps. Le débit mondial de l'Internet aura dépassé le débit de la voix en 2000, et devrait représenter 15 fois celui-ci en 2004²⁶. Le débit de la voix devrait donc devenir marginal... et

¹⁹ *Internet et PME, mirage ou opportunité ? Pour un plan d'action*. Rapport de la mission conduite par Jean-Michel Yolin, version provisoire du 30 août 1999, <http://www.cgm.org>.

²⁰ Le W3C, ou *World Wide Web Consortium*, est l'organisme qui est en charge de la définition et des évolutions techniques d'Internet.

²¹ *Développement technique de l'Internet*. Rapport de la mission confiée à Jean-François Abramatic par Christian Pierret, Secrétaire d'Etat à l'Industrie, <http://mission-dti.inria.fr>.

²² Les supports physiques sur lesquels est mis en œuvre TCP/IP sont multiples ; le slogan est *IP on everything*.

²³ C'est d'ailleurs ce qui va se faire avec les nouvelles versions d'IP, notamment IPv6, qui doit intégrer des éléments concernant la voix et la « qualité de service ».

²⁴ Le W3C a notamment défini le nouveau langage XML, qui doit à terme remplacer HTML, et qui permettra à des programmes *ad hoc* de traiter l'information au niveau de son *contenu*, plutôt que par des recherches de mots-clés comme avec HTML actuellement. On parle alors de *web sémantique*.

²⁵ On confond souvent le web (la toile) et l'Internet. Le web est *une* des applications construite au-dessus de l'Internet, qui repose sur les navigateurs universels comme Netscape, Internet Explorer ou Amaya.

²⁶ J-F Abramatic : « Le coût de transport sera divisé par 10 entre 1998 et 2000 et par 300 entre 1998 et 2003 (divisé par deux tous les semestres), dans le même temps la capacité d'écouler du trafic IP, doublée chaque semestre, passera de 18 Péta octets par mois en 1998 à 6000 Péta octets (un Péta = un million de milliards) par mois en 2002. Sur la même période, l'infrastructure nécessaire au trafic téléphonique, qui croît de 12% par an, passera de

son coût aussi. Un problème urgent pour les exploitants historiques de télécommunication. Certains prétendent ainsi qu'il ne restera d'ici quelques années que 3 opérateurs internationaux, dont aucun historique.

Le développement de l'Internet

Le développement de l'Internet est provoqué par les nouvelles applications. La plus en vue est le commerce électronique, qui a décollé aux Etats-Unis, et dont on attend une croissance exponentielle. Mais ce n'est pas la seule. L'échange d'information au sein d'une entreprise ou avec ses fournisseurs ou ses clients représente un potentiel de développement énorme. D'ailleurs, le trafic des entreprises représente aujourd'hui 60% du trafic total, et devrait augmenter jusqu'à atteindre 80%, ce qui relativise l'accent mis exclusivement sur le commerce électronique. On peut ainsi se référer au réseau mis en place depuis plusieurs années par les constructeurs automobiles américains avec leurs fournisseurs via lequel *toutes* les données de conception sont échangées : une sorte de gigantesque Intranet/Extranet²⁷, qui pourrait d'ailleurs servir de modèle à un éventuel futur *Business Class Internet* offrant des garanties de débit, notamment, aux entreprises²⁸. Internet peut aussi constituer le support d'une vaste téléopération des équipements (production, distribution). Un autre exemple : les *call centres* comptent actuellement environ 1 000 000 d'employés en Europe, 100 000 en France ; or, des bases de connaissances à disposition du public sur l'Internet permettraient d'éliminer les appels les plus simples, soit au moins les deux tiers.

En tout état de cause, l'intrusion de l'Internet dans l'entreprise impliquera une révision complète de son procès d'affaire. Cela peut aussi entraîner une remise en cause profonde des habitudes hiérarchiques : un Intranet complètement contrôlé « par le haut » ne remplit pas sa fonction, une liberté de « publication interne » doit être laissée aux agents de l'entreprise. L'accès des personnels au web ne doit pas être limité, mais au contraire encouragé, car c'est faire là œuvre de *formation*²⁹. A tous les niveaux de compétence, il sera demain nécessaire de maîtriser l'utilisation du web, y compris en y intervenant de façon active (publication). Mentionnons ainsi que les Etats-Unis, qui sont arrivés à un développement de masse de l'Internet nettement en avance sur le reste du monde, s'inquiètent maintenant du « *Digital Divide* »³⁰ entre les – seulement ! – 25% de la population pratiquant l'Internet couramment, et le reste : il est un objectif stratégique reconnu que *toute* la force de travail doit être demain *Internet fluent*.

Rappelons enfin que l'Internet ne vise pas uniquement à satisfaire les besoins des entreprises. Ainsi, le W3C est-il fondé sur des objectifs « humanistes » ; les objectifs du web, pour cet organisme, sont de

- rendre l'accès aux informations universel, i.e. accessible à chacun quelle que soit sa langue, sa culture, ses capacités intellectuelles et physiques et les moyens techniques disponibles.
- faire en sorte que les machines puissent tirer parti des informations pour effectuer des tâches répétitives au service de l'utilisateur.

l'équivalent de 300 Péta octets par mois à 490 Péta octets par mois et sera dépassée par IP à partir de 2000 (source : Datamonitor) »

²⁷ ANX, *Automotive Network Exchange*, a « *Virtual Private Network* ».

²⁸ Garanties rangées sous le nom générique de QoS, *Quality of Service*.

²⁹ Ne pas confondre l'accès au courrier électronique, qui tend à se généraliser, et l'accès au web et à toutes les applications de l'Internet, dont on a pu constater qu'il est volontairement limité.

³⁰ *Falling Through the Net : Defining the Digital Divide*. Rapport du DoC, juin 1999. Citons les premières phrases d'introduction de W.M. Daley, le Secrétaire d'Etat au Commerce « *With the emerging digital economy becoming a major driving force of our nation's economic well-being, we must ensure that all Americans have the information tools and skills that are critical to their participation. Access to such tools is an important step to ensure that our economy grows strongly and that in the future no one is left behind...* »

Bref, l'Internet a une importance majeure. Vu le déferlement médiatique à son sujet – pas toujours bien informé – on pourrait avoir la contre-réaction selon laquelle tout cela est bien exagéré. Ce serait se méprendre totalement. Ce serait aussi se méprendre que de voir dans l'Internet un phénomène de la même nature que le téléphone portable ou la télévision numérique, par exemple³¹. Il y a plusieurs ordres de grandeur de différence. En fait, la « téléphonie mobile » sera demain tout simplement un des vecteurs matériels de l'Internet, parmi d'autres – et le transport de la voix un service marginal, parmi d'autres, et proche de la gratuité.

La construction de l'Internet

Evidemment, une telle augmentation de débit nécessite à la fois de nouveaux équipements de réseau et des progrès techniques. Ainsi, chaque nouveau câble sous-marin (fibre optique) intercontinental posé est-il plus puissant que la somme de ses prédécesseurs. Or, selon le rapport Abramatic, « C'est sur des prévisions qui à l'époque voyaient dans l'augmentation du trafic téléphonique la source principale de croissance que se sont basés les opérateurs existants de télécommunication, aux Etats-Unis, et surtout en Europe, pour investir massivement dans ATM comme technologie de leurs réseaux à 155 Mbit/s à partir de la première moitié des années 90. Malheureusement, si ATM est approprié lorsque le trafic est constitué majoritairement de voix, il est inadapté lorsque le trafic est majoritairement constitué de données, ce qui est et sera de plus en plus le cas avec l'explosion du trafic lié à l'Internet. Une opportunité stratégique apparaît, favorable aux opérateurs émergents qui s'appuient sur une unification autour de IP, réputé plus adapté au transport de données. Les opérateurs historiques se trouvent pris en porte-à-faux par des investissements élevés et des offres inadaptées. » On en est encore à installer du 155Mbit/s en Europe, alors que les liaisons aujourd'hui construites au sein des Etats-Unis ou à travers les océans sont de l'ordre de 10Gbit/s³². Ainsi, lorsque l'on envoie un courrier électronique de Paris à Bruxelles, il y a au moins 9 chances sur 10 pour qu'il passe par les Etats-Unis. Les Etats-Unis sont clairement au centre d'une « toile » mondiale aujourd'hui en étoile³³.

Le retard en Europe en terme d'infrastructures matérielles est donc patent, et on doit s'inquiéter de l'absence d'initiatives pour le combler. Selon Jean-François Abramatic, « l'avance prise par le marché américain [des équipements] est telle que toute initiative prise par une société européenne doit être confrontée au déploiement aux Etats-Unis pour accéder aux volumes nécessaires à la rentabilité. »

Mais, comme on l'a dit, au-delà des indispensables équipements matériels (lignes), l'Internet est avant tout une infrastructure logicielle. Or, la domination de l'Amérique du Nord en ce domaine est encore probablement plus forte, cette situation étant renforcée par le fait que, si il existe des industries traditionnelles des équipements et de l'exploitation des réseaux de télécommunication en Europe et au Japon, l'industrie logicielle y est particulièrement faible. Toujours selon J-F Abramatic, « si l'Europe et la France se contentent de faire jouer la règle unique du marché au nom du respect de la dérégulation, l'avantage américain est tel que l'écart devrait continuer à se creuser en faveur des nouveaux entrants (MCI, WorldCom, Cisco, AOL/Netscape, Yahoo!, ...) ou des leaders reconvertis (Microsoft, Sun, IBM, ...). Aujourd'hui, la priorité opérationnelle donnée à la mise en œuvre de la dérégulation des télécommunications constitue un frein au développement de l'Internet. »

³¹ C'est notamment la conception de la convergence « à égalité » entre l'informatique, le téléphone et la télévision ; il y aura convergence autour de l'Internet.

³² 1Mbit/s = 1 million de bits par seconde, 1Gbit/s = 1 milliard de bits par seconde. Donc, 10Gbit/s représente un trafic environ 65 fois supérieur à un trafic de 155Mbit/s !

³³ Les chiffres (Datamonitor, cités par J-F Abramatic) : « US : le débit des réseaux commerciaux disponibles vont de 622Mbit/s à 10Gbit/s. Les nouveaux fourreaux de 10 à 100 fibres utilisées à 2,5 à 10 Gbit/s, extensibles à 40Gbit/s. La desserte des universités et centres de recherche est entre 43 et 155 Mbit/s. En Europe : L'offre commerciale porte au mieux sur le 155Mbit/s, plus souvent 34Mbit/s. Le prix d'une ligne 34Mbit/s typique entre deux capitales est celui, au même moment, d'une ligne à 155Mbit/s aux USA.

De plus, au-delà des « simples » aspects industriels et économiques, « cette situation a pour conséquence de rendre de plus en plus importante la dépendance technologique (achat de produits américains) et culturelle (adoption des paradigmes d'usages américains). » Notons que « les opportunités existent cependant d'apporter de nouvelles solutions ou fonctionnalités au gré du déploiement de nouvelles applications. » C'est la conséquence de la souplesse de l'Internet due à son universalité : une nouvelle application « tueuse » peut supplanter les anciennes applications, et permettre un retournement rapide des rapports de force entre les acteurs du domaine.

Terminons sur une note plus optimiste : « Le positionnement meilleur sur les autres technologies de la convergence (télécommunications et audiovisuel) peut permettre de saisir les opportunités nouvelles. [...] La France, comme le reste de l'Europe, est quasiment absente du marché des principaux composants matériels utilisés en informatique traditionnelle. Des compétences françaises sont toutefois présentes sur le marché de l'informatique embarquée, avec un certain succès. [...] Même si le marché des matériels et des logiciels liés à l'Internet reste dominé par l'Amérique du Nord, la France possède néanmoins quelques atouts pouvant être exploités dans certains domaines précis. »

Encore faut-il en avoir la volonté, disons-le, politique.

L'histoire politique de l'Internet, comparaison USA-Europe

On a assez largement décrit les origines techniques de l'Internet : le réseau militaire ArpaNet qui devait fonctionner même en cas d'attaque nucléaire ; le réseau universitaire soutenu par la NSF ; puis l'Internet « commercial » explosant dans les « années 90 ».

Oui, mais qu'est-ce qui a provoqué cette explosion ?

