

Modélisation de la gouvernance technologique

[The modeling of technological governance]

Majid AJEDDI

Department of management,
University Mohammed V,
Rabat, Morocco

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this paper, we study the technological governance dynamic international within a new frame work which extends models used in the literature. The technological governance is now recipient of the technological projects within the new organizations. Which are the rules of technological governance international like its borders? Which are the methods of its quantification? The objective of our research is then to construct a global model of evaluation of the technological governance dynamic by method of physical science. Firstly, we will try to formulate the equation the technological governance. Secondly, we will borrow the model of dynamic Newtonian. In order to be clarified on the evaluation and measure of the technological governance and to find out the variable upon which it depends.

Kinematics and Newtonian dynamics will serve to quantify the technological advance of firm or industry which will make it possible to inform the decision makers about the state of health of their technology and to guide them in their ulterior strategic choices.

KEYWORDS: Governance, Technological Dynamics, Physics, Patents, R&D.

RESUME: L'objectif de cette recherche est donc la construction d'un modèle global d'évaluation de la gouvernance technologique (GT) par deux méthodes de la science physique. Dans un premier temps, nous allons essayer de formuler l'équation de propagation de la gouvernance technologique et de voir aux quelles variables elle dépend le plus, en nous inspirant du modèle de la physique ondulatoire. Dans un second temps, nous emprunterons le modèle de la dynamique physique (la cinématique et la dynamique Newtonienne) pour nous éclairer sur l'évaluation et la mesure de la GT. Cette dernière serve à quantifier l'avance technologique d'une entreprise ou d'une industrie ou d'un pays, afin de guider les décideurs sur l'état de santé de leur technologie, donc de leur survie.

MOTS-CLEFS: Gouvernance, Dynamique technologique, Physique, Brevets, R&D.

"En fait, la dialectique n'est pas autre chose que la science des lois générales du mouvement et du développement de la nature, de la société humaine et de la pensée".

F. Engels¹

¹F.Engels "Anti-dürhing" p.170 éditions sociales , 1973.

1 INTRODUCTION

Nous entendons par gouvernance technologique (GT) l'ensemble des orientations stratégiques (par la diffusion, l'apprentissage et le management des discontinuités technologiques) permettant l'évaluation et le perfectionnement permanent aux niveaux des processus de la recherche et développement, de l'invention, et de l'innovation dont l'objectif est d'améliorer les performances économiques. L'étude du rythme de la gouvernance technologique (GT) a suscité l'intérêt d'un grand nombre d'économistes contemporains (R.Foster (1986), R.M. Henderson Et K.B.Clark, (1990), Gupta et Wilemon (1990), G. Dosi, R.Nelson Et S. Winter (2000), M. Wallace et L .Webber (2011), etc.), par contre manifeste une certaines carences au niveau de sa modélisation.

L'objectif de cet article est la construction d'un nouveau modèle global d'évaluation de la GT par déduction au niveau de deux méthodes de la science physique. Nous allons appliquer un raisonnement hypothético-déductif au niveau de notre approche. Le raisonnement part des dispositions générales de la science physique, connues d'avances, à une situation particulière de la GT au niveau économique. Notre démarche consistera à trouver une déduction simplifiée permettant l'étude de la GT en tant que phénomène physique quantifiable².

Dans un premier temps, nous allons essayer de formuler l'équation de propagation de la gouvernance technologique et de voir aux quelles variables elle dépend le plus, en nous inspirant du modèle de la physique ondulatoire. Dans un second temps, nous emprunterons le modèle de la dynamique physique (la cinématique et la dynamique Newtonienne) pour nous éclairer sur l'évaluation et la mesure de la gouvernance technologique.

2 ESSAI DE FORMULATION DE LA PROPAGATION DE LA GT

Une question s'impose : où faut-il chercher l'origine des idées qui peuvent nous conduire à la mécanique ondulatoire pour expliquer le phénomène de propagation de la gouvernance technologique?

Les développements de la théorie schumpetérienne sont essentiellement basés sur l'hypothèse fondamentale que le progrès économique se propage sous la forme d'onde d'entrepreneurs innovateurs, par un rayonnement, qui se réalise de façon discontinue au niveau de la qualité et de la quantité des inventions.

