

INTRODUCTION

L'économie du logiciel fait de plus en plus les titres de l'actualité. Si l'on se limite à l'année écoulée, on peut citer sans prétention à l'exhaustivité : le jugement, suite à une poursuite intentée par le département de la justice des Etats-Unis et dix-neuf Etats co-plaignants, condamnant Microsoft à être scindée en deux entités, jugement qui est actuellement en phase d'appel ; les craintes suscitées par le bogue de l'an 2000 ; les succès de certaines *start-up* productrices de logiciels, qui, pour certains commentateurs, sont les fleurons d'une "nouvelle économie" quelque peu mythique ; la chute boursière rapide de nombre de ces nouvelles sociétés ; la réussite étonnante d'un logiciel développé grâce à la coopération bénévole de milliers de programmeurs dispersés aux quatre coins de la planète, le système d'exploitation *Linux* qui est utilisé par plus de 25 % des serveurs Internet ; la création d'un logiciel (*Napster*) qui a permis à près de trente millions d'utilisateurs d'échanger librement des morceaux de musique ; l'apparition du virus *Iloveyou*, qui selon les estimations de *Computer Economics* a infesté en quelques jours trois millions d'ordinateurs dans le monde, avec des dégâts dont le coût est estimé à cinq milliards de dollars.

La fréquence de ces événements et leur couverture médiatique peuvent s'expliquer par le fait que les logiciels jouent un rôle de plus en plus important au sein des technologies de l'information et de la communication, et de ce fait dans l'ensemble de la vie économique et sociale. En effet, les logiciels occupent une place croissante au sein des technologies de l'information et de la communication. Et l'importance de ces technologies ne peut qu'augmenter dans des sociétés où l'information et les connaissances sont de plus en plus déterminantes. Des expressions comme *société de l'information* ou *économie fondée sur les connaissances* désignent l'expansion de biens et services informationnels, mais également le rôle que jouent l'information et les connaissances dans la production de l'ensemble des biens et des services, et dans le fonctionnement de l'économie. Pour certains auteurs, qui ne manquent pas de bons arguments, les technologies de l'information et de la communication seraient d'ailleurs à la base d'un nouveau paradigme technico-économique.

Ce que révèle également la diversité des faits marquants de l'actualité de l'économie du logiciel, c'est que celle-ci apparaît comme un *monde de contrastes et de paradoxes*.

L'économie du logiciel, un monde de contrastes

Ce qui frappe en premier lieu l'observateur de ce secteur, c'est que, quelle que soit la dimension étudiée, l'économie du logiciel présente des caractéristiques apparemment contradictoires. L'économie du logiciel est le lieu où se sont bâties les plus grandes fortunes lors de la dernière décennie¹, mais elle peut être également le siège d'une intense activité matériellement désintéressée comme l'ont montré les efforts consentis pour développer des logiciels libres. Le logiciel est à la fois le type de produit qui est le plus fréquemment approprié illégalement, et une activité qui génère des taux de profit sans précédent historique. C'est un secteur qui se singularise par l'importance stratégique que peut très rapidement acquérir une entreprise dont la position ne semble plus pouvoir être remise en cause (IBM hier, Microsoft aujourd'hui), et par l'apparition périodique de nouveaux acteurs dont certains réussissent à jouer un rôle majeur dans l'évolution du secteur. Coexistent dans l'économie du logiciel, de très grandes entreprises dont la puissance sur le marché est gigantesque et une myriade de petites entreprises. D'autres phénomènes apparemment contradictoires peuvent être mentionnés : présence de producteurs généralistes exerçant une activité dans l'ensemble de l'informatique, voire au-delà, et de producteurs fortement spécialisés réalisant l'essentiel de leur chiffre d'affaires par la vente d'un seul type de logiciel, mouvements permanents d'internalisation et d'externalisation entre une production réalisée en interne par les services informatiques des organisations utilisatrices et une production mise sur le marché par des entreprises productrices de logiciels, innovations incessantes et inertie technologique sur certains aspects des logiciels et de leur production. Comme le souligne David C. Mowery, "l'industrie du logiciel est caractérisée par l'extraordinaire dynamisme et la fluidité de ses structures" (1996, p.3).