Aux Etats-Unis

En 1993 paraît le document « *The Administration's Agenda for Action* » lançant la construction de l'Infrastructure Nationale de l'Information (NII³⁴). Même s'il n'est pas encore sûr à l'époque que le protocole IP – *Internet Protocol*, qui définit l'Internet – l'emportera, l'objectif est néanmoins clairement la construction d'un réseau universel de transport de l'information. L'information analogique digitalisée (voix, image) pourra et devra aussi être transportée sur ce réseau. Mais cet objectif est « marginal » : il s'agit avant tout de permettre l'échange d'information et de connaissance via la nouvelle infrastructure nationale. Baptisée quelquefois « autoroute de l'information », cette infrastructure a pris le nom du protocole IP, qui s'est imposé : l'Internet.

Comment est présenté ce document ? Premièrement, il est tourné vers le citoyen américain : on lui décrit ce qui deviendrait possible si un vaste réseau informatique national existait : éducation, connaissance (bibliothèques), santé, travail à distance, « affaires électroniques », notamment pour les petites entreprises, loisirs (vidéo, musique, courses), information directe du gouvernement, des autorités et des organisations d'affaire. Deuxièmement, on décrit le propos : l'information est la ressource principale du temps présent, celle qui a permis aux Etats-Unis de se hisser à la première place, celle sur laquelle repose 2/3 des emplois américains. Troisièmement, le citoyen est en droit d'attendre de l'Administration qu'elle lance une initiative pour la construction de l'indispensable infrastructure nationale de l'information permettant tout cela.

Ensuite, les moyens sont décrits. L'objectif est d'obtenir 50G\$ d'investissements annuels (privés) dans les télécommunications – sans compter les investissements informatiques dans toutes les branches d'activité. Si l'essentiel de l'investissement doit être privé, l'Etat a un rôle essentiel à jouer, et s'engage à investir 1 à 2 G\$ par an.

³⁴ *National Information Infrastructure.*

Les grands objectifs du programme sont : 1/ la création d'un marché et l'aide au secteur privé (changement de réglementation, aide par des mesures fiscales pour l'investissement dans la R&D), 2/ l'extension de la notion de « service universel »³⁵, avec aide pour les régions « non rentables », 3/ la promotion de la R&D sur fonds fédéraux (continuer le *High-Performance Computing and Communications Program*, mettre en œuvre le programme de projets pilotes NII), 4/ promouvoir un « *seamless network* » (réseau sans couture), notamment en agissant sur la définition de standards, et leur acceptation par l'industrie, 5/ travailler sur la sécurité des données (*privacy, encryption*) et la fiabilité du réseau, 6/ améliorer la gestion du spectre de fréquences radio, 7/ adapter la loi sur la propriété intellectuelle, 8/ impulser la coordination entre les agences fédérales et les autres niveaux de gouvernement (états, local) sur les objectifs du programme. A l'international, il s'agit d'ouvrir les marchés étrangers, 9/ améliorer l'accès à l'information et aux marchés gouvernementaux.

Plusieurs organismes sont créés (IITS, ACNII) ou renforcés (NTIA, FCC)³⁶. Les grands *departments* aussi sont mis à contribution. Ainsi, le DoD va créer 14 centres dans le pays pour promouvoir l'utilisation de l'Internet par les entreprises, notamment les petites et moyennes ; mais ces centres ne se contentent pas de diffuser des brochures et d'organiser des réunions de présentation, ils sont là pour soutenir les entreprises qui devront à partir d'une certaine date *consulter et répondre aux appels d'offre du DoD sur l'Internet, exclusivement*. L'initiative connaîtra un succès certain.

On connaît le résultat : 5 ans plus tard, il y a environ 50 millions « d'internautes » aux Etats-Unis, aujourd'hui (automne 1999) environ 80 ou 90 millions, les dorsales de plusieurs dizaines de Gbit/s ont été construites, etc.

En Europe

En 1994, au congrès international sur les télécommunications, Al Gore, le Vice-Président des Etats-Unis, propose de s'engager dans la construction d'une *Global Information Infrastructure*. L'Union Européenne prend l'initiative de constituer un groupe « d'experts de très haut niveau » pour répondre à l'initiative américaine. Ce groupe est dirigé par Martin Bangemann, président du FDP allemand de 1985 à 1988 et ministre de l'Economie de la République Fédérale de 1984 à 1989, membre de la commission depuis 1989, chargé dans l'équipe Delors II de l'industrie, des technologies de l'information et des télécommunications. Parmi les autres membres du groupe, on trouve entre autres Pehr Gyllenhammar, CEO de Volvo, Lothar Hunsel, patron de T-mobil, la filiale de téléphonie mobile de Deutsche Telekom, Pierre Lescure, patron de Canal+, Sir Peter Bonfield, Chief Executive chez BT, Carlo di Benedetti, Pascual Maragall, maire de Barcelone et organisateur des Jeux Olympiques de cette ville en 1992, et leader du Parti Socialiste Catalan, le Vicomte Etienne Davignon, Chairman de la Société Générale de Belgique, Jean-Marie Descarpentries, PDG de Bull, Hans-Olaf Henkel, Président de la Fédération des Industries Allemandes, Anders Knutsen, Managing Director de Bang & Olufsen, et Romano Prodi, qui deviendra plus tard président du conseil italien puis président de la commission européenne.

Ce groupe produira un rapport, appelé le rapport Bangemann, le 26 mai 1994. Les recommandations sont mise en exergue au début du document (citées *in extenso*) :

« **An Action Plan** – summary of recommendations

This report urges the European Union to put its faith in market mechanisms as the motive power to carry us into the Information Age.

³⁵ Il y aurait beaucoup à dire de la notion américaine de *universal service*, qui tire son origine d'un Acte de 1934 relatif aux télécommunications, et dont l'essence s'inspire de l'histoire particulière des télécommunications aux XIXème et début du XXème Siècle aux Etats-Unis. C'est cette notion qui a été adaptée à l'Europe pour se substituer à celle de service public.

³⁶ *Information Infrastructure Task Force, Advisory Council on the National Information Infrastructure, National Telecommunications and Information Infrastructure (DoC), Federal Communications Commission.*

This means that actions must be taken at the European level and by Member States to strike down entrenched positions which put Europe at a competitive disadvantage :

- It means fostering an entrepreneurial mentality to enable the emergence of new dynamic sectors of the economy
- It means developing a common regulatory approach to bring forth a competitive, Europe-wide, market for information services
- It does NOT mean more public money, financial assistance, subsidies, dirigisme, or protectionism.

In addition to its specific recommendations, the Group proposes an Action Plan of concrete initiatives based on a partnership between the private and public sectors to carry Europe forward into the information society. »

Ces objectifs sont déclinés sous leurs divers aspects (économiques, sociaux, organisationnels). En particulier, la dérégulation des télécommunications doit être accélérée.

Les domaines d'application évoqués sont : le télétravail, l'enseignement à distance, un réseau pour les universités et la recherche, des services télématiques pour les PME, la gestion du trafic routier, le contrôle aérien, les réseaux de santé, appels d'offre électroniques, accès aux documents de l'administration, un réseau européen des administrations, des autoroutes de l'information locales (vidéo, shopping, ...).

Concrètement, les applications vont de la téléconférence au « perfectionnement » de l'échange de données ou du télécommerce. Sur un plan technique, si l'ISDN (RNIS en français) est un premier pas, on doit développer l'ATM³⁷, qui est la voie vers le multimédia (voix, vidéo).

Le cœur même du sujet, ou du moins ce qui devrait le constituer, est abordé vers le milieu du document sous le titre *New basic services are needed*. Il y est dit (passage souligné par nous, passage en gras d'origine) :

« INTERNET is based on a world-wide network of networks that is not centrally planned. In fact, nobody owns INTERNET. There are now some 20 million users in more than 100 countries. The network offers electronic mail, discussion fora, information exchange and much more. INTERNET is so big, and growing so fast, that it cannot be ignored. Nevertheless, it has flaws, notably serious security problems. Rather than remaining merely clients, we in Europe should consider following the evolution of INTERNET closely, playing a more active role in the development of interlinkages.

The Group recommends urgent and coherent action at both the European and Member State levels to promote the provision and widespread use of standards, trans-European basic services, including electronic mail, file transfer and video services.

The Commission is recommended to initiate the creation of a « European Basic Services Forum » to accelerate the availability of unified standards for basic services. »

En résumé, l'impact de l'Internet comme réseau universel et support de l'infrastructure de l'information, n'a pas été compris et analysé. En fait, on a surtout parié sur une augmentation du trafic voix – et un développement concomitant du téléphone portable - et une multiplication des chaînes de télévision et du « pay per view » à distance.

³⁷ *Asynchronous Transfer Mode*, protocole de transfert plutôt adapté à la voix, et qu'il s'avère aujourd'hui difficile de « marier » avec l'Internet.

Cinq ans plus tard, cet Internet, que l'on ne peut décidément pas oublier, envahit le monde, notamment grâce à une application développée en Europe : le web (et rendra sous peu le trafic voix marginal).

Epilogue (provisoire)

[L'Alsace, 09/07/99] : « Les Quinze ont demandé que la Cour de Justice se saisisse du cas du commissaire européen aux télécommunications, l'Allemand Martin Bangemann, qui a accepté un contrat avec Telefonica (Espagne) avant la fin de son mandat, alors que l'article 213 du Traité d'Amsterdam interdit aux membres de la Commission d'exercer aucune autre activité professionnelle rémunérée ou non. »

Outre ce genre d'élément, que l'on peut qualifier d'épiphénomène, on notera malheureusement que la politique de l'Union Européenne n'a pas suffisamment évolué depuis. En particulier, le rôle crucial de l'Internet n'est toujours pas pris en compte, le mythe de la convergence « à égalité » entre l'informatique, le téléphone et la télévision servant toujours de support conceptuel principal, alors que, si convergence il y a, le rôle déterminant est joué par l'Internet comme réseau universel et architecture logicielle.

Un tournant rapide et déterminé d'orientation serait souhaitable. Ce seront peut-être les industriels qui l'accompliront (cf. ITEA).

Comprendre

Pourquoi le logiciel envahit-il tout –et ce n'est pas fini ?

Beaucoup de personnes tentent de donner leurs raisons à l'explosion des TIC. Parmi de multiples facteurs, il nous semble que le plus important est celui qui est *définatoire* de l'ordinateur : son *universalité*.

La découverte de l'ordinateur : la machine *universelle*

Les principes de l'ordinateur ont été découverts dans les années 30 par des mathématiciens investis dans les fondements des mathématiques et de la logique. La théorie repose sur une double idée. Premièrement, on a pour la première fois un modèle général de ce qu'est une *machine*. Certains protagonistes de cette découverte iront même jusqu'à affirmer que ce modèle recouvre toute idée de procédure systématique (thèse de Church).

Deuxièmement, il existe certaines machines qui sont *universelles* : elles peuvent simuler le fonctionnement de n'importe quelle machine pourvu qu'on leur fournisse un *texte* ad hoc représentant celle-ci, c'est-à-dire un *programme*. Ce sont ces machines universelles que l'on appelle aujourd'hui *ordinateurs*. Si cette découverte scientifique majeure a été rendue possible par les travaux de Kurt Gödel, dont son fameux théorème d'incomplétude de 1931, c'est à Alan Turing que l'on doit l'idée de la mécanisation, de la machine universelle, et les résultats théoriques fondamentaux à ce sujet.

Pour ses acteurs, les conséquences de cette découverte ne font aucun doute. Toute activité matérielle ou humaine pouvant faire l'objet d'une définition procédurale précise pourra faire l'objet d'un programme, pourvu évidemment que l'on dispose d'une machine universelle.

Qu'est-ce qu'une machine ?

Il faut en effet s'entendre sur le mot *machine*. Une acception du terme est : procédé construit par l'homme par lequel sa force est démultipliée. C'est la machine en tant que source d'énergie pour agir sur le monde matériel, son muscle. La machine à vapeur, le moteur à explosions ou électrique en sont des déclinaisons.

Un autre aspect est son *contrôle*, son système nerveux. Celui-ci était assuré le plus souvent par l'homme ou un mécanisme *ad hoc*. Par exemple, la régulation permettant au piston de la machine à vapeur de revenir à sa position d'origine était initialement assurée par un ouvrier. C'est seulement plus tard qu'on a eu l'idée d'utiliser le mouvement créé par le piston pour établir cette rétroaction, via un mécanisme ingénieux. Donc, même dans la machine à vapeur, pur « muscle mécanique », le contrôle est essentiel.

Le coût du contrôle

Avant l'ordinateur, le contrôle avait toujours été assuré par l'homme, ou par des mécanismes analogiques. Dans ce dernier cas, il fallait non seulement concevoir ce contrôle (quel contrôle veut-on, le « quoi »), mais aussi concevoir un artefact matériel qui le réalise (le « comment »). Ensuite, construire ce contrôle, et chacun de ses exemplaires, réclame une certaine quantité de matière, d'énergie, et de travail humain.