Le concept de la destruction créatrice chez Schumpeter renferme l'essence de notre explication des ondes technologiques. Exclure l'idée de la destruction créatrice chère à Schumpeter serait rendre impossible, du moins difficile, la compréhension de la gouvernance technologique.

Pour Schumpeter, c'est la mutation du processus industriel "qui révolutionne incessamment de l'intérieur la structure économique, en détruisant continuellement ses éléments vieilliss et en créant continuellement des éléments neufs. Ce processus de Destruction Créatrice constitue la donnée fondamentale du capitalisme: c'est en elle que consiste, en dernière analyse, le capitalisme, et toute entreprise capitaliste doit, bon gré mal gré, s'y adapter."³.

Les ondes ne sont que des fonctions qui se propagent en cascade avec des amplitudes maximales et minimales. Les entreprises se positionnent dans le marché par leur poids technologique (innovations) et voient la valeur de leurs innovations fluctuer en fonction de la concurrence (voir figure 1). Le phénomène de propagation technologique peut s'interpréter grâce au caractère ondulatoire des innovations entre les entreprises.

Un milieu économique⁴ est susceptible de propager graduellement la perturbation produite par une innovation. En physique, ce phénomène est connu sous le terme d'ondes. Ce concept s'est adapté à différents problèmes de physique comme le note M. Alfonso et E.J.Finn⁵ " le physicien a étendu le concept et l'a appliqué à un grand nombre des phénomènes qui ne se ressemblent pas à l'image objective d'une onde à la surface de l'eau mais qui obéissent à la même description mathématique".

²Notre recours au schéma de pensée de la science physique nous a semblé le plus adéquat, vu l'avance de cette science dans l'étude des mouvements et des trajectoires.

³J.A.Schumpeter (1942) "Capitalisme, socialisme et démocratie", traduction française par G.Fain Ed Payot, 1954.,p.164-65.

⁴Ici nous traitons un milieu quasi-favorable à la propagation de l'innovation.

⁵M.Alfonso & E.J.Finn(1970). "Physique générale" Tome II Champs et ondes .Ed du renouveau pedagogique, I N C. Montréal, Paris , p 252 .

Toutes les ondes sont des phénomènes spatio-temporels nombreux et elles varient selon une variable physique F bien définie. Une onde se propage à la vitesse v et se définit par une fonction G^6 de variable $(t - x/v)$.

Ceci se résume par l'équation :

$$F=G(t - x/v)$$

Notre travail consistera à étudier l'équation à laquelle obéit l'onde associée à la dynamique de la gouvernance; l'amplitude de cette onde en un point M quelconque de l'espace économique, qui est naturellement une fonction de ces coordonnées x , y , z et t , tout en supposant que:

- x = le niveau des inventions des produits à étudier.
- y = le nombre d'entreprises concurrentes se situant dans l'espace en question.
- z = les ventes issues des produits incorporant l'innovation concernée.

En un point M de l'axe OX , l'amplitude $F(x, t)$ de l'onde aura une expression identique, sauf un retard θ , mise par l'onde pour aller de O à M . On exprime ce dernier en fonction de la distance parcourue.

$$F(x, t) = a \sin 2\pi v(t - \theta) = a \sin 2\pi(vt - x/\lambda)$$

$$\text{Avec } v=1/T = \omega/2\pi \quad \lambda=2\pi/k \quad \theta/T = x/\lambda$$

- a : représente le niveau de la recherche du domaine à étudier.
- v : étant la fréquence des innovations dans le domaine technologique concerné.
- $t-\theta$: étant le temps de diffusion de la technologie en question.

- On dérive $F(x, t)$ par x

$$\partial F(x, t) / \partial x = -2\pi/\lambda (\cos 2\pi(vt - x/\lambda))$$

$$\partial^2 F(x, t) / \partial x^2 = -4\pi^2 a / \lambda^2 \sin 2\pi(vt - x/\lambda)$$

