



Économie numérique

EPT 208

Séance 2 Innovation et R&D

François MOREAU (Cnam)

Conservatoire National des Arts et Métiers

Innovation : définitions (1)

- Innovation est une solution nouvelle à un problème donné (technique, besoin des consommateurs, ...) à tout point de la chaîne de valeur
- Innovation produit vs. innovation procédé
- Innovation procédé :
 - Amélioration de la courbe d'apprentissage (économiser matériaux et/ou moyens en main d'œuvre)
 - Accroître les économies d'échelle
- Innovation produit :
 - Développement des produits visant à améliorer la qualité, à mieux mettre en adéquation leurs caractéristiques avec la demande du marché, à faciliter leur distribution, voire à augmenter leurs coûts de changement

Innovation : définitions (1)

1 Proportions de sociétés innovantes par catégorie d'innovation

Secteur	En % du nombre total de sociétés					Part du chiffre d'affaires (en %) correspondant	
	Innovations technologiques	Produits	Procédés	Organisation	Marketing	aux produits nouveaux pour le marché	aux produits nouveaux (pour le marché ou pour la société)
Industrie	39,2	27,4	29,6	33,5	19,8	8,0	16,5
Construction	18,5	11,4	14,0	25,5	12,1	2,1	4,4
Commerce	20,1	11,1	14,9	25,3	20,7	5,2	8,8
Transport et entreposage	19,4	7,6	16,3	31,9	14,9	3,8	7,1
Hébergement et restauration	22,3	14,0	17,5	22,9	24,8	1,2	5,4
Information et communication	48,0	42,2	33,6	39,7	31,5	6,7	12,4
Activités financières et d'assurance	26,7	20,0	20,5	34,7	23,5	1,9	7,5
Activités immobilières	22,0	13,0	15,2	33,1	21,4	1,9	3,6
Activités spécialisées, scientifiques et techniques	31,8	22,8	23,5	34,1	19,7	8,2	14,7
Activités de services administratifs et de soutien	23,5	14,7	17,4	29,8	18,3	3,2	7,4
Effectif salarié							
10 à 49 salariés	23,6	14,9	17,8	26,8	17,4	2,4	5,2
50 à 249 salariés	41,9	29,3	30,9	40,7	26,4	5,4	9,7
250 salariés ou plus	62,3	50,4	49,2	55,8	38,1	7,3	14,5
Ensemble	27,2	17,9	20,5	29,5	19,2	5,8	11,4

Note : les secteurs représentés ici couvrent le champ complet de l'enquête.

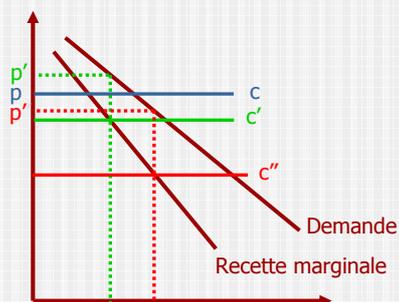
Lecture : entre 2006 et 2008, 17,9 % des sociétés de 10 salariés ou plus étaient innovantes en produits et dégageaient 11,4 % du chiffre d'affaires de l'ensemble des sociétés (dont 5,8 % en produits nouveaux pour le marché et, par différence, 5,6 % en produits nouveaux pour la société uniquement). Une même société peut bien sûr réaliser des innovations de plusieurs types et toutes les sociétés n'en réalisent pas.

Champ : sociétés actives, marchandes et exploitantes de 10 salariés ou plus implantées en France, des divisions 05 à 81 (hors division 75) de la NAF rév. 2.

Source : Insee, enquête statistique publique innovation CIS 2008.

Innovation : définitions (2)

- Innovation radicale (majeure) vs. incrémentale (mineure)



Innovation et R&D

- Rentabilité des dépenses de R&D encore plus difficile à anticiper que la rentabilité des investissements industriels (incertitude sur le succès de la R&D et sur son coût)
- Innovation joue un rôle moteur dans le processus économique
 - destruction créatrice (Joseph A. Schumpeter, 1942, Capitalisme, Socialisme et Démocratie)
 - paradoxe de Solow
- Aspect cumulatif de la relation innovation / avantage compétitif
- Invention → Innovation → Diffusion
- Diffusion formelle (licence, brevet) ou informelle (imitation, rétroingénierie)
- Lien entre appropriabilité de l'innovation et diffusion

