

CONCLUSION

Dans cette thèse, nous avons montré :

1) que l'économie du logiciel possède deux particularités fondamentales, qui justifient une analyse spécifique, même si cette analyse ne peut être menée indépendamment de l'économie de l'informatique dont elle fait partie ;

2) que la première de ces particularités, à savoir la permanence des questions critiques auxquelles est confrontée l'économie du logiciel, ne peut être expliquée que *partiellement* par les spécificités techniques des logiciels et de leur processus de production ;

3) que la deuxième de ces particularités, à savoir la diversification croissante de l'économie du logiciel, ne peut être expliquée que *partiellement* par les problématiques habituelles de l'économie industrielle ;

4) que l'utilisation d'un cadre théorique socio-économique (la théorie des mondes de production) permet d'enrichir significativement l'analyse de l'économie du logiciel, notamment en permettant d'intégrer les deux dimensions précédemment citées. Il permet d'analyser *l'économie du logiciel comme étant fondamentalement marquée par la coexistence permanente de plusieurs mondes de production, qui reposent sur l'existence de conventions différentes, centrées sur un type de produit, et constituant des réponses différenciées aux questions critiques de l'économie du logiciel.*

5) que cette analyse peut permettre d'appréhender les dynamiques à l'œuvre dans l'économie du logiciel, et éventuellement d'agir en tentant d'influencer les évolutions anticipées.

La démonstration de l'idée centrale de cette thèse – la pluralité durable des mondes de production des logiciels – nous a conduit à mettre en évidence l'importance croissante des logiciels dans l'économie d'une part, les spécificités des logiciels d'autre part. L'ensemble des résultats principaux de notre recherche peut être synthétisé de la façon suivante.

L'importance croissante des logiciels

L'importance croissante des logiciels dans la vie économique et sociale – que l'on peut qualifier de *logicialisation des activités* – a été démontrée à un double niveau.

Tout d'abord, il apparaît nettement que l'information et les connaissances jouent un rôle croissant dans l'économie, que ce soit au niveau de l'importance prise par les biens et services informationnels, ou au niveau du fonctionnement des organisations comme de l'ensemble de l'économie. Les technologies de l'information et de la communication, technologies "invasives", ont joué un rôle majeur dans cette évolution. Par contre, elles ne nous semblent pas conduire à l'existence d'un nouveau paradigme unique, même qualifié de socio-économique, en raison de la diversité des évolutions dont elles sont porteuses et de la pluralité durable des configurations productives, représentant différentes cohérences possibles entre changements socio-organisationnels, changements techniques et changements économiques. Au sein de ces technologies de l'information et de la communication en forte croissance, l'extension du rôle des logiciels est un phénomène incontestable et qui va se poursuivre, malgré une sous-estimation durable de leur importance, et en dépit des difficultés d'évaluation statistique.

Au niveau plus précisément de l'informatique, l'analyse de son évolution est également riche d'enseignements. Nous avons analysé l'histoire de l'informatique comme la constitution successive de réseaux technico-économiques structurés par des standards. Nous avons vu que les processus de standardisation pouvaient être l'œuvre d'acteurs divers (entreprises, Etat mais également organismes alternatifs), qu'ils pouvaient ne pas être nécessairement optimaux et malgré tout perdurer, permettant la consolidation et l'extension d'un réseau technico-économique, qui en retour renforce ces standards. Toutefois, dans un contexte marqué par la très forte croissance de l'informatique, l'existence d'innovations techniques et de nouveaux besoins, correspondant notamment à des changements culturels, a permis l'émergence de nouveaux réseaux technico-économiques, qui coexistent avec les anciens, la situation actuelle étant marquée par une fusion tendancielle entre ces différents réseaux. Ce que montre cette histoire, c'est que les problèmes déterminants (notamment les questions de standardisation) se sont déplacés progressivement du champ du matériel informatique vers le champ des logiciels, et que les acteurs majeurs de l'informatique sont de moins en moins des producteurs de matériels et de plus en plus des producteurs de logiciels.

Les spécificités du logiciel

Dans le traitement automatique de l'information, le logiciel a un statut original d'objet frontière entre le monde humain et le monde machinique, "d'acteur non humain" partie prenante d'un système informatique. Un logiciel se présente sous la forme d'un texte numérique actif doté de nombreuses caractéristiques, qui sont le reflet de la diversité des points de vue existants.