-On dérive $F(x, t)$ par t

$$\partial F(x, t) / \partial t = 2\pi v a \cos 2\pi(vt - x/\lambda)$$

$$\partial^2 F(x, t) / \partial t^2 = -4\pi^2 v^2 a \sin 2\pi(vt - x/\lambda)$$

la vitesse de propagation de l'onde : $v_0 = \lambda v$

En éliminant $\sin 2\pi(vt - x/\lambda)$ des équations ci-dessus, on obtient l'équation différentielle du second ordre à coefficient constant de propagation de la gouvernance technologique le long de l'axe ox :

$$\partial^2 F / \partial x^2 = (1 / v_0^2) \partial^2 F / \partial t^2$$

La propagation de l'onde associée à notre dimension doit donc satisfaire l'équation:

$$\partial^2 F / \partial x^2 + \partial^2 F / \partial y^2 + \partial^2 F / \partial z^2 = (1 / v_0^2) \partial^2 F / \partial t^2$$

$$\Delta F = (1 / v_0^2) \partial^2 F / \partial t^2$$

ΔF : est un opérateur "Laplacien" de la fonction F .

$$F = a \sin(2\pi vt) \quad \Delta F = \Delta a \sin(2\pi vt), \quad v_0 = \lambda v$$

$$\Delta a + 4(\pi^2 v^2 / v_0^2) a = 0$$

En fin de compte l'équation de propagation de l'onde de la gouvernance technologique dépend uniquement de son amplitude c'est-à-dire du niveau de la recherche scientifique, de sa fréquence et inversement proportionnelle à sa vitesse de

⁶ voir par exemple M.ALFONSO&E.J.FINN "Physique générale", op.cit 1970, p 255.

propagation (plus de propagation de l'innovation plus d'imitateurs moins de revenue pour l'innovateur). Ces dernières sont étroitement liées au degré du management de la technologie. Onde et relativité est un couple inséparable dans la physique, de même pour l'onde de l'innovation technologique; la propagation de l'onde technologique à un effet consécutif sur le comportement innovateur des autres agents économiques: soit elle l'amplifie, soit elle le démunie, soit enfin elle l'annule.

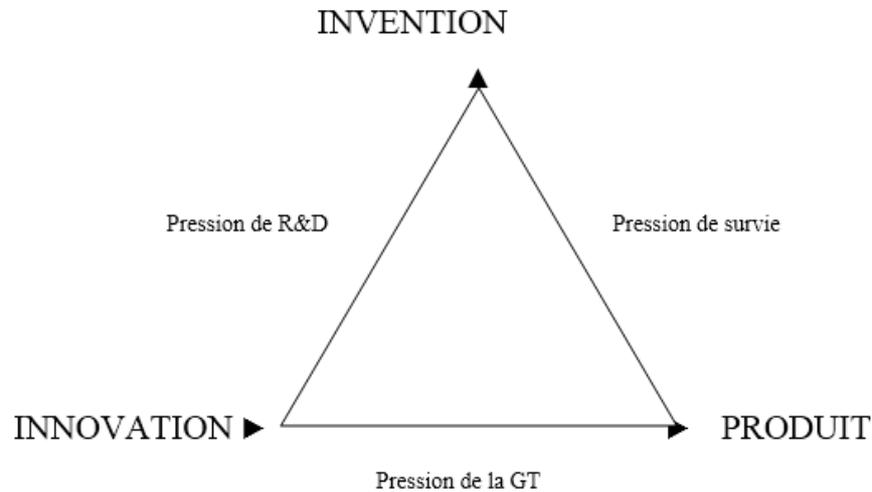


Figure 1: Les caractéristiques de l'onde des innovations technologiques

Par nos soins

3 LA DYNAMIQUE DE LA GOUVERNANCE TECHNOLOGIQUE

La maîtrise de la GT est devenue une impérative majeure pour les pays soucieux de leur développement, vu son impact sur l'économie et la société en général, même si son coût est devenu extrêmement élevé pour déboucher sur des inventions remarquables (l'exemple de la NASA pour les États-Unis). Les savoirs et les compétences des pays développés sont pratiquement les mêmes et la supériorité de l'un ou de l'autre ne dure pas longtemps dû à la veille technologique.

Les interactions des champs de la GT se succèdent en une progression considérable et la croissance du nombre des inventions et des innovations sont très importantes d'une année à l'autre grâce aux forces de la R&D et aux pressions du marché et l'assistance des pouvoirs publics de façon directe et indirecte par la veille technologique (voir Fig.2).