5

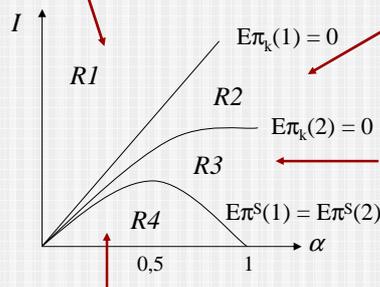
Course à l'innovation

- Deux firmes lancent des programmes de R&D concurrents et dépensent chacune I pour gagner :
 - V si seule à innover
 - $V/2$ si les deux innovent
 - 0 si n'innove pas
- probabilité α de succès
- $E\pi_k(1) = \alpha V - I$
- $E\pi_k(2) = \alpha(1 - \alpha)V + \alpha^2 V/2 - I$
- $E\pi^S$ = profit espéré de l'industrie
= bien-être de la société
- $E\pi^S(1) = \alpha V - I$
- $E\pi^S(2) = 2 E\pi_k(2) = 2\alpha(1 - \alpha)V + \alpha^2 V - 2I$

6

Course à l'innovation

$E\pi_k(1) < 0$: aucune firme ne se lance dans la R&D : I trop élevé et α trop faible



$E\pi_k(1) > 0$ mais $E\pi_k(2) < 0$: une seule firme se lance dans la R&D (pas de duplication)

$E\pi_k(2) > 0$ mais $E\pi^s(1) > E\pi^s(2)$: deux firmes se lancent dans la R&D mais la duplication fait diminuer le bien-être

$E\pi_k(2) > 0$ et $E\pi^s(1) < E\pi^s(2)$: deux firmes se lancent dans la R&D et la duplication est souhaitable : I suffisamment faible pour que l'effet de l'augmentation de la probabilité de découverte l'emporte sur la duplication

7

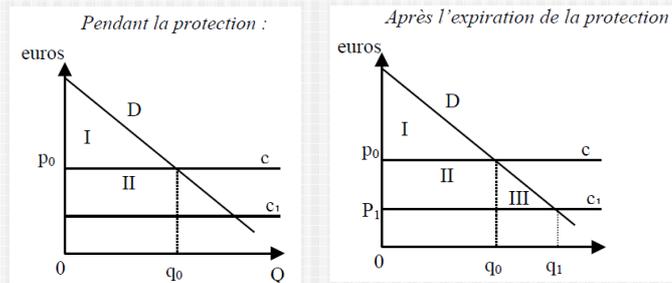
Coopération en R&D

- Firmes peuvent coopérer en R&D et se faire concurrence sur le marché final
- Intuition du modèle de d'Aspremont et Jacquemin (1988) :
 - Etape 1 : firmes décident ou non de coopérer en R&D (innovation procédé, dépenses en R&D de la firme i : x_i , R&D à rendements décroissants)
 - Etape 2 : Duopole sur le marché du bien final (R&D a permis de réduire le coût de production)
 - Effet spillover de la R&D : $c_i = C - x_i - \beta x_j$ ($\beta < 1$)
- Résultat :
 - Spillover fort : effort global de R&D avec coopération est supérieur à celui sans coopération (\neq spillover faible)
 - Coopération en R&D pas toujours souhaitable : elle l'est quand appropriation faible car savoir-faire facile à reproduire (chimie de base, pharmacie)

8

Protection de l'innovation

- Innovation comme une information ou une idée : non rivalité et non exclusion
- Efficacité statique vs. Efficacité dynamique



Avant innovation : surplus = I

Pendant protection : surplus = I + II

Après (sans) protection : surplus = I + II + III

Peut-on se passer de protection (pour avoir directement I+II+III) ?

9

Brevet et incitation à l'innovation

- Brevet = droit exclusif sur un produit, un processus, une substance ou un concept pourvu qu'il soit nouveau et utile
- Durée et étendue optimales du brevet ?

Trop = favorise l'innovation mais incitation à la course (duplication sous-optimale)

Pas assez = sous-investissements en R&D

Arbitrage (Nordhaus, 1969) : un brevet trop long favorise la réalisation d'innovation générant moins de bénéfice social (rendements décroissants de la R&D) alors que cela augmente le coût social (monopole plus long pour l'innovateur)

Brevet « long » : incite à l'imitation car rente potentielle importante

Brevet « large » : dissuade l'imitation car coût de R&D important

Pour Gallini (1992), mieux vaut un brevet « large » et « court » qui donne un pouvoir de monopole de courte durée qu'un brevet « long » et « étroit » qui génère des coûts d'imitation inutile même si le prix du produit final est potentiellement plus faible car plus de concurrence

Si monopole obliger de céder des licences d'exploitation de son innovation (pour dissuader des imitateurs) alors le brevet « long » et « étroit » redevient la meilleure solution (puisque coût de duplication supprimé et prix faible car concurrence entre l'innovateur et les entreprises ayant acheté une licence).