Avec l'ordinateur programmable, le contrôle n'a plus besoin de réalisation matérielle, ou, plus précisément, une machine universelle suffit pour n'importe quel contrôle, pourvu que l'on dispose d'un programme le réalisant.

A partir de là, la balance économique va inéluctablement pencher en faveur de la machine universelle. Si l'on veut réaliser un mécanisme de contrôle donné, on a d'un côté la conception fonctionnelle (coût C1) ; la conception du mécanisme analogique la réalisant (C2) ; la

fabrication de ce mécanisme (coût unitaire C_3). De l'autre, on a la conception du programme, qui se résume à son écriture, et dont on peut estimer en première approximation qu'il a un coût $C_1 + C_2$ (spécification + mise en œuvre) équivalent à $C_1 + C_2$; le coût unitaire de la machine universelle (C_0). Au total, si l'on fabrique n unités de contrôle, il faut donc comparer $C_1 + C_2 + nC_3$ et $C_1 + C_2 + nC_0$, c'est-à-dire nC_3 et nC_0 . Par ailleurs, une installation aura sans doute de multiples mécanismes de contrôle. Or, il paraît clair qu'il faudra à chaque « point de fonction » assigner un mécanisme (ou un homme !), alors qu'une seule machine universelle, suffisamment puissante, sera suffisante pour exécuter les divers programmes de contrôle. Il faut donc considérer les coûts pour toute une installation³⁸, toutes fonctions de contrôle comprises, et que n est le nombre d'installations à concevoir. En résumé, *il faut donc comparer le coût de production du contrôle analogique C_3 et le coût de production d'une machine universelle C_0 .*

Les plateaux de la balance

Aux débuts de l'informatique, le coût d'une machine universelle était suffisamment important pour laisser penser que la balance penchait en faveur des mécanismes analogiques³⁹. Mais c'était raisonner sur le court terme : une fois la production de masse de machines universelles assurée, son coût deviendrait tellement faible qu'il serait moindre que celui d'un seul élément de contrôle d'une installation, sans parler du contrôle de toute l'installation !

Cela, les inventeurs de l'ordinateur l'avaient bien compris ; ils ont eu des difficultés énormes à faire partager cette idée, et il fallait effectivement trouver les voies d'une production de masse de machines universelles. Mais, une fois la production à faible coût de machines universelles assurée, la balance économique *pencherait inéluctablement en faveur du contrôle logique*, parce que l'on échange de la production en « petite série » de contrôle analogique C_3 contre de la « grande série » de machines universelles C_0 . Et justement parce qu'il est machine universelle, l'ordinateur convient à tous les contrôles, dans toutes les branches. Difficile d'imaginer plus grande série.

On peut même voir les choses autrement. Le coût C_0 de la machine universelle tendant vers zéro, en passant de l'analogique au digital, on transfère un effort de production de matière et d'énergie répété n fois en un unique effort de production de *texte*. Donc, même pour une « petite » application, l'informatique l'emportera. Ou, si l'on veut, l'avantage de l'informatique sera une loi de plus en plus micro-économique.

Conclusion : l'informatique va envahir tous les domaines qui ne relèvent pas par nécessité de la force (humaine ou mécanique), à partir du moment où le coût de la machine universelle est suffisamment faible. 63 ans après la parution de l'article fondateur d'Alan Turing, c'est ce que nous sommes en train de vivre.

Et l'informatique comme substitut du travail humain ?

Le coût d'un mécanisme logique est plus faible que celui d'un mécanisme analogique. Soit, mais *quid* des coûts comparés d'un mécanisme logique et d'un rouage humain ? En fait, on a un double mouvement : celui de l'automatisation (remplacement de travail salarié par des machines) et celui de l'informatisation. L'automatisation des usines était déjà poussée, avant l'explosion présente de l'informatique de production et embarquée⁴⁰. Donc, on peut dire qu'en ce domaine, une automatisation chasse l'autre. Dans les services, il y a aussi automatisation, mais contemporaine de l'application de l'informatique, et permise par elle. Si cette automatisation n'est pas consubstantielle à l'informatique – ce qui est souvent crû ou affirmé –

³⁸ Par « installation », imaginons une usine, une voiture, un avion, un poste de télévision, un dispositif d'émission de factures...

³⁹ Et puis, on peut naïvement penser – beaucoup le font encore aujourd'hui – qu'une machine « universelle » est nécessairement plus chère qu'une machine spécifique.

⁴⁰ Certains y voient l'effet d'une politique sociale, qui a en quelque sorte préservé pendant 20 ans les « cols blancs » et les cadres des conséquences de l'automatisation. Cette période semble révolue.

elle en tire néanmoins sa possibilité technique. Enfin, l'informatique comme substitut de plus en plus large à une activité organisationnelle humaine peut aussi être un outil, un coin enfoncé, dans le but d'une réorganisation – BPR⁴¹.

Ce n'est pas le sujet ici d'analyser les phénomènes et les conséquences du remplacement du travail humain – à un niveau de qualification de plus en plus élevé – par des machines. De toutes façons, cela ne change rien à l'analyse de l'avantage des mécanismes logiques.

La tendance à la prééminence du logiciel

Une autre conséquence fondamentale de la « boucle vertueuse » en faveur de la généralisation de la machine universelle, et donc de la baisse de son coût, est *l'augmentation relative du coût du logiciel*. Au début de l'informatique, le coût du matériel était prééminent, et on se souciait peu de la généricité du logiciel utilisé. Aujourd'hui, ces coûts baissent⁴², la contrainte sur les coûts de conception et d'utilisation du logiciel s'est faite plus forte. La loi de Moore – qui prévoit un doublement de la puissance des machines tous les 18 mois, et qui se vérifie depuis 30 ans essentiellement parce qu'elle est *décidée* par les producteurs de micro-processeurs – modère cependant cette augmentation relative, en limitant l'effondrement du prix du matériel. Néanmoins, la tendance à terme est à l'augmentation relative du coût du logiciel. Cette tendance se fait sentir lourdement dès aujourd'hui.

Comme première réponse à ces problèmes, on a ainsi vu apparaître des systèmes d'exploitation généraux (Unix, entre autres, puis Windows) fonctionnant sur de multiples machines, des logiciels génériques largement diffusés (traitements de texte), des outils de conception d'application (langages, bases de données), puis des langages comme Java ayant vocation de permettre à des programmes d'être exécutés quel que soit le système d'exploitation, afin qu'ils puissent circuler librement sur l'Internet. Mais force est de constater que la productivité dans la construction du logiciel *n'augmente pas ou peu* depuis 30 ans. Là réside l'enjeu stratégique majeur pour l'industrie du logiciel : *augmenter la productivité de la production du logiciel*. Cependant, les progrès en ce domaine sont contrecarrés par de multiples influences contradictoires.

⁴¹ *Business Process Reengineering*.

⁴² Avec des phénomènes de surproduction, dont la récente crise asiatique a été un exemple, et sur lesquels nous ne nous étendrons pas.

Les marchés du logiciel : assurer leurs conditions d'existence

Quatre exemples

Examinons quatre événements récents :

- De grands constructeurs, vendeurs de logiciels ou de services (IBM, Sun, HP, Oracle,...) soutiennent Linux⁴³, même s'il se trouve ainsi en concurrence avec leurs propres produits.
- Les grands groupes chimiques européens se sont associés dans le cadre du projet CAPE-OPEN⁴⁴ afin d'imposer à leurs fournisseurs d'outils logiciels de simulation de procédé une interopérabilité de leurs outils et des composants de ces outils. Ces outils sont jugés stratégiques, car c'est eux qui permettent le développement et l'exploitation de nouveaux procédés, notamment en chimie fine et en pharmacie. Ce projet européen s'étend en projet mondial, *Global CAPE-OPEN*, avec 35 firmes européennes, américaines et asiatiques.
- Le DoJ⁴⁵ accuse la compagnie Microsoft d'abus de position dominante, notamment en imposant son navigateur *Internet Explorer* à tout utilisateur de son système d'exploitation Windows.
- 28 grandes compagnies (Nortel, Daimler Chrysler, Corel, Ericson,...) se sont regroupées pour faire pression sur les gouvernements canadien et européen afin qu'ils soutiennent Linux et les logiciels libres.

Quel est le point commun entre ces diverses « annonces » ? Quelles concernent toutes des actions *visant à créer les conditions d'existence d'un marché*.

L'interopérabilité des logiciels entre segments ou au sein d'un même segment

Les logiciels utilisés sur un ordinateur sont de diverses sortes (couches). En bas, on trouve un système d'exploitation. Au-dessus, on a des couches « graphiques » de présentation (fenêtres,...), des outils de développement, des applications génériques, comme des traitements de texte ou un navigateur Internet, et spécifiques, selon le métier. L'idéal est de disposer dans chacun de ces segments de marché de plusieurs fournisseurs, et que les produits de chaque « étage » soient interopérables.

Or, actuellement, ce n'est souvent pas le cas. Cela signifie que les consommateurs de logiciel sont liés à un fournisseur spécifique, ce qui en soi n'est pas très grave à un instant donné, mais ce qui devient embêtant lorsque des évolutions techniques importantes dans le logiciel ou dans le métier surviennent. Or, cela est souvent le cas dans le logiciel.

Par exemple, les grands logiciels de simulation dans la chimie couvrent la majeure partie des problèmes d'ingénierie posés aux industries du domaine, mais il reste une fraction de problèmes spécifiques, et pourtant cruciaux, car fournissant s'ils sont résolus une avance technologique importante, qui doivent être résolus par des moyens particuliers. Or, le « verrouillage » du marché par les grands fournisseurs interdit de faire appel à de petits fournisseurs spécialisés – et locaux.

⁴³ Linux est un système d'exploitation libre, c'est-à-dire gratuit et dont les sources sont disponibles, et qui ne peut de par sa licence de « vente » être accaparé par un groupe particulier.

⁴⁴ CAPE = *Computer Aided Process Engineering*.

⁴⁵ *Department of Justice* de l'Etat fédéral américain.

Autre exemple : les traitements de texte. Si Microsoft Word apparaît comme un standard de fait, il n'en reste pas moins que le format d'enregistrement des textes est la propriété de la compagnie Microsoft. Cela pose le problème de la pérennité du contenu des masses de connaissances et d'informations ainsi stockées, et aussi pour les Etats un problème d'indépendance, de souveraineté, voire de démocratie en ce qui concerne le libre accès des citoyens aux documents officiels. D'ailleurs, les entreprises imposent fréquemment une version particulière de Word, puisque les formats d'enregistrement ne sont pas interopérables entre les diverses versions du même produit, imposant ainsi perte de temps et achats forcés en masse de nouvelles versions (sans avantage technique quelconque).

Troisième exemple : le fait d'imposer son navigateur permet à Microsoft « d'adapter » les formats d'échange reconnus du web, notamment HTML. Cela signifie, si cette tendance devait se poursuivre, qu'il y aurait à terme plusieurs webs. Cela ruinerait les espoirs justifiés de croissance exponentielle du trafic de l'Internet ; or celle-ci est justement basée sur le développement de nouvelles applications, qui doivent pouvoir circuler sur tout le réseau, quels que soient les matériels, systèmes d'exploitation ou navigateurs utilisés ; l'existence d'une *lingua franca* du Web comme HTML, et demain XML, est indispensable à l'existence même du ou des marchés de l'Internet. Pour l'Etat fédéral américain, permettre le développement des nouveaux marchés et des nouvelles activités économiques autour des TIs est jugé stratégique, à tous points de vue. On comprend donc l'action du DoJ.

Il faut noter que ces problèmes se sont posés à chaque fois que s'est créé un nouveau marché ; on pourrait ainsi comparer la situation présente des TIs avec celles du développement du téléphone ou du réseau électrique il y a une centaine d'années.