Le logiciel apparaît comme un objet technologiquement complexe : il vise à apporter des solutions à des problèmes de plus en plus complexes – que dans certains cas il contribue à complexifier davantage – en pilotant un système, le système informatique, qui se caractérise également par une grande complexité. Il existe une dynamique puissante d'augmentation simultanée de la puissance des matériels et de la complexité des logiciels, basée sur la force des relations de complémentarité techniques et économiques entre ces deux activités.

Malgré sa jeunesse, le logiciel est marqué par un foisonnement d'innovations, qui concernent l'extension accélérée de ses domaines d'applications, la création de nouveaux produits, le renouvellement des méthodes et des techniques de production, et l'utilisation d'outils d'automatisation (génie logiciel). La forte dynamique innovatrice de l'économie du logiciel est confirmée par le fait que les innovations dans le domaine des logiciels concernent *tous* les types d'innovations mis en évidence par les économistes qui souhaitent appréhender l'ensemble des innovations existant dans l'économie. Par contre, les rythmes de diffusion très différenciés de ces innovations expliquent l'hétérogénéité technologique de l'économie du logiciel et le fait qu'elle semble caractérisée par une instabilité technologique permanente.

Sur un plan plus économique, le développement de logiciels sur mesure constitue une activité de services, alors que les progiciels sont des biens intangibles. Les progiciels possèdent "naturellement" des caractéristiques de biens collectifs des biens intangibles. De ce fait, pour rendre un progiciel appropriable, il est nécessaire de recourir à des dispositifs techniques (à efficacité limitée) et à des dispositifs juridiques. La variété de ces dispositifs, les problèmes que pose leur application aux progiciels, expliquent la diversité des statuts juridiques des progiciels et l'apparition de formes originales comme les licences publiques à la base des logiciels libres. Enfin, les logiciels se caractérisent par des mécanismes singuliers de détermination de leur prix. Les théories de la valeur ne semblent pas pouvoir s'appliquer

aisément au cas des logiciels : il est particulièrement difficile d'appréhender la valeur d'usage d'un logiciel, ce qu'illustre particulièrement les débats sur l'appréciation des effets de l'informatique ("paradoxe de Solow"). Quant à la théorie de la valeur travail, elle ne peut s'appliquer à des biens qui, soit ne sont pas reproductibles (logiciels sur mesure), soit sont trop facilement reproductibles (progiciels).

Pluralité et dynamique des mondes de production des logiciels

Indépendamment des progrès bien réels existants, la production des logiciels présente des spécificités qui rend particulièrement difficile la réalisation de logiciels qui seraient conjointement très fiables, bien adaptés aux besoins des utilisateurs et produits avec de hauts niveaux de productivité. En particulier la résolution d'une des questions critiques de l'économie du logiciel rend souvent impossible des progrès identiques sur les autres dimensions. Il en résulte que dans l'économie du logiciel se développent simultanément des processus différents de rationalisation de l'activité, distincts selon les nécessaires compromis opérés entre les différentes caractéristiques de l'activité, ce qui confère à l'économie du logiciel une grande diversité.

Cette diversité a été analysée en termes de mondes de production des logiciels. Chacun des mondes de production occupe une position particulière par rapport aux questions critiques de la production des logiciels. Le *monde interpersonnel* représente les difficultés à concilier productivité et fiabilité élevées dans la production de logiciels sur-mesure. Le *monde fordiste* des progiciels commerciaux se caractérise par une forte productivité mais une qualité souvent décevante, et ne peut répondre qu'à des besoins standard. Le *monde de la création* des logiciels libres apporte une certaine originalité et une efficacité indéniable sur certains segments de l'économie des logiciels, mais rencontre plus de difficultés pour s'étendre à l'ensemble des utilisateurs et des produits. Le *monde de la production flexible* des logiciels est porteur de potentialités pour concilier productivité et adaptation aux besoins des utilisateurs, mais il a du mal à se développer, surtout dans sa composante la plus prometteuse (la production de logiciels sur mesure à partir de composants standard).

