

## II. LES APPROCHES MACROECONOMIQUES DE L'EVOLUTIONNISME

Nathalie Lazaric

Dans la lignée de Nelson et Winter [1982], toute une série de recherches considèrent le contexte dans lequel l'innovation peut soutenir la croissance économique et enclencher une dynamique économique. On peut distinguer, d'une part, des travaux à fort contenu empirique qui examinent la nature de la sélection technologique. Dans cette direction, un résultat significatif est de montrer pourquoi l'issue de la compétition technologique est non optimale. La notion de système national d'innovation (SNI) illustre une autre dimension : l'insertion dans un tissu institutionnel contribuant à soutenir la nouveauté.

Ces résultats et l'analyse de la dynamique historique permettent, d'autre part, une représentation du niveau macroéconomique. Les modèles dits « néoschumpétériens » appréhendent ainsi des questions de développement économique et de croissance. Une typologie tentera de clarifier leurs origines et leurs apports en relation avec les modèles de croissance endogène. Ces derniers, parfois similaires dans leurs formalismes, ont des objectifs très distincts.

### L'ANALYSE DE LA SCIENCE ET DE L'INDUSTRIE : UNE IMPORTANTE COLLECTION DE FAITS STYLISÉS

Tout un ensemble de résultats empiriques soulignent les conditions effectives de la création technologique. L'histoire fournit les paramètres initiaux de la sélection et apporte les conditions institutionnelles et sociales propices à son émergence. En partant d'un examen de cette dynamique, les processus d'autorenforcement créent un ensemble d'externalités non seulement sur l'offre technologique mais aussi sur les institutions. Ces faits stylisés aboutissent à une conceptualisation spécifique de la firme innovante. Il en ressort une originalité de chaque SNI et une potentielle évolution compte tenu des inerties potentielles au sein de chaque système.

### LES CONTRAINTES HISTORIQUES AU CŒUR DES PROCESSUS D'INNOVATION

Arthur [1988] et David [1985] ont réalisé d'importants travaux empiriques qui ont permis d'enrichir la compréhension des processus de sélection. Nelson et Winter, à travers la notion de trajectoire technologique, avaient lancé des recherches sur la nature cumulative de la technologie en soulignant l'importance des effets d'apprentissage et des économies d'échelle. Les efforts empiriques et analytiques d'Arthur et de David vont être décisifs pour éclairer la sélection des technologies et ouvrir une réflexion sur les dynamiques du système capitaliste. En effet, pour ces auteurs, la compétition, largement imprédictible, dépend d'une somme de petits événements sociaux et institutionnels qui ont un impact décisif sur le processus d'adoption. L'issue de la compétition est donc loin d'être optimale car ce n'est pas la meilleure technologie qui sera sélectionnée mais celle qui, par un processus d'adoption précoce, a été choisie plus tôt et s'améliore au détriment d'autres options technologiques arrivées ultérieurement. Les adoptions précoces et les divers aléas historiques (les « petits événements ») peuvent ainsi biaiser la compétition.

Pour Arthur, à la base de cette sélection tronquée résident les rendements croissants d'adoption (RCA) se résumant à cinq points :

1) l'apprentissage par l'usage. Ce processus, décrit par Rosenberg [1982], repose sur le fait que plus la technologie est adoptée, plus les agents économiques apprennent à connaître ses caractéristiques et améliorent sa performance ;

2) les externalités de réseau. C'est la dynamique par laquelle plus la technologie se développe, plus sa valeur d'usage augmente (cas typique du téléphone ou d'Internet). L'augmentation de l'utilité de la technologie induit un accroissement de sa variété et de la qualité des services offerts ;

3) les économies d'échelle. Plus la technologie se diffuse, plus les coûts fixes diminuent face à l'augmentation des quantités produites. Le prix diminue, rendant cette technologie plus attractive ;

4) les rendements croissants d'informations. Lors de l'adoption, l'aversion au risque concernant la nouveauté décroît et élargit la communauté d'utilisateurs réticents ;

4) les rendements croissants d'informations. Lors de l'adoption, l'aversion au risque concernant la nouveauté décroît et élargit la communauté d'utilisateurs réticents ;