Techniquement, l'interopérabilité dépend de l'existence et du respect de normes. Pour le logiciel, il s'agit de normes d'échange de données, c'est-à-dire de langages. Ainsi, le « langage » du Web est-il aujourd'hui HTML, et sera demain XML. Des organismes internationaux, comme le W3C ou l'IETF, visent à établir ces normes. Il est clair que pour les acteurs dont l'activité dépendra de ces normes, c'est-à-dire pour l'Internet de *tous* les acteurs, l'impact de telle ou telle décision peut être énorme. La participation aux activités de normalisation est donc cruciale. Notons que pour l'Internet, faire une proposition ne se limite pas à produire du papier, mais du papier *plus* les logiciels correspondants. Pour qu'une nouvelle norme soit acceptée, il aura fallu démontrer d'abord qu'aux moins deux logiciels y répondant et correctement expérimentés auront pu être développés indépendamment (garantie d'interopérabilité !). Cela signifie que les investissements dans une activité de normalisation concernant l'Internet ou le logiciel ne se limitent pas à l'envoi d'une personne à quelques réunions, mais doivent être conséquents, résultat d'une volonté politique soutenue. Or, aujourd'hui, pour J-F Abramatic : « La participation effective de la France à ces travaux est encore largement insuffisante malgré certains résultats significatifs tels que la position des chercheurs français dans le développement d'IPv6⁴⁶ ou l'hébergement à l'INRIA de la composante européenne du W3C. Si la recherche publique française est présente dans les travaux de l'IETF⁴⁷, du W3C, ..., la participation industrielle est trop insuffisante pour envisager un retour proche dans le peloton de tête des pays qui influent sur l'évolution technique de l'Internet. »

Les acteurs assurant l'existence des marchés

Toutes les actions citées au début de ce paragraphe visent à établir les conditions d'existence d'un marché. La première a pour origine des fournisseurs de logiciel, la seconde des consommateurs, la troisième un Etat, et la dernière à la fois les consommateurs et des Etats.

Dans le premier cas, il s'agit à la fois d'actions visant à lutter contre la concurrence (de Microsoft), mais aussi et surtout d'assurer l'existence du marché à venir jugé le plus intéressant, à savoir non pas les logiciels de base (systèmes d'exploitation, traitements de

⁴⁶ IP version 6, IP (*Internet Protocol*) est le protocole définissant Internet.

⁴⁷ *Internet Engineering Task Force*, organisme de conception et d'expérimentation des évolutions de l'Internet.

texte,...), mais les outils de développement (BD, Java, Jini,...) et les couches applicatives (ERP, composants,...). Ainsi Sun « sacrifie » son système d'exploitation Solaris, et propose un traitement de texte gratuitement⁴⁸, pour s'imposer sur le marché des composants autour de Java.

Dans le second cas, le problème reste à la mesure d'une branche d'industrie, et peut être traité de façon « classique » dans le cadre des rapports entre fournisseurs et grands clients industriels. C'est néanmoins le premier exemple à notre connaissance d'une branche d'industrie s'organisant pour faire valoir ses intérêts vis-à-vis de ses fournisseurs dans le logiciel.

Dans le troisième cas, il s'agit à la fois pour un Etat d'imposer les conditions d'existence des nouveaux marchés *intérieurs*⁴⁹ liés à l'Internet, mais aussi de disposer son industrie du logiciel vis-à-vis du marché mondial, pour maintenir et renforcer son *leadership*.

Enfin, dans le dernier cas, il s'agit pour des industries de plusieurs branches distinctes de simplement assurer leur survie dans un avenir proche. Que ce soit dans les matériels de télécommunication ou dans l'automobile, le logiciel va prendre une place majeure. Ces branches deviennent elles-mêmes *productrices* de logiciel dans une plus ou moins grande mesure – de logiciel *embarqué* dans les produits qu'elles vendent. L'existence de conditions de concurrence pour ces compagnies européennes est donc vitale. Dans l'exemple cité, celui des systèmes d'exploitation, Linux est vu comme une alternative « neutre » à Windows ou autre. Mais les systèmes d'exploitation n'étant pas propres à une ou à quelques branches d'industrie, l'intervention des Etats s'avère indispensable, et est demandée.

Aujourd'hui, cette situation concerne toutes les branches d'industrie européennes, pas seulement l'automobile ou le matériel de communication.

⁴⁸ StarOffice, racheté en même temps que la société allemande qui le commercialisait, StarDivision.

⁴⁹ N'oublions pas que les Etats-Unis représentent à eux seuls presque 50% du marché mondial du logiciel, et aujourd'hui plus de la moitié de l'Internet.

Agir



Le logiciel, non pas l'affaire de l'industrie informatique, mais l'affaire de l'industrie

Du logiciel jusque dans les vêtements

Aujourd'hui, la plupart des industries fournissent des produits incorporant du logiciel :

- Avionique : les avions, notamment européens (Airbus), fonctionnent grâce à de grands volumes de code embarqué (de l'ordre de 1 à plusieurs millions de lignes de code) ; les opérateurs du trafic sont largement aidés par des systèmes informatisés ; les compagnies aériennes ont été les premières à développer des logiciels de réservation et de paiement sophistiqués.
- La situation dans l'industrie ferroviaire (trains, métros) est similaire. On tend même à l'automatisation complète. Ainsi la nouvelle ligne de métro automatique Meteor, annonce vraisemblablement une automatisation poussée du métro parisien.
- Le logiciel est en train d'envahir nos voitures, le mouvement va s'accroître dans les années à venir. Tous les aspects de contrôle et de commande seront traités par des logiciels sur un réseau embarqué ; évidemment, on aura des systèmes d'exploitation et de réseau ; on pourra même découpler complètement organes de commande et actionneurs : Daimler-Benz travaille ainsi sur le volant électrique, i.e. sans barre de direction (pour plus de sûreté). Des estimations indiquent que d'ici à quelques années, le logiciel embarqué dans une voiture pourrait représenter jusqu'à 40% du prix de revient total du véhicule.
- Les systèmes routiers eux-mêmes seront informatisés. Les panneaux lumineux d'indication du trafic autour de Paris, ou les informations routières transmises par satellite ou autre sont des précurseurs.
- Les télécoms *sont* déjà une entreprise essentiellement de logiciel ; jusqu'à 80% des ingénieurs d'Alcatel développent du logiciel ; quant aux réseaux, de plus en plus complexes, ils ne pourraient pas fonctionner ou être gérés sans des volumes considérables de logiciel.
- Les appareils électroniques ou électriques contiennent des quantités importantes de logiciel ; un téléphone portable contient des dizaines de milliers de lignes de code ; même une simple machine à laver ou un réfrigérateur – qui demain transmettra via Internet ses commandes au supermarché virtuel – sont maintenant contrôlés grâce à du logiciel.
- Les multiples « cartes intelligentes » (« cartes à puce », ou « *smartcards* ») envahissent nos portefeuilles ou sacs à main. Sait-on qu'une telle carte peut maintenant contenir plusieurs méga-octets de code ?
- Les instruments médicaux, les implants sont largement contrôlés par du logiciel.
- Les circuits intégrés eux-mêmes sont en quelque sorte du « logiciel caché ». D'abord parce qu'ils sont, par principe, la réalisation physique d'un programme précis (à savoir un interpréteur de programmes) ; ensuite parce qu'ils ne peuvent pas être conçus sans le recours à des outils sophistiqués de CAO de VLSI : ils sont en quelque sorte « générés automatiquement » par un programme à partir de leur spécification.
- Et, *last but not least*, une autre industrie de réseau que les télécoms est en passe elle aussi d'être envahie par le logiciel : l'énergie. Que ce soit dans l'ingénierie de la production – contrôle-commande des centrales, CAO, simulation, etc. – du transport – poste informatisé – ou de la distribution, dans les applications de l'électricité (domotique), dans la gestion technique des grands équipements, ou dans leur gestion économique, commerciale ou

financière, le logiciel joue maintenant une part prépondérante. Nous ne disposons pas des chiffres, à l'instar d'Alcatel ou de France Telecom, sur la proportion d'ingénieurs d'EDF engagés directement ou indirectement dans du développement logiciel, mais nous sommes prêts à parier qu'elle est déjà au-dessus, peut-être bien au-dessus, de 50%. Et il est clair que le cœur du ou des métiers d'un électricien va de plus en plus se centrer sur la disponibilité de la connaissance, comme dans les autres industries.

Tous ces exemples montrent que le logiciel entre maintenant de plus en plus largement dans la *composition* des produits, et ce quelle que soit la branche industrielle⁵⁰. Mais on peut en outre considérer son rôle de plus en plus important dans le procès d'affaire (systèmes d'information, productique,...), et surtout dans le grand bouleversement dû aux utilisations industrielles de l'Internet. Plus toutes les situations où la *maîtrise de la connaissance* d'une entreprise liée à son métier passe par la *maîtrise des logiciels* qui en sont le support. Quelle que soit la branche d'activité, le logiciel est maintenant toujours à la *source* de la production.

Les formules abondent pour résumer cela, par exemple celle du rapport PITAC⁵¹ présenté en février dernier au président Clinton sur les Technologies de l'Information « *Software is the new physical infrastructure of the information age* ». Elles sont souvent emphatiques, mais elles traduisent une réalité : la maîtrise du logiciel est devenue stratégique.

Un domaine stratégique

Le logiciel ne peut pas être considéré *aujourd'hui* comme une fourniture qu'il est loisible de trouver sur un marché mondial ou de commander à façon à une société de service. Il faut agir afin de remplir deux conditions :

- Premièrement, il faut qu'existe réellement un *marché* pour les applications de base ou génériques largement partagées entre les industries ; or, ce marché est aujourd'hui dominé de façon écrasante par des sociétés américaines⁵², avec une tendance au renforcement, y compris dans les services. L'existence d'une industrie européenne du logiciel est une condition de l'existence d'un marché un tant soit peu *prévisible* des fournitures logicielles génériques pour toutes les industries européennes.
- Deuxièmement, il faut avoir une *stratégie d'investissement et de maîtrise* au moins dans certains *domaines de base* du logiciel. Une grande partie des outils logiciels sont par essence génériques, et donc non propres à une branche d'industrie, quelle qu'elle soit. Pour autant, une maîtrise des applications, qui *implique la maîtrise des outils permettant de les construire*, est indispensable dans certains domaines jugés stratégiques. Une telle stratégie consiste justement à les déterminer. Cette maîtrise peut évidemment être partagée avec d'autres entreprises.

Il n'est pas obligatoire que la construction d'une industrie européenne du logiciel suive une voie similaire à son homologue américaine. L'histoire est différente, et il est de plus en plus clair que l'industrie européenne du logiciel n'existera pas sans une intervention des pouvoirs publics – ce qui a été et est toujours le cas aux Etats-Unis – et, ce qui plus original, *des industriels européens*. Il va falloir un effort volontariste d'investissement de leur part, y compris dans des *techniques génériques*, c'est-à-dire qui pourraient s'appliquer à d'autres branches d'activité. Une attitude qui favoriserait systématiquement l'externalisation des activités, et en particulier l'abandon dans le domaine du logiciel d'une R&D non strictement « métier », aurait pour conséquence de créer un « vide » qui serait vite comblé par les acteurs aujourd'hui dominants.

⁵⁰ Et nous n'avons pas parlé des jeux, dont le marché est maintenant supérieur à celui du cinéma (120G\$/an), et des applications à venir dans l'habillement, l'alimentation, ...

⁵¹ PITAC : *President's Information Technology Advisory Committee – Report to the President*, « *Information Technology Research : Investing in Our Future* », February 1999.

⁵² Avec d'ailleurs un marché intérieur américain qui représente 50% du marché mondial, ce qui à la fois dénote un retard en Europe et au Japon dans l'utilisation de ces techniques, et a pour effet que les évolutions s'y décident, exclusivement.

La dépendance de l'industrie serait alors renforcée, avec des difficultés encore plus grandes pour sortir de cette situation.

Et qu'on ne dise pas qu'une technique générique, lorsqu'elle s'avère indispensable à une industrie particulière, doit être trouvée dans un « marché » extérieur bien vite idéalisé, sinon méconnu. L'avenir des industries automobiles va se décider en grande partie sur l'intégration du logiciel dans la voiture, et un avantage dans des techniques avancées de production de logiciel (coût, rapidité, fiabilité), peut-être « génériques », mais efficaces dans le domaine particulier, constituera de façon évidente un avantage concurrentiel majeur. *Ensuite*, ces techniques se répandront et seront disponibles et achetables sur étagère par tous... les survivants.

Analyse des segments du marché du logiciel

Le logiciel n'est pas une catégorie uniforme. En schématisant, on distinguera les logiciels de base (OS⁵³, réseau), l'architecture (*middleware*), les applications finales. Tout cela est construit grâce à des outils de développement.

Nous ne prétendons pas dans ce document définir une stratégie d'investissement dans telle ou telle technique logicielle, c'est l'affaire de toute une entreprise. Néanmoins, une ligne directrice se dégage : contrairement à ce qu'une politique à courte vue impliquerait, il faut investir dans les *outils génériques* plutôt que spécifiques. Pour le logiciel, cela signifie les *outils de développement*, si l'on veut les *machines à faire le logiciel*.