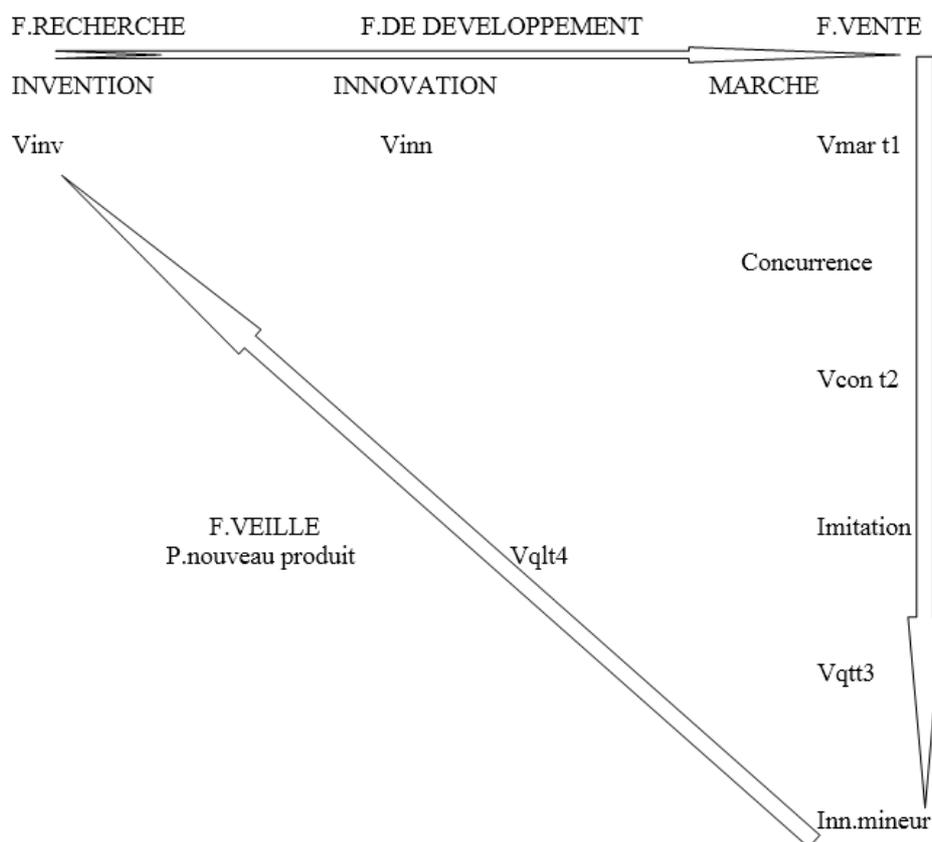


Fig 2 : LES INTERACTIONS DES PHENOTYPES DE LA GT

Par nos soins

Les notations:

F: force, E : effet, P: pression, V_{inv} : la valeur d'invention, V_{inn} : la valeur d'innovation

$V_{mar t1}$: la valeur de la technologie au marché à l'instant t1

$V_{con t2}$: la valeur de la technologie à l'instant t2 issue de la concurrence

$V_{qt t3}$: la valeur de la technologie à l'instant t3 est dictée par la quantité de son offre.

$V_{ql t4}$: à l'instant t4 la démarcation se fait par la qualité suite éventuellement à des innovations mineures.

La dernière étape est celle de la survie de la firme conditionnée par la réalisation d'un nouveau produit, ainsi la boucle des interactions des champs de la gouvernance technologique est bouclée.

On note que: $V_{inv} > V_{inn} > V_{mar t1} > V_{con t2} > V_{qt t3} > V_{ql t4}$.

La conception et la circulation des innovations ne durent pas longtemps, on assiste à une diminution du temps qui sépare l'invention à son introduction dans l'industrie par les interactions des forces de la GT qui sont animés essentiellement par motif de profit et pression de survie des entreprises (voir figure 3). On assiste à une nouvelle ère de transport d'informations technologiques notamment par la veille technologique, leur répercussion aura un effet de boule de neige sur la GT par interaction directe et indirecte.