5) les interrelations technologiques. Ce concept, très proche de celui d'interdépendance technologique développé par Rosenberg [1982], montre que, lors du développement d'une technologie, son environnement scientifique et technique se structure, offrant ainsi des composants nécessaires à sa production. La technologie non adoptée deviendra ainsi moins efficace car elle peut manquer d'*inputs* nécessaires à sa production. On retrouve ici le cas classique de la voiture électrique qui, développée au début du XX<sup>e</sup> siècle, est tombée en désuétude face à la voiture au moteur thermique. Le moteur électrique, dans les années 1980, n'avait pas pu prendre son envol car toutes les recherches convergeaient vers d'autres options, privant la trajectoire électrique de recherches pour l'amélioration des batteries. Les interdépendances technologiques soulignent donc comment l'innovation s'inscrit dans un ensemble plus vaste qui structure ses avancées : système technique ou système d'innovation.

Les conséquences de ces RCA permettent d'observer des inefficiences potentielles. En effet, au début de la compétition technologique, certains agents sont amenés à prendre des décisions qui créeront plus tard des formes d'irréversibilité. Des décisions précoces peuvent se révéler fâcheuses car les technologies sont rarement au même niveau de développement. Le choix peut s'opérer sur la technologie la plus développée qui bénéficie d'« apprentissage par l'usage ». Or rien ne prouve qu'elle est potentiellement la plus efficace (du moins au niveau de ses caractéristiques techniques). Pour décrire ce processus, David parle de « contrainte de sentier » car une somme de « petits événements » peut être décisive. Les modèles d'Arthur et de David invitent donc à retracer l'histoire des technologies lors de leur adoption pour mieux comprendre les choix opérés par les agents publics ou privés.

Les illustrations de ces RCA mettent en exergue les formes de verrouillage mises en œuvre. L'exemple le plus connu est celui du fameux clavier Qwerty (l'équivalent anglophone du clavier Azerty) qui constitue le socle initial de ces travaux. Ce clavier, dont le design est aujourd'hui reconnu par les historiens et les ergonomes comme non optimal et inférieur, d'un point de vue ergonomique, résulte d'un ensemble de petites décisions non coordonnées prises par les premiers producteurs de machines à écrire, les instituts de formation, les employés et leurs employeurs. En fait, son adoption précoce, au détriment de son concurrent, le clavier Dvorak, a créé des irréversibilités liées en particulier à la formation importante pour sa diffusion. En résumé, une fois le clavier Qwerty adopté, les instituts de formation ont créé des formes d'inertie rendant le développement d'un autre clavier plus difficile. Les exemples de ce cas de figure abondent. Le cas de la compétition entre les standards de magnétoscopes VHS (développé par la firme JVC et Matsushita) et Betamax (mis au point par Sony) met en évidence des coalitions complexes où le processus peut se renverser au détriment du premier entré en course. Dans le cas de la compétition entre VHS et Betamax, les alliances entre JVC et Matsushita furent déterminantes. Ce cas, décrit par Arthur [1990], montre aussi l'action des acteurs face aux « événements » extérieurs, et la façon dont ils vont parfois jusqu'à créer des actions pour modifier l'issue de la course en leur faveur.

Cette approche historique peut sembler délicate car il est difficile, après coup, de montrer qu'une autre voie technologique aurait été envisageable. Certaines critiques de Liebowitz et Margolis [1994] ont ainsi souligné que l'exemple du clavier Qwerty serait plus un « mythe » qu'une réalité. Néanmoins, leurs données empiriques nuancent les faits plus qu'ils ne les contredisent. Selon Margolis [2005], le clavier Dvorak semblait, d'un point de vue technique, représenter un léger avantage. En fait, il s'agit plus d'une critique méthodologique au niveau de l'analyse contrefactuelle que d'une réelle remise en cause des RCA car il est difficile, après coup, de montrer la supériorité technologique d'une option quand elle n'a pas pu se développer. De nombreux auteurs furent amenés, par la suite, à manier les faits empiriques avec plus de minutie pour aboutir à des conclusions plus robustes.