Pour étayer notre propos, nous allons examiner les tendances des grands domaines du logiciel. Mais pour commencer, nous montrons par une comparaison rapide avec le domaine du matériel pourquoi les outils de conception sont stratégiques.

Les outils de conception sont stratégiques : comparaison avec le matériel

Le matériel (ordinateurs), est en quelque sorte, contrairement aux apparences, subordonné au logiciel, et lui-même en un sens du logiciel. Tout d'abord, un ordinateur est constitué de quelques éléments différents. Les éléments de mémoire (RAM, disques durs, etc.) sont maintenant du matériel « tout venant ». Les procédés de fabrication sont désormais bien connus, ils ne sont plus à l'origine de la valeur ajoutée.

Le véritable élément important est le processeur, l'unité qui effectue les calculs. La difficulté n'est pas tant dans sa production⁵⁴ que dans sa *conception*. Les « constructeurs » en viennent aujourd'hui à vendre des (morceaux de) plans de conception, appelés IP⁵⁵, plutôt que des composants eux-mêmes, ou à commander leur production à des fondeurs « multi-cartes ». Les moyens de production peuvent donc être en Asie du Sud-Est, et l'activité de production des « constructeurs » de plus en plus externalisée⁵⁶. De plus, la standardisation des IP progresse, la valeur ajoutée ne sera donc à terme plus dans les IP eux-mêmes, mais dans les moyens d'en concevoir de nouveaux.

Il faut souligner que la nature profonde des IP est d'être du *logiciel*. La puce n'est que du logiciel gravé. La richesse est donc aujourd'hui pour les fabricants de matériel dans ce « logiciel », demain dans ses outils de conception. Bref, celui qui tient les outils de conception des processeurs tient l'industrie du matériel informatique⁵⁷.

Le logiciel est maintenant dans une situation comparable.

Le logiciel de base

Le logiciel de base est évidemment indispensable. Ce sont souvent des programmes relativement volumineux et complexes, et délicats à écrire, d'autant plus qu'ils doivent être particulièrement robustes, puisque sans eux rien ne marche. Heureusement, certains de ces logiciels sont basés sur des standards publics (protocoles de réseau, échanges de données), voire des « logiciels libres », i.e. dont les sources sont librement accessibles. Néanmoins, la

⁵³ *Operating System*, pardon, Système d'Exploitation, comme Windows ou les différentes sortes d'Unix.

⁵⁴ Les moyens de production de composants matériels électroniques sont bien maîtrisés par un certain nombre de sociétés en Europe.

⁵⁵ *Intellectual Properties*

⁵⁶ Il faut cependant modérer ces propos, en considérant les investissements importants requis par le nouveau format de tranche de 300mm qui devrait entrer en production en 2001.

⁵⁷ Cette importance stratégique de la conception des processeurs dans l'industrie du matériel est reconnue depuis longtemps. Des efforts au niveau européen existent, comme le projet Eureka MEDEA, ou français, comme le Réseau des Micro et Nano-Technologies.

définition et l'évolution de l'OS le plus utilisé dans le monde, Windows, ne dépend que de quelques personnes à Redmond, Washington State. Ce qui pose des problèmes de divers ordres, y compris au DoJ⁵⁸. Ces questions d'existence d'un marché « juste » pour les logiciels de base ne relèvent évidemment pas d'une seule entreprise, elles se posent au niveau des Etats, y compris de l'Etat Fédéral américain. Néanmoins, elles ne sont pas sans influence sur les entreprises, qui peuvent sans doute avoir une action de groupe de pression à ce sujet.

Il faudra distinguer dans ces logiciels de base les OS et logiciels de réseau *embarqués* ou *enfouis*, sur lesquels peuvent peser des contraintes de sûreté, de sécurité ou de fiabilité importantes. Ce domaine est en plein développement, du fait de l'invasion du logiciel dans tous les produits, et relève de cette maîtrise stratégique indispensable pour beaucoup d'industries. En fait, il s'agit là du domaine plus général du *logiciel embarqué*, qui suscite beaucoup d'espoir en Europe et en France comme vecteur de renaissance d'une industrie logicielle autochtone.

Les logiciels applicatifs : vers la généricité ?

A l'autre extrémité du spectre, on trouve les applications. Celles-ci contiennent l'expertise propre à un métier.

Les « progiciels »

De grands efforts ont été faits par l'industrie du logiciel pour tendre vers une certaine généricité dans certains domaines. C'est notamment le cas des ERP, comme ceux fournis par SAP ou Baan. Même s'il faut relativiser, puisque ces « progiciels paramétrables » réclament en fait d'importants développements d'adaptation et donc d'importantes équipes – qui se maintiennent naturellement après les développements initiaux – ils sont censés regrouper une certaine expertise ou connaissance propres à un métier (règles de gestion, etc.). Il s'agit donc « d'applications génériques », réclamant toutefois beaucoup de service spécifique. Il faut aussi noter que des progrès dans l'acceptabilité par les utilisateurs, qui pour l'instant est disons imposée, pourrait devenir dans ce domaine un avantage concurrentiel important. Cela sera d'autant plus vrai que ces systèmes ne seront plus mis dans les mains des seuls employés mais de personnes extérieures – fournisseurs ou surtout clients.

Les « composants logiciels »

Aujourd'hui, les grands constructeurs et éditeurs de logiciels, se lançant résolument dans le service, préconisent une approche par *composants logiciels*⁵⁹. En fait, l'approche composant a deux facettes : l'une, consiste à définir la *forme* des dits composants logiciels, un peu comme dans un langage de programmation, afin qu'ils puissent circuler sur un réseau, être exécutés sur une machine distante, etc.⁶⁰ ; l'autre consiste à construire des bibliothèques de composants, c'est-à-dire avec un *contenu* spécifique.

Ce second but consiste donc, là aussi, à encapsuler un « atome de connaissance » générique dans un petit morceau de code, qu'il serait loisible de réutiliser dans diverses applications. Cette approche n'est pas sans poser de questions : quelle différence avec une bibliothèque de sous-programmes ou, de façon plus moderne, de classes ? *Quid*, par exemple, d'une règle de comptabilité américaine dans un contexte européen ? Faut-il adapter le logiciel, ou les règles⁶¹ ? Enfin, le degré de réutilisation est-il au niveau des espérances ?

A notre humble avis, si cette approche par composants est séduisante – quelle industrie ne rêve pas de standardiser ses composants ? – elle reste encore techniquement peu praticable, notamment à cause de la grande rigidité des langages de programmation actuels – qu'ils soient

⁵⁸ Department of Justice des Etats-Unis.

⁵⁹ Il faut noter que ces composants logiciels sont issus d'un programme de l'ATP (*Advanced Technology Program*) financé par des fonds fédéraux américains.

⁶⁰ Comme CORBA, norme publique, ou COM de Microsoft, norme de fait.

⁶¹ On aura là un nouveau vecteur d'uniformisation des procédures organisationnelles.

à objets ou non. On ne trouve jamais exactement le « composant qu'il faut », au mieux on en trouve un proche et on le réécrit. Autant pour la portabilité, la généricité et la maintenance. Néanmoins, il s'agit pour des compagnies comme Sun Microsystems ou IBM d'un vecteur de marketing très puissant pour s'imposer dans les services, par exemple en disposant de « composants Java », et on peut donc prédire, toutes choses restant égales par ailleurs, un brillant avenir industriel aux « composants logiciels ».

Il manque en fait à ces composants les outils logiciels permettant de les faire passer dans la réalité. Il faut notamment les rendre à la fois plus sûrs – ils doivent contenir leurs propres limites et conditions d'utilisation – et plus malléables. Cela passe nécessairement par le fait de les définir à un niveau plus abstrait qu'actuellement – de spécification – et de disposer des outils logiciels permettant de les programmer et de les incorporer dans un code. Il faut aussi les outils permettant une plus grande souplesse au cours du développement que les cycles en « V » ou autres, c'est-à-dire des outils prenant en compte la dynamique de l'activité de conception et pas une simple vue statique idéalisée et irréaliste.

En résumé, si cette approche des composants logiciels est sans doute d'avenir, on peut sérieusement affirmer qu'elle rentrera difficilement dans la pratique sans un investissement préalable important en recherche et développement.

Les logiciels applicatifs : le foisonnement

A l'opposé de la tendance à la standardisation ou à la généricité, on peut aussi prévoir une forte tendance à un « foisonnement darwinien » de nouvelles applications de plus en plus spécifiques. Par exemple, à quel(s) logiciel(s) a été jusqu'à présent confronté un client d'une compagnie d'électricité ? Essentiellement à un système de gestion des relevés – via le releveur – et de facturation – via la facture en papier. Sans préjuger des applications possibles, comme l'informatisation complète de ces tâches, on peut penser que les services et les applications concomitantes vont se développer. Pour donner un exemple, on pourra faire une simulation poussée d'une installation pour optimiser sa consommation d'énergie. Il faudra probablement pour cela être capable de produire un morceau de logiciel spécifique à chaque installation traitée.

Cette grande « variété écologique » des applications ne trouvera pas tout de suite de généricité trans-industries, si elle la trouve jamais. Pour autant, elles sont communes à une industrie, et ne relèvent donc pas strictement du « service » à façon. Il va donc devenir un métier que de réaliser ce genre d'applications, ou plutôt le métier d'origine de l'industriel va glisser vers la réalisation de ce genre d'application.

Evidemment, le logiciel incorporé dans le produit – comme le logiciel embarqué dans un téléphone portable – constitue une application propre à un métier ou une branche. On peut se demander jusqu'à quel point un logiciel lié à un service sur un produit ne fait pas partie du produit lui-même.

Le logiciel : une industrie *archaïque* ?

Le logiciel, une « industrie » ?

Levons la tête un instant des préoccupations quotidiennes pour considérer d'un peu plus haut cette « industrie » du logiciel. On s'aperçoit qu'il s'agit avant tout *d'une industrie de main d'œuvre*. Ainsi, les Etats-Unis s'estiment actuellement en position de manque criant de développeurs, dont ils prétendent doubler le nombre en quelques années ; le manque de développeurs se fait également sentir en Europe. Cet appétit insatiable en main d'œuvre est dû au formidable développement des TIC, mais aussi à l'état de l'art en la matière.

« L'industrie » du logiciel ressemble encore pour beaucoup à une sorte de « grande manufacture », au sens de la manufacture des Gobelins, réunissant des ateliers d'artisans-

maîtres. On tente bien sûr d'organiser la division du travail de conception, notamment par l'utilisation de ce que l'on appelle de façon quelque peu impropre le « génie logiciel ». Mais il est caractéristique que la qualité du logiciel ainsi produit est médiocre voire mauvaise, au contraire de logiciels, mêmes vastes et complexes, construits par une poignée de développeurs enthousiastes et de haut niveau.

Cette faible qualité n'empêche pas la productivité du développement d'être faible, et elle n'augmente pas ou peu dans le temps. Il n'y a pas non plus d'effet d'échelle : l'augmentation de la taille d'une application n'implique pas une diminution relative du personnel nécessaire à sa réalisation, au contraire les études exhibent une augmentation⁶². Le seul effet positif récent, et encore des études seraient-elles nécessaires pour le démontrer, serait la factorisation des applications dans les logiciels. Et puis, on peut se faire la réflexion, qu'en définitive, la densité fonctionnalité/taille et effort de conception du logiciel est faible.

On peut aussi noter que la politique systématique d'investissement en Asie par les compagnies de matériel informatique n'a pas été suivie dans les mêmes proportions pour le logiciel, non plus que pour les services, loin de là. Une partie des tâches est certes exportée en Inde ou aux Philippines – avec aussi quelques tentatives du côté des pays de l'est de l'Europe - mais la plus grande partie des développements reste basée aux Etats-Unis, ou en Europe.

On a en fait une industrie de main d'œuvre, mais d'une main d'œuvre devant être suffisamment qualifiée non seulement dans le métier, mais aussi au fait de l'environnement du pays pour lequel le logiciel est développé. Il reste difficile de faire développer une application de gestion en Inde ou dans un pays similaire destinée aux Etats-Unis ou à un pays similaire, avec les problèmes de « culture » (au sens économique), voire de langue que cela pose. Quant à y faire faire des systèmes d'exploitation ou des compilateurs, c'est à la fois trop complexe et trop important stratégiquement.

En résumé, la production du logiciel est aujourd'hui tout sauf comparable à une chaîne dans une usine.

La qualité et le coût du logiciel

Le logiciel est d'ordinaire de piètre qualité et coûte cher.