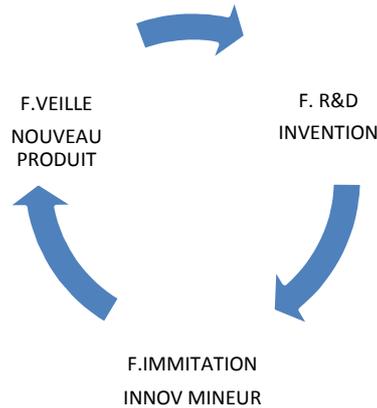


Fig 3 : LES INTERACTIONS DES GENOTYPES DE LA GT

La dynamique de la gouvernance technologique est une donnée spatio-temporelle et ses phénotypes (fig.2) et génotypes (fig.3) sont bien déterminés chez les pays développés, ce qui nous permet de l'approcher au niveau de la science physique.

Dans cette perspective, nous pouvons faire référence à M.Faber et J.L.Proops (1991, p 58-59) qui considèrent que la physique est entièrement concernée par l'évolution des phénotypes, ce qui explique son succès et l'intérêt que d'autres disciplines lui portent en adoptant ses modèles. Le parallélisme que nous allons adopter entre la dynamique physique et la dynamique de la gouvernance technologique peut être considéré avec toute l'attention que mérite un nouveau modèle qui essaie de présenter la voie scientifique dans le domaine économique. Nous allons emprunter la dynamique de l'accélération dans la science physique dans ce qui suit, puis l'appliquer à la technologie.

C'est en mécanique que s'effectue la rencontre des mathématiques et de la réalité de la dynamique physique. C'est par l'étude de la mécanique que les physiciens apprennent à schématiser des phénomènes réels et à fournir des descriptions théoriques des mouvements. Pour cette raison, nous allons uniquement faire appel à la mécanique classique, vu d'une part, la difficulté à saisir la mécanique relativiste et à trouver une corrélation quantifiable entre les variables quantiques et économiques, et d'autre part la carence des statistiques entrant dans le modèle quantique de la gouvernance technologique qui constitue elles aussi un véritable frein face à une telle démarche.

3.1 L'APPROCHE DE LA GT PAR LA CINEMATIQUE DES BREVETS:

Nombreux sont les économistes qui ont été intéressés par l'étude statistique dont Schmookler(1966) l'un des plus célèbres pour avoir étudié les différents secteurs (industrie pétrolière, chemin de fer, construction,...). L'analyse des Brevets en tant que moyen d'évaluation des innovations est très révélatrice dans la littérature de l'innovation, à ce sujet Z.Griliches (1990) a exploré la question de la validité du nombre de brevet comme mesure de l'innovation par des méthodes économétriques, il a trouvé des résultats satisfaisantes. La préoccupation des pouvoirs politiques et des gestionnaires des pays développés est de promouvoir et d'améliorer leur position par rapport à d'autres concurrents (P.Grindley et D.Teece (1997)). Le brevet offre à son détenteur le privilège de monopoliser une durée limitée dans le temps, et lui permet d'avoir une rémunération conséquente. L'ampleur de cette rémunération est fonction de l'exploitation industrielle et de la grande utilité sociale de cette invention⁷. Pour M.Wesley Cohen, R.Richard Nelson and John P. Walsh (2000), les sociétés semblent employer leurs brevets généralement pour bloquer le développement des produits de remplacement par des rivaux, tandis que dans les industries à caractères complexes (l'équipement de télécommunications ou les semi-conducteurs, etc.) les brevets sont beaucoup plus employés pour forcer les concurrents dans des négociations.

La cinématique nous permet d'apprécier l'état de la vitesse technologique d'un pays ou d'un secteur technologique donné, sans qu'elle ne s'attarde sur les forces qui influent sur cette vitesse technologique. Ce qui compte c'est uniquement les outputs (résultats) de la GT, en se basant sur une seule référence: les brevets, compte tenu de l'importance de leur rôle dans le

⁷L'exemple de la carte à puce inventée par R.MORENO vue sa grande utilité sociale.

développement économique et de leur contribution dans l'accélération technologique. Et en les reportant sur une unité temporelle.

Avec $\gamma_t = B_t - B_{t-1} / t - t_0$.