Le caractère éminemment contrasté des producteurs de logiciels s'explique en partie, mais en partie seulement, par la diversification croissante des logiciels et de leurs utilisateurs. Concernant les produits, la diversité fonctionnelle des logiciels augmente continuellement avec l'extension des domaines d'application de l'informatique et la création permanente de nouveaux types de produits. Les produits réalisés sont extrêmement divers, depuis les

¹ Le titre d'homme le plus riche du monde est détenu alternativement ces derniers temps par deux entrepreneurs de l'économie du logiciel, Bill Gates de Microsoft et Larry Ellison d'Oracle. Le classement entre ces deux hommes se modifie fréquemment en raison des évolutions rapides de la valeur boursière de leurs sociétés, la valeur de l'action Microsoft fluctuant fortement suivant les rebondissements du procès Microsoft.

quelques lignes de programme écrites par un utilisateur pour ses besoins propres, jusqu'aux logiciels de contrôle de la navette spatiale, en passant par des produits aussi différents que des jeux, des traitements de texte, des systèmes de gestion d'entreprise... A cette diversité technologique, se superpose la diversité des logiciels sur un plan économique, avec l'existence d'un continuum de situations allant de prestations complètement réalisées sur mesure, jusqu'à l'existence de produits standard (progiciels) vendus à des millions d'exemplaires. Concernant les utilisateurs, on remarque leur extrême hétérogénéité, y compris pour un logiciel d'un type donné. En particulier, si pour la majorité des utilisateurs, les rapports avec l'informatique s'apparentent à un banal usage d'outils qui étend leurs capacités de création, d'obtention et de traitement de l'information dans un domaine particulier, il existe également des utilisateurs pour lesquels un logiciel est l'objet d'une véritable pratique, chargée d'émotions et de passions, où intervient le système de valeurs propres de l'utilisateur.

Le paradoxe de l'économie du logiciel.

La deuxième considération initiale est que l'économie des logiciels semble marquée par un paradoxe majeur. Schématiquement la fonction principale de la plupart des logiciels est d'améliorer la productivité et la qualité de l'activité des utilisateurs. Or, apparemment, l'économie du logiciel, quant à elle, se caractérise par la faiblesse des gains de productivité pour produire des logiciels (que ce soit en termes de niveau ou d'évolution) et par une qualité insuffisante de la majorité des produits créés, alors même qu'un logiciel est lui-même produit en grande partie à l'aide d'autres logiciels. Comment expliquer qu'un secteur dont l'objectif est d'améliorer les performances des autres secteurs soit lui-même, au moins en première analyse, si peu performant ? N'est-il pas surprenant que la production d'un outil destiné à rationaliser les activités, soit elle-même une activité si difficile à rationaliser ?

Concernant la faiblesse des gains de productivité dans la production des logiciels, William J. Baumol, Sue Anne Batey Blackman et Edward N. Wolf en déduisent que le secteur des logiciels constitue un exemple typique d'un "secteur stagnant", responsable de la "croissance asymptotiquement stagnante" de l'ensemble de l'informatique (1985, p. 813). C'est à partir d'un constat identique qu'une étude américaine, citée par l'OCDE (1991 A) concluait que si les tendances actuelles se poursuivaient, en 2040, toute la population des Etats-Unis (hommes, femmes et enfants) devrait écrire des logiciels !

Concernant la qualité des logiciels produits, le manque de fiabilité des logiciels (résultant soit d'une erreur de comportement du programme dans une situation donnée, soit d'une situation non prévue), et la relative inadaptation aux besoins des utilisateurs suscitent un mécontentement croissant avec l'importance prise par les logiciels dans la vie économique et sociale. Il apparaît en effet surprenant que des produits de haute technologie comme les logiciels puissent comporter tant de défauts, dont certains apparaissent tellement évidents une fois qu'ils ont été découverts, et induire des comportements parfois si déconcertants de la part des systèmes informatiques qu'ils pilotent. S'il importe d'analyser précisément l'ampleur réelle de ces phénomènes, il est indéniable qu'ils constituent des questions critiques de l'économie des logiciels, dans un secteur où la croissance des besoins, quantitatifs et qualitatifs, est particulièrement rapide.