L'exemple de l'adoption du standard dominant pour la largeur des voies des chemins de fer montre ainsi la signification de cette dynamique, à partir d'une collecte de données exemptes d'ambiguïtés [Puffert, 2002]. Au début du XIX<sup>e</sup> siècle, l'ingénieur George Stephenson, lors du choix de la largeur des voies pour acheminer le charbon vers les ports, fut amené à prendre une décision importante pour homogénéiser le réseau local. Il choisit cette largeur par référence à celles des voies de la région de Newcastle (lieu dont il était natif). C'est à partir de cette largeur initiale que les

George Stephenson, lors du choix de la largeur des voies pour atteindre le charbon vers les ports, fut amené à prendre une décision importante pour homogénéiser le réseau local. Il choisit cette largeur par référence à celles des voies de la région de Newcastle (lieu dont il était natif). C'est à partir de cette largeur initiale que les premières lignes de chemin de fer furent construites en 1825. Par la suite, lorsque le réseau s'étendit de Liverpool à Manchester, la largeur « Stephenson » fut utilisée et s'étendit vers les pays voisins, notamment les Pays-Bas. L'adoption de ce standard illustre les apprentissages localisés. En effet, en fonction des espaces géographiques, les réseaux ont intérêt (ou non) à s'harmoniser (voir, à cet égard, le cas de l'Espagne dont le réseau reste différent, et celui d'autres pays comme la Nouvelle-Zélande). Outre l'importance flagrante de la notion d'externalité de réseau, ces nouvelles données mettent en exergue le choix des technologies dans un contexte historique, social et institutionnel créant divers processus de causalité cumulative.

Plus récemment, cette perspective fut redéveloppée pour expliquer les difficultés rencontrées dans l'adoption de technologies « durables » réduisant l'émission de CO<sub>2</sub>. Le constat était le suivant : les technologies faiblement consommatrices d'énergie existent et sont, parfois, moins chères et plus économiques (par exemple, les ampoules de basse tension), mais demeurent faiblement adoptées. Ce paradoxe montrant l'inertie au niveau individuel et institutionnel repose sur plusieurs facteurs [Unruh, 2000 ; Könnöla et Unruh, 2007].

Pour Unruh [2000], une large partie des processus d'enfermement technologique s'explique par des dynamiques institutionnelles : la technologie fait partie d'un système qui l'autoalimente. Pour comprendre la difficulté d'adopter des technologies dites « propres » dans l'industrie automobile américaine, l'examen de plusieurs variables apparaît nécessaire. Au début du XX<sup>e</sup> siècle, le moteur thermique n'était pas l'option favorite et le réseau américain était largement doté d'infrastructures électriques alimentant les moteurs électriques. D'autres options coexistaient, notamment le moteur à vapeur et le moteur à gaz. La bataille des standards a abouti à mettre en place le moteur à combustion thermique et a réduit le nombre d'acteurs de l'industrie automobile (une douzaine en 1890 et seulement trois en 1920 : Ford, Chrysler et General Motors). Une fois que le moteur thermique fut dominant, l'environnement scientifique et institutionnel se structura avec l'apparition, dans les universités américaines, de nouvelles disciplines faisant progresser l'état de l'art, de nouvelles associations professionnelles ainsi qu'un ensemble d'institutions renforçant le développement du réseau autoroutier, des firmes pétrolières... Au sein même des firmes, telles que General Motors, des compétences spécifiques émergèrent et la R&D se structura autour du moteur thermique. General Motors mit en place une division du travail autour des nouveaux développements de moteurs à partir des vingt-deux sous-systèmes existants du moteur thermique, ce qui créa de fortes rigidités pour développer des nouveaux moteurs [Unruh, 2000]. Sa position dominante autour du moteur thermique, et la division du travail qui en découla engendrèrent de fortes inerties limitant l'allocation de ressources vers la recherche de nouveaux moteurs.

Les verrouillages sont présents au niveau technologique et institutionnel avec la structuration d'un système d'innovation, mais aussi au niveau organisationnel avec les compétences des firmes pouvant devenir de véritables rigidités [Leonard-Barton, 1992]. De plus, le poids des habitudes et l'efficacité de certains de nos gestes quotidiens créent des inerties comportementales car les individus sont rarement conscients de leur importance [Maréchal et Lazaric, 2010]. Certaines formes d'automatismes rendent parfois difficile l'abandon de certaines pratiques réalisées sans réel processus de délibération (habitudes énergétiques, habitudes de consommation et de recyclage). Ces formes d'inertie nécessitent un réel effort et un investissement pour les modifier en profondeur. Ainsi, on trouve bien à la base de ce verrouillage diverses causalités qui ne se résument pas à la seule variable technologique. La notion de système d'innovation illustre cette imbrication.