Avec B_t niveau de dépôt de brevets à l'instant t

γ_t la gouvernance technologique par la cinématique l'instant t

Tableau 1: La dynamique de la GT par la cinématique des brevets

1995	2010	Υ
Japon: 25.4%	Japon: 24.5%	-0,9
Etats-Unis d'Amérique: 23.6%	Etats-Unis d'Amérique: 24.2%	0,6
Chine: 0.8%	Chine: 14.9%	14,1
République de Corée: 2.9%	République de Corée: 7.6%	4,7
Office européen de brevets: 9.7%	Office européen de brevets: 6.4%	-3,3
Le reste du monde: 37.6%	Le reste du monde: 22.5%	-15,1

OMPI Statistics Database

Le champ de la gouvernance technologique se manifeste avec rigueur dans les pays les plus développés, en l'occurrence les Européens, Japon, les États-Unis d'Amérique et les pays émergents notamment la Chine etc. Les positions technologiques de ces pays peuvent être évaluées par une étude du nombre des demandes de dépôt de brevet.

D'après le tableau 1 ci-dessus on constate que la Chine a la dynamique de la gouvernance technologique au niveau des brevets (durant la période de 1995 jusqu'à 2010) la plus efficace suivie par la République de Corée. On remarque que les États-Unis d'Amérique et du Japon leur dynamique de GT est quasi stagnante avec un léger avantage pour USA. Ce qui laisse penser que la Chine si elle garde la même cadence de dépôt de brevets, elle pourrait même devancer les parts de dépôts de brevets des États-Unis d'Amérique et du Japon dans un avenir proche.

Tab2: Les Dépôts des micro-organismes par pays (2001-2011)

Pays	Avant 2001	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Total 01 to 2011	Total Global
Bulgarie	806	40	26	6	7	5	59	7	6	12	18	6	192	998
Canada	23	48	33	42	56	31	30	50	51	18	20	14	393	416
Chine	1 811	214	262	332	340	497	529	621	887	1 120	1 473	1 775	8 050	9 861
France	2 000	161	201	197	200	202	163	196	217	164	145	172	2 018	4 018
Allemagne	4 436	371	223	179	254	219	282	235	229	219	278	237	2 726	7 162
Inde			1	22	50	73	66	34	41	23	65		375	375
Japon	7 409	421	425	323	294	278	300	222	180	181	170	205	2 999	10 408
Hollande	821	47	25	15	26	10	45	30	49	27	31	13	318	1 139
République de Corée	1 197	398	382	282	238	245	288	304	282	270	358	380	3 427	4 671
Russie	171	21	13	38	10	9	8	4	4	8	13	9	137	308
Espagne	297	36	55	33	25	27	30	44	76	64	46	46	482	777
Royaume unie	2 760	134	87	143	196	150	124	110	129	116	134	157	1 480	4 240
Etats-Unis d'Amérique	21 189	1 216	1 016	926	849	861	839	769	832	926	991	775	10 000	31 189

Source statistiques: OMPI.

Concernant la GT au niveau des micro-organismes par exemple, la Chine est le pays le plus dynamique au niveau de la gouvernance, on remarque d'après les statistiques de l'office mondiale de la propriété intellectuelle (Genève), la Chine a la dynamique la plus efficace durant la période 2001-2011 (8050 dépôt), même si les États-Unis d'Amérique dépasse la Chine par un total durant la période 2001-2011 avec 10000 dépôt, mais la Chine a la croissance la plus rapide des dépôts des micro-organismes au monde; à partir 2008 la Chine commence à prendre plus de distance vis-à-vis des États-Unis d'Amérique, la Chine est suivie de loin par la Corée du Sud (3427 dépôt), qui devance même le Japon (2999 dépôt). Comme le montre le tableau 2 ci-dessus.

3.2 L'APPROCHE DE LA GT PAR LA MECANIQUE CLASSIQUE:

A ce niveau, nous allons recourir à la méthode d'analyse input-output, analyse entrées-sorties. Cette méthode doit sa paternité intellectuelle au tableau économique de F.Quesnay et était développé par W.Leontief (1951). Il s'agissait de mettre en évidence les interdépendances entre les flux des activités de tous les secteurs productifs de l'économie, de sorte que la somme des sorties soit égale à celle des entrées.

Pour mener à bien notre modélisation, dans un premier temps, nous allons faire appel aux analyses des économistes qui ont essayé de modéliser les innovations technologiques pour ressortir les inputs et outputs de la gouvernance technologique, et enfin nous allons approcher la dynamique de la gouvernance technologique par la mécanique classique.