Si la coexistence de mondes de production différents est un phénomène durable dans l'économie du logiciel, notamment en raison des très fortes complémentarités existant entre ces mondes, il n'empêche que l'économie du logiciel connaît d'importantes évolutions dynamiques. Ces changements se traduisent par l'existence de *plusieurs* trajectoires,

correspondant au déplacement d'une production effectuée dans un monde de production vers un autre monde de production. A côté d'une trajectoire d'industrialisation, qui aboutit à une production en grande série de biens standard (monde "fordiste spécifique" des progiciels commerciaux), existent également des trajectoires de valorisation, de flexibilisation et d'objectivation, qui peuvent permettre un développement du monde de production flexible des logiciels, à partir des trois autres mondes de production. Cette analyse a permis de mettre en évidence la domination *actuelle* des Etats-Unis sur l'économie du logiciel, grâce à une industrialisation beaucoup plus rapide de leur production. Mais l'existence d'autres trajectoires, et notamment de celle que nous avons qualifiée de valorisation, peut contribuer à modifier cette situation. De ce point de vue, le développement du monde de production des logiciels libres, outre sa contribution au nécessaire maintien d'une certaine diversité des progiciels, peut être riche de potentialités pour favoriser l'avènement d'un véritable "sur mesure de masse" dans l'économie du logiciel, grâce à la production de composants logiciels libres. Toutefois, il n'est pas évident que l'extension du champ des logiciels libres se poursuive aussi spontanément que cela a été le cas jusqu'à présent. L'analyse des différents facteurs du développement des logiciels libres montre que les facteurs défavorables à leur essor risquent de dominer les facteurs favorables. De ce point de vue, une action volontariste et multiforme des pouvoirs publics en faveur des logiciels libres pourrait être bénéfique.

Cette recherche pourrait être approfondie, notamment en ce qui concerne l'étude des dynamiques de cette économie. Une poursuite des investigations empiriques sur une période plus longue (certains phénomènes comme le développement du monde de la création, et certaines modalités du monde de production flexible sont très récents) et la construction d'un cadre théorique complet et adapté, qui intégrerait notamment certains apports des théories évolutionnistes, pourrait permettre de valider ou d'infirmer les hypothèses émises.

L'utilisation d'un tel cadre théorique pourrait être également mobilisée pour effectuer des comparaisons sur les dynamiques que connaissent d'autres secteurs économiques, également marqués par la pluralité des formes de coordination de l'activité. A terme, un objectif très ambitieux, mais qui nous semble non dénué d'intérêt, serait d'intégrer l'étude des dynamiques sectorielles et l'étude de la dynamique d'ensemble d'une économie, dans la

mesure où il existe des interdépendances fortes entre ces deux niveaux d'analyses. Cette analyse pourrait utilement s'appuyer sur certains travaux récents des économistes de l'école de la régulation.

De façon peut-être plus réaliste à court terme, un autre axe de recherche pourrait être d'utiliser certains résultats de notre recherche pour analyser les modalités des échanges qui se déroulent par l'intermédiaire d'Internet. Ces échanges se développent rapidement sous de multiples formes : *Business To Business*, *Business To Consumer* dans une moindre mesure, mais aussi *Peer to Peer*. Le développement de ces échanges «d'égal à égal» constitue d'une certaine façon un retour à la philosophie initiale d'Internet, mais pose de redoutables défis économiques et juridiques. De façon plus générale, l'hypothèse que nous pourrions alors tester est qu'il nous semble peu vraisemblable que les échanges économiques réalisés par l'intermédiaire d'Internet s'effectueront selon un modèle dominant qui s'imposerait inéluctablement, et qu'au contraire coexisteront durablement plusieurs façons de penser la production au sens large, dont certaines intégreront les principales caractéristiques des mondes de production des logiciels.

Nous espérons que l'analyse de l'économie du logiciel que nous avons effectuée a permis d'enrichir la compréhension de cette activité. L'étude de ce secteur, et notamment la place qu'a prise le monde de la création des logiciels libres, nous a conforté dans la nécessité d'intégrer d'autres analyses du comportement humain que la seule rationalité instrumentale, et d'autres mécanismes de coordination que le seul recours au marché. L'étude des perspectives d'évolution de l'économie des logiciels intègre quelques propositions d'action des pouvoirs publics. Une satisfaction personnelle serait que ce travail contribue modestement à une réflexion sur une "informatique au service du plus grand nombre et non accaparée pour les plus grands profits du plus petit nombre" (Roberto Di Cosmo, Dominique Nora, 1998, p. 12).