Le logiciel, un objet déconcertant pour l'économiste.

Si le logiciel est à bien des égards un objet particulièrement déconcertant pour ses utilisateurs, il l'est peut-être encore davantage pour l'économiste. Le logiciel est défini, comme "l'ensemble des programmes, procédés et règles et éventuellement la documentation, relatifs au fonctionnement d'un ensemble de traitement de données"². Mais au-delà de cette définition, qu'est-ce, économiquement, qu'un logiciel ? S'agit-il d'un bien ou d'un service ? Est-ce un bien rare, dans le sens que la science économique donne à ce qualificatif quand elle se définit comme la science de la gestion des ressources rares ? Possède-t-il les caractéristiques des biens collectifs ? Est-ce un produit sur lequel peuvent s'exercer des droits de propriété ? A quelles conditions techniques et/ou juridiques ? Qu'est-ce qui détermine son prix ? Les théories de la valeur des économistes peuvent-elles lui être appliquées ?

Curieusement, l'ampleur de ces questions a suscité peu de recherches et de travaux économiques concernant spécifiquement les logiciels³. Comme le note David C. Mowery,

² Cette définition est extraite d'un arrêté du 22 décembre 1981, publié au Journal Officiel du 17 Janvier 1982 relatif à l'enrichissement du vocabulaire français. Elle est très proche de celle contenue dans la norme ISO relative au logiciel : "le logiciel est un ensemble de programmes de calculateur, procédés, règles et éventuellement de la documentation associée, relatif au fonctionnement d'un système de traitement de l'information". Serge Bouchy fait observer que "les définitions les plus récentes du logiciel le décrivent comme étant l'association de la documentation, du logiciel proprement dit et de ses SIC (systèmes d'information de contrôle ou tests) de validation" (1994, p. 177).

³ Une explication possible est que, de façon générale, l'attention des économistes s'est longtemps essentiellement focalisée sur les biens industriels.

éditeur de l'un des rares ouvrages consacrés à l'économie du logiciel (*The international computer software industry. A Comparative Study of Industry Evolution and Structure*) "l'industrie du logiciel a peu attiré l'attention de manière surprenante, étant donné sa taille, sa croissance rapide et son importance de plus en plus grande dans les industries de haute technologie" (1996, p. 312). L'analyse de l'économie du logiciel se limite le plus souvent à un "sous-produit" d'une analyse de l'économie de l'informatique, centrée sur les produits matériels informatiques et qui a suscité davantage de recherches. Certes l'étude des logiciels ne peut être menée indépendamment de celle des systèmes informatiques dont ils sont un des composants. Mais, si une analyse de l'économie du logiciel ne peut faire l'impasse sur une analyse économique de l'évolution de l'informatique dans laquelle elle s'insère, elle ne peut se limiter à cela. D'une part, les logiciels présentent suffisamment de traits originaux, de différences avec les matériels informatiques pour justifier une analyse économique spécifique. D'autre part, si, à l'origine, l'économie du logiciel occupait une place assez marginale au sein de l'économie de l'informatique, c'est de moins en moins le cas actuellement. De ce point de vue, il est hautement significatif que les questions de standardisation, qui ont toujours joué un rôle majeur dans l'informatique, se soient progressivement déplacées des questions matérielles vers les questions logicielles.

Par contre, la littérature scientifique et technique, qui traite des logiciels, est riche et variée, et il existe de nombreuses publications (professionnelles et grand public). L'écllosion de nombreux bulletins et lettres d'informations *on line*, qui leur consacrent fréquemment une large place, a encore augmenté l'abondance de l'information en la matière. Nous avons largement utilisé ces sources. Elles fournissent des éclairages intéressants sur les spécificités techniques des logiciels et les particularités de cette activité. La prise en compte de ces caractéristiques techniques spécifiques est certainement indispensable pour comprendre pourquoi il est impossible de construire des logiciels sans défaut, pourquoi l'intercompréhension entre les concepteurs et les utilisateurs des logiciels est si malaisée, ou pourquoi il est si difficile d'atteindre une productivité élevée dans le développement d'un logiciel mais aussi pourquoi c'est une activité qui peut susciter tant de passion.