La compréhension des causes déterminantes de la R&D est essentielle car son rôle central dans la croissance de la productivité est incontestable. Les brevets sont censés fournir un stimulus important au R&D. L'étude de Arora, Ceccagnoli et Cohen (2003) a analysé l'impact systématique du brevetage et sur l'investissement en R&D tout en identifiant explicitement que le R&D et le brevetage de l'un affectent l'autre, et sont tous les deux conduits par plusieurs et même variables. Une augmentation en moyenne de la distribution de la qualité de brevet pour une société typique stimulerait de manière significative sa propre R&D.

Pakes et Schankerman (1986)⁸ ont intégré dans leur analyse la durée de vie de brevet pour estimer la valeur des brevets. Ainsi, le rendement d'un brevet qui a vieilli t années demandé pendant l'année j est donné par l'équation suivante :

$$R_{jt} = R_{jo} \prod_{x=1}^t (1 - B_{jx}) \quad (I)$$

Avec R_{jo} comme étant le rendement initial sur une innovation brevetée à la date d'application j, ce premier rendement c-à-d R_{jo} est censé diminuer géométriquement avec le temps.

Et avec R_{jt} le revenu produit par une demande de brevet de l'année j après t années de protection.

Et B_{jx} représente tous le taux annuel de dissipation du loyer de monopole, cela dépend de l'efficacité de la protection de brevet, et de l'obsolescence de la connaissance incluse dans le brevet.

Une acceptation forte du modèle est que ces rendements sont connus à la date de l'application. Le profit décroissant durant les derniers rendements à plusieurs origines. D'une part, il reflète l'obsolescence croissante des inventions pendant que de nouvelles découvertes sont faites. D'autre part, les concurrents essayeront d'imiter cette innovation ou de développer leurs propres innovations par l'intermédiaire de la connaissance fournie par la révélation de brevet, de sorte que la puissance de monopole de l'inventeur initial diminue avec le temps.

Les indicateurs de l'effort de la GT se présentent au niveau des inputs par:

- 1- Les dépenses de recherche et développement ;
- 2- Les niveaux de diffusion, de l'apprentissage et de veille technologique;

Les indicateurs de l'effort de la GT au niveau des outputs se présentent par:

- 1- Le rendement des brevets déposés ;
- 2- Les niveaux des exportations des technologies émergentes.

Afin que nous puissions formaliser la relation de l'équation de la dynamique technologique, nous supposerons que nous sommes en mesure de connaître à chaque instant les caractéristiques de ses forces, c'est à dire, les brevets et leurs rendements, ainsi que les masses des dépenses de R&D.

La recherche et développement représente donc l'input représentative et quantifiable pour notre modélisation de la GT et au niveau de l'output c'est le rendement des nombres des brevets déposés.

$$\sum \sum B_{ij} R_{ij} = \gamma \sum \sum (R \&D)_{ij}$$

⁸A.Pakes and M.Shankerman. (1986) , " Estimates of the value of patent rights in European countries during the post 1950 period", *The Economic Journal*, December, pp. 1052-1076.

Équation de la dynamique de la gouvernance technologique

Par nos soins

- B_{ij} étant le brevet de l'entreprise ou l'industrie i à une période j .
- R_{ij} étant le rendement du brevet B_{ij} selon l'équation (I) du modèle de Pakes et Shankerman (1986).
- $(R\&D)_{ij}$ étant le montant des dépenses de la recherche - développement de l'industrie ou l'entreprise i à l'instant j .
- γ étant l'accélération de la gouvernance technologique de l'industrie ou l'entreprise i à l'instant étudié.

$$\gamma = \frac{\sum \sum B_{ij} R_{ij}}{\sum \sum (R\&D)_{ij}}$$

Par nos soins

γ permettra de mesurer plus précisément l'intensité du niveau de gouvernance technologique dans une entreprise, dans différentes branches d'activités ou dans l'ensemble de l'économie d'un pays en question.

4 CONCLUSION

Dans cette modélisation nous avons essayé de formuler scientifiquement la dynamique de la GT, en puisant ses sources de l'économie et de la science physique. Dans un premier temps, a été identifiée l'équation à laquelle obéit l'onde de la dynamique de la gouvernance technologique.