Deux chercheurs mondialement connus, Dijkstra et Hoare, ont appelé en 1975 à un programme de recherche qui se poursuit aujourd'hui dans ce que l'on appelle les méthodes formelles. Ils prévoyaient depuis 1975 les risques énormes encourus dans l'utilisation de logiciel pour des systèmes mettant en jeu la sécurité des biens et des personnes. Les méthodes de développement de l'époque, *qui sont pour l'essentiel encore celles utilisées aujourd'hui*, ne permettaient pas de l'assurer. L'histoire leur a donné raison avec un peu de retard : l'accident spectaculaire d'Ariane V, dû à une erreur de logiciel, en est un exemple.

Du côté du coût d'un développement inadéquat du logiciel, on peut tout simplement penser à cette incroyable histoire du *bug de l'an 2000*. Des centaines de milliards de dollars auraient été dépensés pour corriger une simple erreur de dimensionnement d'une zone de mémoire⁶³. En fait, personne ne semble capable de prévoir de façon *sûre* le comportement d'un programme en relation avec ce « bug ». Cela montre l'absence de maîtrise des systèmes logiciels aujourd'hui.

Ces deux problèmes sont bien liés au *développement* du logiciel. En effet, un programme ne s'use pas, la notion de « fiabilité » du logiciel n'a donc pas le même sens que pour les systèmes physiques : *une erreur de logiciel est une erreur de conception*. Dans Ariane V, on

⁶² Certains affirment même que les ressources en personnel à investir dans une application est proportionnel au carré de la taille de l'application.

⁶³ Rappelons que le bug de l'an 2000 a pour origine la mémorisation de l'année d'une date sur deux chiffres (au lieu de 4). Cela implique que le passage à l'an 2000 consiste en un passage de 99 à 00, ce qui peut produire un comportement erratique et imprévisible des programmes qui utilisent cette information.

avait prévu *deux* ordinateurs de bord en cas de panne de l'un deux, mais le *même* programme tournait sur les deux. Clairement, la « panne logicielle », c'est-à-dire l'erreur, n'était pas prévue dans la conception, on peut même douter qu'elle ait été clairement, conceptuellement, identifiée.

La conception d'un logiciel ne se limite pas à une phase initiale suivie d'une phase d'exploitation. On sait qu'un logiciel est toujours en mouvement : on le maintient (correction d'erreurs, changements légers), on le fait évoluer (ajout de fonctionnalités). Aussi le bug de l'an 2000 constitue-t-il un double problème de conception : à l'origine, en ne prévoyant pas que l'an 2000 adviendrait un jour⁶⁴ ; aujourd'hui, en étant incapable de prévoir le fonctionnement du système, et en ayant un système conçu de telle façon que la correction du bug est incroyablement coûteuse, difficile, voire peu sûre.

Au cœur : les environnements de développement

On a toujours deux possibilités pour changer des modes de production : soit on trouve une nouvelle organisation des acteurs humains, éventuellement en relation avec une innovation technique ; soit on automatise.

Nous examinons d'abord, pour être complets, le développement récent du « mouvement » du *logiciel libre*, qui est à ranger dans la première catégorie. Si ce mouvement est à étudier avec beaucoup d'attention dans l'immédiat, il reste que les progrès les plus importants sont à attendre plutôt du côté de l'outillage de développement.

Améliorer le développement logiciel : changer l'organisation ? Les logiciels libres.

Le mouvement du *logiciel libre* est à l'origine de compilateurs GNU ou de Linux, et de beaucoup d'autres logiciels généraux, comme le serveur web Apache, qui est utilisé par plus de 50% des sites. Une éthique en même temps qu'une nouvelle organisation du travail de développement ont été définies et précisées. Premièrement, le logiciel produit est *donné*, programmes sources compris, avec des garanties juridiques⁶⁵ interdisant à quiconque d'empêcher par quelque moyen sa diffusion. Tout un chacun est libre de modifier le logiciel d'origine, pourvu qu'il rende à son tour public le nouveau logiciel, sous les mêmes conditions. Par contre, il n'est pas interdit de vendre ce logiciel, ou plutôt en pratique de vendre du service autour. Par exemple, on peut acheter Linux, bien qu'il soit gratuit, et téléchargeable sur l'Internet : on achète en fait le CD, plus pratique si on a une connexion Internet à faible débit, et une aide substantielle à l'installation et à l'utilisation.

Diverses justifications éthiques générales ont été données, notamment qu'un logiciel est sous une forme particulière un morceau de connaissance, et que le développement de la science et de la technique a été rendu possible depuis la Renaissance par une large diffusion – gratuite et sans droit de propriété – des connaissances et des idées.

L'organisation du développement a été qualifiée par ses tenants eux-mêmes de *bazar*, par opposition à la *cathédrale*. Les développements sont en effet réalisés par des milliers de bénévoles qui communiquent par l'Internet, et qui chacun proposent des améliorations, des ajouts à un logiciel public et en constante évolution. Il y a quand même une certaine organisation, chaque développement important étant provisoirement placé sous la

⁶⁴ Des systèmes non conformes an 2000 ont été en vente encore récemment, sans doute y en a-t-il encore.

⁶⁵ La GPL, *GNU General Public Licence*.

responsabilité d'une personne, qui doit être acceptée par ses « pairs ». La « rétribution » des développeurs est constituée de la reconnaissance par ses pairs du résultat de leur travail⁶⁶.

Cette organisation a fonctionné et continue de fonctionner, pour produire de remarquables logiciels. En fait, on peut dire que le mouvement du logiciel libre a trouvé *un nouveau mode d'organisation du développement*. On peut le rapprocher d'un compagnonnage moderne, où le « tour de France » est un tour du monde via l'Internet. Les « compagnons », i.e. les développeurs, s'y constituent une réputation de savoir-faire. C'est cette bonne volonté et cette motivation qui expliquent à la fois la relative efficacité du système et la qualité du logiciel produit⁶⁷.

La question qui intéresse les industriels est de savoir si les logiciels ainsi produits sont viables, ou pérennes. Pour l'instant, la réponse est oui. Et il est clair que, le taux d'équipement en logiciels libres augmentant, leur intérêt financier s'accroît, et les acteurs assurant leur pérennité sont déjà au rendez-vous.

Soulignons aussi que le développement commercial du logiciel libre, avec des sociétés comme RedHat, ou Suse en Allemagne, est aussi soutenu par Sun, IBM, etc, et par des compagnies productrices de logiciel embarqué. Tous ces acteurs voient dans les logiciels libres la mise en place d'un marché pour les couches supérieures qu'ils vendent – applications, logiciels embarqués. Cf. le paragraphe sur *les conditions d'existence d'un marché*.

Améliorer le développement logiciel : les environnements de développement

Examinons maintenant la deuxième possibilité d'augmentation de la productivité et de qualité des logiciels : l'automatisation.

Il est évident que les outils de développement constituent, avec des développeurs compétents, la source de la chaîne de création du logiciel. Comme les logiciels de conception des processeurs dans le domaine du matériel, ils constituent donc pour le logiciel le nœud stratégique de toute politique en ce domaine. On pourrait aussi utiliser un nouveau « concept » : la CAO du logiciel, ou CASD68. Plus prosaïquement, disons que nous avons besoin de machines à fabriquer le logiciel. Ce seront elles qui feront passer « l'industrie » du logiciel de l'état de la manufacture à un véritable statut industriel (même si on n'envisage pas aujourd'hui comment cette industrie pourrait rentrer un jour dans un cadre fordiste strict).

Qu'est-ce qui, techniquement, est derrière cette automatisation ? Aujourd'hui, ce sont spécification, validation et vérification, génération de code.

La spécification consiste à définir et utiliser des langages de spécification généraux ou adaptés au problème, qui sont d'un niveau d'abstraction supérieur à ce qui permet la réalisation, i.e. aux langages de programmation. La validation et la vérification regroupent l'étude de l'adéquation de la spécification aux besoins, l'étude de la cohérence ou de propriétés générales intrinsèques à la spécification, l'étude de l'adéquation du programme à la spécification. D'un point de vue technique, la validation/vérification reposent sur la preuve et les tests. Enfin, la génération de code consiste à produire automatiquement la réalisation à partir de la spécification. On peut la voir comme une forme supérieure de compilation.

Ces outils peuvent être généraux ou propres à un domaine. Par exemple, des méthodes assez bien adaptées au logiciel distribué (protocoles) ou à la conception d'une certaine sorte de logiciel embarqué (systèmes réactifs synchrones) ont été développées et pénètrent l'industrie

⁶⁶ Quoique RedHat, une des compagnies – américaines – qui vend une distribution de Linux, ait voulu lors de son introduction en bourse (au NASDAQ) récompenser les développeurs de Linux en leur donnant des actions. Malheureusement, ils ne remplissaient pas pour la plupart les conditions financières personnelles pour accéder à ce statut, et l'organisme financier chargé de l'introduction les a rejetés...

⁶⁷ Certains critiquent la qualité de Linux sur certains aspects, cependant sa réputation de stabilité, notamment par rapport à Windows, n'est pas à notre avis – comme utilisateur des deux – usurpée.

⁶⁸ *Computer-Aided Software Design*.

ces dernières années. Ce genre de méthode existe aussi dans le cadre des systèmes d'information, quoique cela soit aujourd'hui moins développé. Enfin, on peut y penser pour des domaines spécifiques, comme par exemple la simulation numérique. Enfin, il existe aussi des outils généraux, comme la méthode B et son atelier de preuve ou même des prototypes de programmation automatique.

Souvent ces méthodes conduisent ou passent par une mathématisation de la conception logicielle. Ce n'est pas étonnant : comme dans les autres domaines de l'ingénierie, c'est l'application adéquate de concepts et théories mathématiques qui apportent rigueur et progrès de productivité. Il est simplement étrange de voir combien cette mathématisation peut être considérée comme une difficulté ou un obstacle, y compris chez des personnes qui ont une éducation mathématique.

Il reste sans doute à intégrer ces concepts mathématiques, peut-être en les « masquant » dans une interface bien conçue, dans les outils de conception. Il est clair que des investissements de R&D restent nécessaires pour développer ces techniques et les rendre utilisables à une large échelle. Néanmoins, il y a peu de doutes sur le fait qu'il s'agit là d'une voie d'avenir⁶⁹.

Un exemple

Il est rare *qu'une* application constitue un avantage, du moins durable. Par exemple, un nouveau modèle de téléphone portable est vite imité par ses concurrents. Par contre, ce qui est beaucoup plus intéressant, c'est de disposer de moyens pour rapidement et efficacement réaliser de nouvelles applications. C'est-à-dire de disposer de bons *outils de conception*.

Ainsi, Ericsson, a réalisé le nouveau langage de programmation Erlang pour les logiciels de réseau – du genre de ceux que l'on trouve dans les téléphones – et l'environnement de développement associé. Ce langage, qui est l'adaptation à ce monde industriel spécifique de recherches sur le lambda-calcul et les langages applicatifs⁷⁰, fait l'objet de la part d'Ericsson de tout un développement stratégique. En fait, plutôt que de conserver par-devers soi l'outil de développement Erlang, Ericsson le *donne* (genre « logiciel libre »), tentant ainsi d'imposer dans son domaine particulier une stratégie similaire à celle de Sun dans le domaine général avec Java. Ericsson espère que ses concurrents développeront avec Erlang, qui deviendrait ainsi un « standard de fait », ce qui lui donnerait un avantage compétitif notable du fait de sa maîtrise du langage et de l'environnement de développement.

⁶⁹ Une autre source de progrès peut être du côté de l'Intelligence Artificielle, nous ne développons pas.

⁷⁰ Du genre de CaML ou de Haskell.

L'action des pouvoirs publics et les grandes initiatives

La situation aux Etats-Unis

J-F Abramatic : « La faiblesse des investissements publics et privés sur l'Internet dans les vingt dernières années a des conséquences de toutes natures. Il convient de se poser la question de mesures exceptionnelles pour combler les retards. On peut, en guise de référence, étudier les investissements publics massifs déployés aux Etats-Unis AVANT de transférer au marché la responsabilité du déploiement généralisé ainsi que ceux mis en place pour les cinq années à venir au niveau du financement public de la recherche en technologies de l'information (croissance d'un milliard de dollars en cinq ans). »

De l'ENIAC au projet VLSI de la DARPA et de la NSF⁷¹, les efforts du gouvernement fédéral américain ont créé et nourri ses industries informatiques. La dérégulation aux Etats-Unis – dont il faut souligner qu'elle y est comprise différemment selon qu'il s'agit du territoire américain ou de pays étrangers – n'entraîne certainement pas un désintérêt de la puissance publique pour les aspects industriels, de recherche, et d'investissement. Ainsi, les « Technologies de l'Information » sont-elles clairement considérées par l'administration U.S. comme un enjeu stratégique. L'action soutenue du gouvernement fédéral américain en faveur des multiples aspects de l'informatique – et aujourd'hui singulièrement du logiciel – ne se dément pas.