Si ces apports sont indispensables, ils ne sont pas suffisants pour analyser en profondeur les phénomènes observés. Il est nécessaire de faire la part entre ce qui est imputable aux

spécificités de l'activité et du produit, et ce qui relève de déterminants plus "économiques". De ce point de vue, une analyse économique peut constituer une contribution particulièrement intéressante, même si elle suscite parfois un certain scepticisme de la part des spécialistes des logiciels. Par exemple, Capers Jones, fondateur et président de la société *Software Productivity Research*, dans un livre intitulé "*Programming Productivity*", estime que "le manque de mesures économiques satisfaisantes pour le logiciel a commencé à susciter l'idée que l'économie elle-même n'était pas une science complète et que certaines familles de produits, tels que les systèmes logiciels, n'étaient entièrement couverts ni par les théories, ni par les modèles économiques" (1989, p. 108). Nous ne partageons pas totalement ce pessimisme concernant les théories économiques. De multiples champs des sciences économiques peuvent être utilement mobilisés pour l'analyse des logiciels. Ils peuvent saisir leur nature de produits informationnels soumis à de fréquentes innovations : économie de l'information et de la connaissance, économie industrielle et économie des services, économie du changement technique. En particulier un certain nombre d'outils économiques ont un pouvoir heuristique indéniable pour l'analyse de l'économie du logiciel. Nous utiliserons notamment les notions d'externalités de réseaux directes et indirectes, de rendements croissants d'adoption, d'effets "feedback", de situations de verrouillage technologique, de biens collectifs, de biens intangibles, ainsi que des analyses en termes de caractéristiques des produits, les approches des différents types d'innovations, et de la distinction entre les effets médiats et immédiats d'une activité...

Plus généralement, les apports d'une analyse économique de notre objet d'étude nous semblent d'autant plus féconds qu'ils ne se limitent pas à une vision strictement "économiste" des phénomènes. Il en est ainsi de l'analyse de l'évolution de l'ensemble de l'informatique, dans lequel s'intègre l'économie du logiciel, qui peut être enrichie par l'utilisation de la notion de réseau technico-économique développée par Michel Callon (1991). Concernant plus précisément l'économie du logiciel, le véritable défi consiste, dans ce travail, à trouver un cadre d'analyse qui permette d'expliquer en quoi et pourquoi l'économie du logiciel est un *monde de contrastes et de paradoxes*. Robert Salais et Michael Storper (1993) ont construit une typologie permettant d'appréhender, au niveau macro-économique, la pluralité des modèles de systèmes productifs qui peuvent coexister au sein d'une économie nationale. Notre projet, dans cette thèse, est de mettre en place un cadre d'analyse de même nature, que l'on peut qualifier de socio-économique en raison de ses dimensions sociales et historiques. Ce cadre théorique nous permet d'intégrer à l'analyse de l'économie du logiciel, la pluralité des

registres d'action qui dépassent le recours au seul calcul économique privé, et la diversité des mécanismes de coordination qui intègrent l'existence de conventions et d'institutions.

Notre démarche comporte deux grands stades d'analyse de l'économie du logiciel, qui correspondent aux deux parties de la thèse. La première partie ("*De l'économie de l'informatique à l'économie du logiciel*") permet de cerner la réalité de l'économie du logiciel à partir de l'économie de l'informatique dont elle est un des éléments constitutifs.

Il s'agit tout d'abord d'essayer de comprendre ce qu'est un logiciel, son rôle, son processus de production, ses caractéristiques pertinentes. Cela nécessite de situer les logiciels dans l'étude des systèmes informatiques qu'ils pilotent. Un système informatique a pour fonction, de façon très générale de traiter de l'information. Une des premières difficultés consiste à cerner la notion d'information, et notamment à la distinguer de notions voisines comme celles de données et de connaissances. Ceci nous permettra d'étudier les particularités du traitement automatique de l'information, et le statut spécifique des logiciels dans ce processus. Enfin, ce premier chapitre analyse la production d'un logiciel comme étant un travail intellectuel de production de connaissances codifiées, et étudie les différentes caractéristiques des logiciels et leur articulation.