Dans un deuxième temps, a été appréhendée la dynamique de la gouvernance technologique par deux méthodes différentes, la cinématique et la dynamique classique. La première, s'intéresse à la gouvernance technologie uniquement au niveau des outputs, par le biais des brevets. La deuxième s'occupe des forces qui régissent la GT aux niveaux des inputs (R&D) et outputs (Brevets) et se propose de donner une méthode d'évaluation du rythme technologique pour donner une échelle de valeur afin d'éclairer les décideurs économiques.

Notre démarche a consisté à trouver une écriture simplifiée permettant l'étude de la GT en tant que phénomène physique, tout en essayant d'éviter les problèmes mathématiques qui risquent de contrecarrer cette tentative. Traduire en termes simples une situation aussi complexe que celle du phénomène de propagation de la GT et de son élément représentatif n'est point une entreprise facile.

Les limites du modèle qui vient d'être présenté se matérialisent en deux points :

Le premier point se focalise sur les carences des statistiques concernant les données de la recherche, il est difficile d'avoir les valeurs statistiques de certaines variables que nous désirons incorporer dans notre modèle qui relève du secrets des entreprises, comme par exemple le rendement des brevets et les parts relatives de la R&D incorporé dans chaque brevet (armes de veille technologique).

Le second se rattache à la méthode de la mécanique classique qui nous semble être un moyen de simplification de la dynamique de la gouvernance technologique par rapport à la mécanique quantique.

En somme, dans notre modélisation les premières étapes et pas d'une tentative de modélisation de la dynamique de la gouvernance technologique ont été franchis pour ouvrir la voie à de futures perfections de ce modèle.

REFERENCES

- [1] Alfonso.M. et Finn.E.J , « Physique générale », Tome II, Champs et ondes, Edition du nouveau pédagogique, I.N.C, Montréal, Paris, 1970.
- [2] Arora.A, Ceccagnoli.M, et Cohen.M.W , "R&D and The Patent Premium", NBER, January, WORKING PAPER, 2003.
- [3] Cohen.W.M, Nelson.R.R and Walsh.J.P, "Protecting Their Intellectual Assets: Appropriability Conditions and Why U.S. Manufacturing Firms Patent (or Not)", NBER Working February, Paper No. 7552, 2000.
- [4] Dosi.G, Nelson.R and Winter.S, "The nature and dynamics of organizational capabilities". Oxford University Press: Oxford, 2000.
- [5] Engels.F, « Anti-dürhing », Editions sociales, p 170, 1973.
- [6] Fabers.M & Proops J.L, « Evolution in Biology, Physics, and Economics », in Evolutionary Theories of Economic and Technological Change, SAVIOTTI P.P.& METCALFE. J.S., Harwood academic publishers, 1991.
- [7] Foster.R , " L'innovation : Avantage à l'attaquant", Inter Editions, 1986.

- [8] Grindley.P et Teece.D, "Managing intellectual capital: licensing and cross licensing in semiconductors and electronics",. California Management Review, 39: p 8-41, 1997.
- [9] Griliches.Z , "Patent statistics as economic indicators: a survey", Journal of Economic Literature, Vol. XXVIII, pp. 1661-1707, 1990.
- [10] Henderson.R.M and Clark.K.B , "Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms." Administrative Science Quarterly, 35: 9-30, 1990.
- [11] KGupta.A. and Wilemon.D , "Accelerating the Development of Technology Based New Products", California Management Review, 32 (Winter), 24-67, 1990.
- [12] Leontief. W. , « The Structure of American Economy 1919-1939 », 2nd edition, Oxford University Press, 1951.
- [13] Pakes.A and Shankerman.M, " Estimates of the value of patent rights in European countries during the post 1950 period", The Economic Journal, December, pp. 1052-1076 1986.
- [14] Mees.C.E.K., « The Path of Science », New York, 1946.
- [15] Schmookler J., « Invention and Economics Growth », Harvard University Press, Cambridge, Massachussets, 1966.
- [16] Schumpeter. J.A , « Capitalism, Socialism, and Democracy », traduction française par G.Fain Ed Payot, 1954.
- [17] Wallace. M , Webber. L , «IT Governance: Policies & Procedures», ASPEN PUBLISHERS, 2011.