Pour donner l'état d'esprit de cette politique, un document fédéral traitant de ces questions rapporte l'exemple des instruments de mesure de précision, dont la fabrication était au XIX^{ème} Siècle l'apanage de l'Europe. Aussi, la jeune Amérique importait-elle cette denrée indispensable – à la source de la production manufacturée. En 1864, en pleine guerre de sécession, Lincoln prit l'initiative de lancer un programme fédéral visant à maîtriser cette technique. Elle avait été jugée stratégique (à juste titre), la nation devait la dominer. Et ce fut fait quelques années plus tard.

Concernant aujourd'hui les TIC, on peut noter les projets fédéraux suivants :

Matériel :

- 940M\$ pour ACS⁷², consistant à construire un super-calculateur à 100 teraflops⁷³ avant 2004, projet du DoE⁷⁴ ;

Internet :

- 1G\$ par an pour CIC (matériel, logiciel, réseau, applications) ; à l'intérieur : HECC, visant le petaflops, LSN, HuCS⁷⁵.
- *Next Generation Internet* (NGI), en fait partie de LSN, VBNS⁷⁶, et Internet2 (500M\$), visant à des taux de transit sur Internet 1000 fois plus rapides.

Logiciel :

- CBS, promu par l'ATP⁷⁷, avec génération de code et assemblage de modules.

⁷¹ En passant, ce projet est à l'origine du *Stanford University Network*, dont l'acronyme (SUN) est aujourd'hui célèbre.

⁷² ACS^I = *Accelerated Computing Strategic Initiative*

⁷³ Flops = *Floating Point Operation per Second*, i.e. une addition ou une multiplication réelle par seconde ; tera = 10¹². Peta (plus loin) = 10¹⁵.

⁷⁴ DoE = *Department of Energy*.

⁷⁵ *Computing, Information and Communication, High End Computing and Computation, Large Scale Networking, Human Centered Systems*.

⁷⁶ *Very High Performance Backbone Network*.

- Le rapport du PITAC⁷⁸, qui appelle à un investissement massif dans la recherche fondamentale sur le logiciel, après des années où l'accent a été mis sur le court terme.

Ce dernier rapport, en particulier, met l'accent sur la nécessité de découvrir de nouvelles – vraiment nouvelles – méthodes de développement du logiciel. Cela est rendu particulièrement nécessaire par l'invasion de tous les objets manufacturés par le logiciel, et la croissance exponentielle induite par cette avancée technologique, en même temps que les risques impliqués, aussi bien en terme de sûreté de fonctionnement que de coût. L'engagement d'un important programme fédéral américain sur ce thème est demandé. La tendance ces dernières années à privilégier de façon extrême la recherche à court terme est critiquée. Il est particulièrement intéressant de constater que, pour les spécialistes et mêmes les grands industriels du logiciel impliqués dans la rédaction de ce rapport, une position dominante des Etats-Unis dans ce domaine n'est pas éternelle, un retournement est possible.

Il faut aussi mentionner que le système américain de financement de nouvelles activités (notamment les fameux *business angels*) a, de l'aveu même de la presse économique américaine, quelque peu tendance ces derniers temps à se gripper. En effet, la recherche de retour sur investissement à très court terme conduit les capitaux à délaisser l'innovation technique (logiciel), qui a un retour trop lent (6 à 18 mois) pour une innovation de service (liée à l'Internet), avec un retour de 3 à 6 mois. On trouve ainsi maintenant des articles plaignant tel jeune chercheur du MIT n'arrivant pas à trouver de capitaux pour vendre son nouveau logiciel, pourtant promis à un succès presque certain.

La situation en Europe et en France

Les programmes européens et français existent. On a notamment le 5^{ème} PCRD, commencé en 1998. Cependant, si les Techniques de l'Information et de la Communication sont annoncées comme prioritaires, on ne sent pas de véritable stratégie visant à la renaissance d'une industrie logicielle autochtone. Ainsi, 550ME du 5^{ème} PCRD concernent les NTIC, soit 15% du budget, mais il n'y a pas de programme fédérateur.

Du côté de la politique française, un accent tout particulier a été mis cette dernière année sur les conditions de création de nouvelles entreprises – les *start-up* – notamment dans les TIC. Ces actions visent à pallier la faiblesse de l'industrie du logiciel – cette préoccupation passant au premier plan depuis le déferlement de l'Internet – malgré des niveaux de formation et de la recherche plutôt bons. Il faut aussi signaler une pénurie mondiale de compétences techniques poussées sur les techniques utilisées dans l'Internet (informatique, télécommunications, traitement des données et des signaux) et le logiciel, qui conduit à des migrations de compétences vers l'Amérique du Nord.

La comparaison avec l'Amérique s'est imposée : il n'existe en France que peu de ces pépinières de petites entreprises de haute technologie qui associent un environnement local favorable (présence d'universités, concentration géographique des compétences comme la *Silicon Valley* ou la région de Boston), des canaux d'investissements spécifiques et un foisonnement d'idées et de services. Ainsi, le rapport de l'investissement dans de jeunes sociétés dans les TIC était-il en 1997 entre la France et les USA de 1 à 40. Il y aurait 250 000 *Business Angels* aux Etats-Unis, avec 20G\$ de capacité annuelle d'investissement. 40% du capital-risque US va à San Francisco, 44% pour les *start-up* de l'Internet⁷⁹. Encore faut-il savoir que ces investissements concernent essentiellement le *marketing* de produits déjà développés, et ce grâce à l'environnement notamment académique et à son financement, largement public.

⁷⁷ *Component Based Software*, portefeuille de projets à l'origine des « composants logiciels ». *Advanced Technology Program* du NIST (*National Institute of Standards and Technology*).

⁷⁸ PITAC : *President's Information Technology Advisory Committee – Report to the President*, « *Information Technology Research : Investing in Our Future* », February 1999.

⁷⁹ Chiffres issus du rapport Abramatic.

Pour favoriser l'émergence puis le développement de ces entreprises de haute technologie (transfert et valorisation de travaux en amont, développement initial des produits, mise à disposition des logiciels parfois associés à la mise en place d'un service en ligne, transformation en un fournisseur reconnu ou rachat par une entreprise plus importante et mieux implantée), quelques structures existent en France (comité Richelieu pour faciliter l'établissement de partenariats, "start-ups" de l'INRIA, sociétés de capital risque comme Innovacom, FINOVELEC...). Des mesures récentes ont été prises, tant sur le déblocage de capitaux-risque (assurances-vie) que pour autoriser les personnels académiques fonctionnaires à participer à une création d'entreprise.

Nous émettrons cependant l'opinion que ce contexte favorable américain, tout à fait réel, est aussi le fait de l'existence d'une *industrie logicielle majeure*. Il faut sans doute oublier le côté disons « romantique » de Microsoft, Apple, Oracle, ou autres sociétés « créées dans un garage »⁸⁰. Ce sont aujourd'hui de grandes industries, en pleine croissance, et disposant, via leur capitalisation boursière, de moyens colossaux. Il serait peut-être présomptueux d'espérer concurrencer rapidement ces industries en se limitant à des mesures favorisant l'émergence de nouvelles sociétés, même si elles ont un effet positif.

Un autre événement récent important est tout simplement la *prise de conscience* de l'ampleur de l'enjeu et du défi. Ainsi, a-t-il été récemment créé en France le RNRT, Réseau National de la Recherche en Télécommunications, afin de favoriser les échanges entre partenaires académiques et industriels de la recherche en télécommunications. Selon le rapport de la Mission Lorentz, la part consacrée à l'Internet y serait peut-être insuffisante ; néanmoins, l'existence de telles initiatives marquent un changement. On peut aussi citer le RMNT (réseau de recherche en micro et nanotechnologies), animé par le CEA/LETI, visant à préparer les prochaines générations de composants, et s'appuyant sur ST Microelectronics, 9^{ème} constructeur mondial de processeurs et de composants ; le programme 'Société de l'Information' visant à faciliter le développement et l'expérimentation de nouveaux services sur Internet ; le programme OPIDUM sur les outils et services de sécurité. Enfin, un nouveau réseau autour des technologies logicielles (RNTL) pourrait bientôt voir le jour, avec 200MF de budget. Cela est très positif, car il s'agirait d'un réseau généraliste, et non tourné vers des applications spécifiques à un domaine (santé, transports, télécommunications, audiovisuel,...).

Néanmoins, certaines difficultés existent. Notamment, certains secteurs industriels sont actuellement en pleine mutation du fait notamment de mesures de déréglementation ou d'ouverture du marché. Ces industries peuvent ainsi être prises « à contre-pied » dans leurs actions vis-à-vis de l'irruption des techniques logicielles dans leur métier . Ainsi, J-F Abramatic souligne-t-il que « la dérégulation des télécommunications l'emporte sur le déploiement de l'Internet. Alors que la France avait réalisé des expériences pionnières en matière d'accès Internet par le câble et l'ADSL, le déploiement des offres commerciales a été freiné par des problèmes de mise en oeuvre de la déréglementation. Concernant les réseaux du plan câble, les difficultés rencontrées pour parvenir à une entente commerciale entre le détenteur des infrastructures techniques et les exploitants commerciaux ont conduit à une série de contentieux et ont ainsi repoussé le lancement effectif des services. En matière d'ADSL, le contexte de l'ouverture à la concurrence du marché des télécommunications conduit également à un retard dans le déploiement d'une offre haut débit. La qualité des infrastructures câble et réseau téléphonique en France représente pourtant un avantage économique important pour le développement des nouvelles solutions techniques d'accès. Ces atouts restent malheureusement aujourd'hui exploités de manière insuffisante. »

Or, si l'importance du logiciel pour une industrie comme les télécoms est maintenant de plus en plus évidente, cela n'est pas forcément encore le cas dans d'autres industries apparemment moins en « première ligne ». Il faudrait que la prise de conscience des enjeux du logiciel les atteigne rapidement.

⁸⁰ A notre connaissance, ce ne fut le cas pour aucune d'entre elles...

ITEA : L'industrie européenne s'organise

L'initiative récente la plus spectaculaire et la plus importante a été le lancement d'ITEA.

ITEA, pour *Information Technology for European Advancement*, est un projet Eureka lancé en 1999 et devant durer jusqu'en 2006. Son thème principal est le logiciel – à côté du projet MEDEA, qui traite du matériel. Son budget prévisionnel est de 3,2G Ecus pour la durée du projet.

Pour décrire les considérations qui ont prévalu au lancement de ce projet, et ses objectifs, le mieux est de reproduire une partie du *Rainbow Book*⁸¹, document fondateur du projet

«



ITEA, an acronym for Information Technology for European Advancement, is a collaborative industrial R&D programme dedicated to “software for software intensive systems” that is being developed by the European Information Technology producers and users industry. “Software for software intensive systems” refers to any combination of generic and non-generic, embedded and non-embedded software allowing to create reliable software platforms. These platforms are software infrastructures on which applications are built. In short, ITEA deals mainly with the intermediate software layers (middle-ware) between Operating Systems and applications.

Information Technology pervades any aspect of work and everyday life, offering ample room for innovation in all areas, e.g. administration, public and private services, institutions, industry, trade and commerce, education and citizens' needs. The future information systems will be more and more configurable, adaptable, intelligent, dependable, secure and complex. They will handle digital data of different nature (image, video, voice, text, ...) which will be used in various contexts (office, home, mobility, ...). In these systems, software brings intelligence, versatility and determinant added value, making them self-explaining and easy to use. These systems are more and more software intensive.

Being the key to the development of Information Technology, software and software engineering in Europe are perceived as to be lagging behind, mainly compared to the US. As an example, US vendors (independent software vendors and systems vendors) were already covering 90% of the US market and 65% of the West European market in 1996⁸². It is of paramount importance that this trend be reversed and the gap be closed as rapidly as possible, in order to avoid that overall European industry becomes the hostage of others. For the development of the entire European industry, software is a strategic raw material.

The objective of ITEA is to close this gap through the development of software infrastructures necessary to build complex systems. To achieve it, we need to “leapfrog” the software gap in software intensive systems. It means that we will have to conduct firm and determined common actions at European level through anticipating technological orientations in areas where Europe

⁸¹ ITEA Rainbow Book – Application for European Eureka Programme Label for Information Technology for European Advancement <http://www.itea-office.org> .