Le deuxième chapitre a pour fonction de situer l'évolution de l'économie du logiciel dans l'histoire de l'informatique. Pour ce faire, il est nécessaire de prendre en compte *simultanément* les innovations techniques, les comportements stratégiques des producteurs mais aussi les changements concernant la nature des principaux utilisateurs, les types de problèmes qu'ils souhaitent résoudre, et les modifications de leurs attentes, liées à des évolutions culturelles et sociales plus générales. Or, si chacun de ces aspects a fait l'objet de recherches technologiques, économiques, sociologiques séparées, il n'existe pas, à notre connaissance, de tentative d'intégration dans une approche unifiée de l'ensemble de ces dimensions, ce que nous nous proposons de faire à partir de la notion de réseau technico-économique. L'objectif n'est pas seulement de comprendre les évolutions passées mais également de cerner les enjeux essentiels des changements structurels actuels et d'esquisser les perspectives d'évolution probable.

Le troisième chapitre analyse pourquoi le logiciel est un produit particulièrement difficile à appréhender par l'économiste. Il l'est tout d'abord en raison de son extraordinaire diversité fonctionnelle. Les logiciels pénètrent les domaines d'activité les plus variés et sont confrontés à des problèmes de plus en plus complexes, auxquels il semble que l'informatisation, grâce à l'augmentation de la puissance des matériels et à la baisse de leur coût, puisse apporter une solution. En même temps, dans certains cas, l'informatisation d'une situation peut contribuer à la complexifier davantage. Dans l'économie des logiciels se produisent de multiples innovations qui concernent l'ensemble des dimensions de la production des logiciels : apparition de nouveaux produits, de nouvelles méthodes de production, utilisation de nouveaux outils. Si parfois les changements peuvent être extrêmement rapides, il faut également prendre en compte le temps et les efforts d'assimilation et d'apprentissage, qui expliquent que la diffusion de certaines innovations puisse être beaucoup plus lente. Ces évolutions qui se produisent sur une période très courte (la production de logiciel comme activité distincte n'a pas plus de trente années d'existence) expliquent l'instabilité technologique qui caractérise l'économie du logiciel, et rendent plus difficile son analyse. Sur un plan économique le logiciel n'est pas plus simple à analyser. C'est un produit hétérogène occupant des positions diverses sur le continuum des biens et des services. Parmi les logiciels, les progiciels possèdent "naturellement" les déterminants des biens collectifs, et il est nécessaire de recourir à des mécanismes techniques et juridiques sophistiqués pour contrôler leur reproduction et en faire des produits commercialisables. Enfin, l'évolution des prix des logiciels fait intervenir de multiples mécanismes et il est difficile de leur appliquer les théories habituelles de la valeur de la science économique.

Le quatrième chapitre analyse l'importance des logiciels dans l'économie. On y étudie tout d'abord la place prise par les technologies de l'information et de la communication, dont font partie les logiciels, et la convergence éventuelle de ces technologies, permise par la numérisation des contenus. La question de savoir si ces technologies sont à la base d'un nouveau paradigme est examinée en confrontant les différentes significations que peut prendre la notion de paradigme appliquée à l'économie, et les principales tendances observées dans le fonctionnement de l'économie. La deuxième partie de ce chapitre tente d'apprécier, malgré les difficultés statistiques, l'importance quantitative et qualitative prise par les logiciels au sein de ces technologies, ce qui conduit à mettre en évidence l'existence d'un processus que l'on peut qualifier de "logicialisation" de l'activité économique et sociale.

La deuxième partie ("*De l'économie du logiciel à la socio-économie des « mondes de production » des logiciels*") examine tout d'abord les deux particularités fondamentales de l'économie du logiciel avant d'en proposer un cadre explicatif commun, qui permette également d'appréhender la dynamique de l'économie du logiciel.

La première de ces particularités, traitée dans le cinquième chapitre, est la permanence des "questions critiques" de l'économie du logiciel. L'économie du logiciel fait l'objet depuis ses origines de trois critiques récurrentes : un manque de fiabilité des logiciels produits, une relative inadaptation aux besoins des utilisateurs, et une évolution jugée insuffisante de la productivité dans la production des logiciels, avec ses conséquences en termes de coûts et de délais. Les deux premiers aspects expliquent l'importance démesurée prise par la maintenance, qu'il s'agisse d'une maintenance corrective destinée à éliminer les imperfections constatées ou d'une maintenance adaptative pour améliorer l'adéquation du produit aux attentes des utilisateurs, qui à son tour influe négativement sur la productivité globale du secteur. La réalité de ces problèmes est attestée par la perception des utilisateurs et par l'importance qu'ils occupent dans la littérature spécialisée, qui fourmille d'exemples spectaculaires. Nous tenterons d'effectuer une analyse précise de l'ampleur réelle de ces phénomènes. La persistance de ces problèmes ne signifie pas qu'il n'existe pas des progrès réels dans la production des logiciels, mais plus vraisemblablement que ces progrès restent insuffisants par rapport à l'augmentation de la quantité et à la diversité des logiciels à produire, aux exigences croissantes des utilisateurs, et à la complexité grandissante de ce qui est informatisé.

La deuxième particularité fondamentale de l'économie du logiciel, analysée dans le sixième chapitre, est la diversification croissante de l'économie du logiciel. Celle-ci est examinée sous l'angle de la diversité des produits et des utilisateurs, et surtout sous l'angle de la diversité des producteurs. La diversité des producteurs est appréhendée selon trois dimensions classiques de l'économie industrielle : le statut des producteurs qui recouvre les oppositions entre *faire* et *faire faire*, la taille des entreprises avec les phénomènes de concentration et de multiplication des entreprises due à l'apparition de nouveaux producteurs, l'activité principale des producteurs avec les oppositions entre l'intégration et la désintégration, et entre la diversification et la spécialisation.

Le septième chapitre présente tout d'abord le cadre de la théorie des mondes de production en réexaminant certaines des questions clés de la science économique qui sont à la

base de sa construction : analyse de l'incertitude et plus particulièrement de l'incertitude radicale, conception de la rationalité des agents économiques en montrant l'importance des formes "non instrumentales" de la rationalité, analyse des institutions dépassant les explications en termes de défaillance du marché, importance des conventions dans les différentes modalités de coordination entre agents économiques. Moyennant quelques adaptations la typologie des mondes de production de Robert Salais et Michael Storper est appliquée à l'économie des logiciels. Elle permet de mettre en évidence les fondements de la diversité observée dans l'économie du logiciel, à savoir l'existence de conventions différentes, chacune centrée sur un type de produit, en réponse aux questions critiques de l'économie du logiciel.

Le huitième et dernier chapitre vise à montrer que la coexistence de différents mondes de production est probablement un phénomène durable, et non un phénomène transitoire lié à la jeunesse de l'économie du logiciel. L'argumentation est centrée sur l'existence d'importantes relations de complémentarité entre les mondes de production des logiciels. Toutefois la persistance de plusieurs mondes de production des logiciels ne doit pas masquer les profondes évolutions de ce secteur, qui se concrétisent notamment par des changements dans l'importance respective de chacun de ces mondes. Il se produit à l'intérieur et entre les différents mondes de production des évolutions dynamiques, qui sont analysées en identifiant les principales trajectoires à l'œuvre. L'intérêt de cette analyse est également de montrer comment certaines dynamiques ont déjà affecté différemment les trois grandes zones de production des logiciels que sont les Etats-Unis, le Japon et l'Europe, et de mettre en évidence les perspectives d'évolution les plus souhaitables – mais pas nécessairement les plus probables – pour l'ensemble de l'économie du logiciel, ce qui peut motiver des actions volontaristes.