⁸² Source: IDC

has specific needs, competences and strengths. Leapfrogging is key for success facing a highly powerful and dynamic global competition.

Three application sectors fulfil these conditions and constitute three core competences of ITEA:

Extended Multimedia,

Communications and

Distributed Information and Services.

Their mastering requires to rely on services provided by three other core competences:

Content Processing,

User Interfaces and

Complex Systems Engineering,

the latter competence being crucial and at the very heart of the other five core competences: projects under ITEA have to cover at least two of the ITEA competences, with emphasis on Complex Systems Engineering. [...]

The ITEA consortium is of the opinion that now is the right moment to act by putting forward an eight-year rolling research programme, to master systems architecture, standardisation and systems integration in order to become leaders in software intensive systems design. [...] This programme will be industry driven aiming to achieve highly competitive results: ITEA means winning the battle of time to market, structuring technology programmes to bring European businesses into line and offering talented IT people a future in Europe. »

The total effort to be invested in ITEA is estimated at 20,000 staff years, corresponding to approximately 3.2 BECU over 8 years (1999-2006). Because of the highly innovative and collaborative nature of ITEA, it is expected that the overall public funding percentage will be 50% (or higher for universities).

*The founding industries of ITEA are **Alcatel, Barco, Bosch, Bull, Daimler-Benz, Italtel, Nokia, Philips, Siemens and Thomson.** Other actors are expected to significantly contribute. »*

Résumons. Le logiciel envahit tous les aspects de la vie... et des produits. La domination américaine est écrasante. Cette tendance doit être inversée au plus vite, pas seulement pour l'industrie du logiciel, mais pour *toute* l'industrie. L'avenir de l'industrie européenne – et des jeunes européens qualifiés dans ces domaines – en dépend.

A cette fin, une stratégie est proposée : un programme de 8 ans, avec un budget substantiel ; 6 domaines d'investigation, dont l'un est au centre, dénommé ici *l'ingénierie des systèmes complexes*⁸³.

Enfin, cette initiative a pour origine des sociétés a priori « consommatrices » de logiciel, mais maintenant aussi de plus en plus productrices. En tous cas pas des sociétés « classiques » du logiciel.

Parmi celles-ci, on relèvera la présence de Daimler-Benz. Sans avoir pu étudier extensivement la stratégie de cette société en matière de logiciel, on a souvent croisé dans nos recherches telle ou telle compagnie de logiciel rachetée par Daimler-Benz. De l'automobile à

⁸³ Les 5 autres domaines, disposés en demi-cercle autour du domaine cœur, forment la demi-fleur ou l'arc-en-ciel, logo du projet.

l'aéronautique, il y a déjà là un « marché » d'application du logiciel embarqué colossal. Si l'on ajoute dans le paysage la participation de Chrysler, récemment racheté, au projet de *Business Internet* entre les grands constructeurs automobiles américains et leurs fournisseurs, on doit constater que la stratégie de Daimler-Benz n'est pas indifférente au logiciel. On peut même ajouter, pour moins faire dans la litote, qu'il s'agit probablement de son axe industriel stratégique majeur.

Il nous semble très important d'examiner le plus rapidement possible les implications possibles dans ITEA. Pour cela, il faut prendre conscience de l'enjeu stratégique des TIC, et du rôle essentiel que doivent tenir les grandes industries, indépendamment ou à côté des initiatives des pouvoirs publics, dans le développement en Europe d'une industrie du logiciel majeure.

Non conclusion

L'Europe a besoin d'initiatives fortes pour redresser la barre en matière de logiciel. La situation est suffisamment dégradée et urgente pour nécessiter l'implication de tous les niveaux de décision. En particulier, les grandes entreprises ont un rôle majeur à jouer. Elles doivent être capables de se mettre d'accord sur des éléments de stratégie et des initiatives communes.

Cela passe d'abord par une prise de conscience de la situation de l'industrie européenne du logiciel, et de son importance stratégique. Ensuite, il s'agit d'intégrer ces éléments dans la politique de l'entreprise en la matière. ITEA montre que cette prise de conscience et cette élaboration existent dans d'autres entreprises.

Ce rapport invite à définir une « politique extérieure indépendante » de l'entreprise en matière de logiciel. Cependant, il ne donne pas d'indications sur ce qu'il conviendrait de faire en interne. Etant données les circonstances dans lesquelles il a été rédigé, occupant déjà pleinement le cadre initial de la mission qui m'a été confiée, il n'était pas de son ressort d'aborder ces questions. Cela réclamerait un autre travail de réflexion, transversal à l'entreprise.

Références

France

Jean-François Abramatic. *Développement technique de l'Internet*. Rapport de mission confiée par Christian Pierret, Secrétaire d'Etat à l'Industrie, juillet 1999. <http://mission-dti.inria.fr> .

Simon G., Crocombette C. *Projet ADVICE : présentation du marché des semiconducteurs en 1999*. Note EDF-DRD HM-63/99/119/A, 23 août 1999.

Logiciels et Systèmes – Juillet-août 1999. Numéro spécial *Top500 des SSII & éditeurs*.

« *L'INRIA veut renforcer la R&D dans les technologies de l'information* ». Les Echos, 10-11 septembre 1999.

Comité interministériel de la recherche scientifique et technologique (CIRST) : relevé de conclusions. 1^{er} juin 1999. <http://www.education.gouv.fr/discours/1999/conclusioncirst2.htm> .

Jean-Michel Yolin. *Internet et PME : mirage ou opportunité ? Pour un plan d'action*. <http://www.cgm.org/rapports/internetetpme.html> .

Rapport de mission sur la technologie et l'innovation. Henri GUILLAUME, mars 1998

Tableaux de bord de l'innovation. Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie.

« *Les TIC, utopie de cette fin de siècle ?* ». Ao! Espaces de la parole. <http://cafe.rapidus.net/espaces/texte/tic.htm> .

11^{ème} colloque européen en informatique et société. *Informatique et anticipations, entre promesses et réalisations*. Strasbourg, France, 10-12 juin 1998. <http://ufr-info-p6.jussieu.fr/~creis/index.html> .

Union Européenne

Recommendations to the European Council – Europe and the global information society – « The Bangemann report », 1994.

European Commission – ESPRIT. <http://www.cordis.lu/esprit/src/projects.htm> .

ITEA – Information Technology for European Advancement. ITEA Rainbow Book. « *Leapfrogging the gap in Software Intensive Systems to Boost European Competitiveness* ». <http://www.itea-office.org> .

ITEA – Information Technology for European Advancement – *ITEA Regulations*. 15 January 1999. <http://www.itea-office.org> .

Etats-Unis

The Administration's Agenda for Action. Document de la présidence américaine de lancement de la National Information Infrastructure, 1993.

U.S. *Industry & Trade - Outlook'99 on CD-ROM*. DRI/McGrawHill and Standard & Poors and U.S. Department of Commerce.

Software Tech News. Lettre d'analyse du DACS – Data Analysis Center on Software (DoD). <http://www.dacs.dtic.mil> .

Technology in the National Interest. Committee on Civilian Industrial Technology (U.S. Presidency), 1997.

Sun. *FAQ about StarOffice acquisition*, <http://wwwswest2.sun.com/products/staroffice/faq.html> .

PITAC – President's Information Technology Advisory Committee – Report to the President. Information Technology Research : Investing in Our Future. February 1999.

The software 500. Software Magazine. <http://www.softwaremag.com/archive/1999/0699list1.html>

ATP *Focused Program : Component-Based Software*. <http://www.atp.nist.gov/atp/focus/cbs.htm> .

Falling through the Net : Defining the Digital Divide. A Report on the Telecommunications and Information Technology Gap in America. July 1999. NTIA – National Telecommunications and Information Administration (DoC). <http://www.ntia.doc.gov> .

The emerging digital economy. Lynn Margherio. Secretariat of Electronic Commerce (DoC). <http://www.ecommerce.gov> .

Globalizing Industrial Research & Development. Donald H. Dalton, Manuel G. Serapio Jr. Office of Technology Policy (DoC).

The Global Context for U.S. Technology Policy. Graham R. Mitchell. DoC.

Effective Partnering: A Report to Congress on Federal Technology Partnerships. Richard J. Brody. U.S. Department of Commerce, Office of Technology Policy , April 1996.

OCDE

OECD. *Science, Technology and Industry Outlook 1998*.

OCDE. *Promouvoir le progrès scientifique et technologique*. Synthèses de l'OCDE, L'Observateur, juin 1999.

OECD. *Asia and the Global Crisis. The Industrial Dimension*. 1999.

G8

Rapport intermédiaire sur les projets pilotes du G8 relatifs à la société mondiale de l'information. Vers une société mondiale de l'information. <http://www.dti.go.uk/> , <http://www.telecom.gouv.fr/> , <http://www.gip.int/g8> .

Annexe A : Extrait du rapport PITAC, première priorité dégagée : les méthodes et outils du développement logiciel

[...]

Recommandation : Increase the investment for research in software, scalable information infrastructure, high-end computing and socioeconomic issues.

Four areas of the overall agenda particularly need attention, and must be a major part of the strategic initiative :

Software. The science and methods for efficiently creating and maintaining high-quality software of all kinds, for ensuring the reliability of the complex software systems that now provide the infrastructure for much of our economy, for improving the interaction between people and computer-based systems and devices , and for managing and using information.

Scalable Information Infrastructure. Techniques for ensuring that the national information infrastructure –communications systems, the Internet, large data repositories, and other emerging systems– is reliable and secure, and can grow gracefully to accommodate the massive numbers of new users and applications expected over the coming two decades.

High-end Computing. Continued invention and innovation in the development of fast, powerful computing systems and the accompanying communication systems needed to implement high-end applications ranging from aircraft design to weather and climate modeling.

Socioeconomic issues. Research on understanding the effects of information technology on our society, its economy, and the workforce should be funded. Furthermore, research should be focused on strategies for ameliorating information technology's potentially harmful effects and amplifying the benefits.

[...]

3. Technical Research Priorities [Software]

[Excerpts]

Finding: Demand for software far exceeds the Nation's ability to produce it.

Finding: The Nation depends on fragile software.

Finding: Technologies to build reliable and secure software are inadequate.

Finding: The diversity and sophistication of software systems are growing rapidly.

Finding: More and more often, common activities of ordinary people are based on software.

Finding: The Nation is underinvesting in fundamental software research.

Major Recommendation: Make fundamental software research an absolute priority

Recommendation: Fund more fundamental research in software development methods and component technologies.

Recommendation: Support fundamental research in human-computer interfaces and interaction.

Recommendation: Fund more fundamental research in information management techniques to (1) capture, organise, process, analyse and explain information and (2) make information available for its myriad uses.

Recommendation: Make software research a substantive component of every major information technology research initiative.

Annexe B : Les thèmes (provisaires) du Réseau National sur les Technologies Logicielles (en phase de constitution)

2 thèmes transversaux sur le génie logiciel :

A1 L'ingénierie des composants logiciels : autonomie, sûreté de fonctionnement, mesure de la qualité et certification des logiciels, sécurité et preuve formelle, gestion des contraintes (Ces thèmes pourront s'appliquer aux différents types de logiciels : logiciels enfouis, systèmes embarqués, systèmes temps-réel, systèmes fortement distribués, ...)

A2 L'architecture logicielle et l'intégration de composants logiciels : modélisation et gestion des exigences applicatives, architecture logicielle, processus de développement logiciel (ces thèmes peuvent être abordés par divers outils et méthodes : bibliothèques de composants, gabarits de conception, gestion de l'interopérabilité, catalogues de modèles réutilisables, plates-formes d'intégration, ...).

4 thèmes verticaux ciblant 4 domaines importants :

B1 L'environnement logiciel des objets destinés au client final (micro-ordinateurs, terminaux de télécommunication, électronique grand public) : systèmes d'exploitation, middleware, interface homme-machine, systèmes de vision, applicatifs ; proposer les logiciels conciliant puissance, simplicité, mobilité et confidentialité. L'aspect interdisciplinaire est ici particulièrement important pour favoriser l'utilisabilité.

B2 Les produits logiciels multimédia (jeux vidéo, logiciels éducatifs et culturels, simulateurs) : réalité virtuelle, interactions homme-machine, gestion des données.

B3 Les systèmes d'information d'entreprise : modélisation et structuration des données d'entreprise, fouille de données, gestion de la connaissance, aide à la décision, médiation entre production et commerce électronique, gestion de la sécurité dans un environnement de clients et d'agents hétérogènes.

B4 La conception des produits et des services : les outils des bureaux d'études du futur reliant l'intelligence économique, la veille technologique, la CAO, la capitalisation des connaissances.