10

Brevet et incitation à l'innovation

- Brevet = droit exclusif sur un produit, un processus, une substance ou un concept pourvu qu'il soit nouveau et utile
- Durée et étendue optimales du brevet ?
- Pratiques en matière de dépôt de brevet sont différentes en fonction du type d'innovation, du secteur, de la taille de l'entreprise

Innovations qui n'auraient pas été réalisées sans l'existence de brevets

Secteur	Nombre d'innovations (en %)
Equipement électrique	11
Machine outil	17
Véhicules à moteur	0
Produits finis métalliques	12
Instrumentation	1
Mobilier de bureau	0
Produits métalliques bruts	1
Caoutchouc	0
Chimie	38
Pharmacie	60

source : Mansfield (1986)

Efficacité des brevets comme protection contre l'imitation

Secteur	Innovation procédé	Innovation produit
Machine outil et travail des métaux	3,3	4,2
Electronique	2,9	3,6
Chimie	3,5	4,0
Horlogerie	3,2	3,8
Textile-Habillement	2,5	3,0
Alimentation	2,4	2,5
Papier	2,4	3,6
BTP	2,6	2,9
Services techniques	2,1	2,3
Laboratoire de recherche privés	3,3	5,0
Moyenne	2,8	3,4

1 = efficacité nulle, 7 = très efficace

source : Harabi (1995)

11

Brevet indicateur biaisé de l'effort de R&D

- Brevet a des effets pervers (information pour les concurrents, voies à explorées ou au contraire à abandonner, cf. Coca-Cola)
- Brevet n'est pas le principal moyen de protection d'une innovation

Efficacité des différentes méthodes pour protéger un avantage concurrentiel dans un nouveau procédé ou un nouveau produit

Méthodes	Moyennes*	
	Procédés	Produits
Brevets pour empêcher l'imitation	3,52	4,33
Brevets pour bénéficier de royalties	3,31	3,75
Secret	4,31	3,57
Avance	5,11	5,41
Effet d'expérience	5,02	5,09
Effort de vente et qualité du service	4,55	5,59

* Les chiffres figurant dans le tableau sont les moyennes des notes données par 650 responsables de la R&D d'un échantillon d'entreprises américaines. Chaque responsable devait affecter une note de 1 à 7 (1 = inefficacité totale et 7 = efficacité maximale) aux différentes méthodes.

SOURCE : Levin, Klevorick, Nelson et Winter (1987, tableau 1, p. 794).

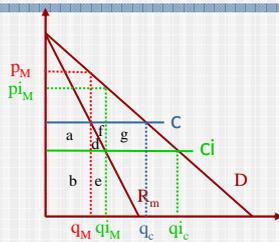
12

Innovation, structure de marché et taille de la firme

- La théorie économique, dans la lignée des travaux de Schumpeter, formule deux hypothèses majeures :
 - lien positif entre innovation et pouvoir de marché
 - grandes firmes innovent proportionnellement plus que les petites
- Argumentation schumpeterienne :
 - importance des seuils critiques de dépenses de R&D
 - possibilité de diversifier le risque si plusieurs projets menés conjointement
 - part de marché importante réduit l'incertitude sur la rentabilisation des dépenses de R&D
- Argumentation néoclassique :
 - Concurrence atomistique néfaste à l'innovation (empirique)
 - Une firme soumise à une concurrence réelle ou potentielle aura plus tendance à innover qu'un monopole qui se contentera d'innover " à son rythme " (Arrow, 1962)

13

Innovation et structure de marché



- Innovation brevetable → monopole soumis à une concurrence réelle ou potentielle innovera quitte à laisser « dormir son brevet » ou rachètera tout brevet développé par une petite firme. Sous quelle condition ?
- Structure de marché favorable à l'innovation :
 - marché quelque peu concentré (notamment si appropriabilité faible) mais pas trop (réduction de la variété car moins de pistes de recherche explorées, firmes moins incitées à utiliser la R&D pour accroître leur part de marché)
 - faibles barrières à l'entrée et marché contestable (nouveaux entrants potentiels ou réels innovants)

14

Innovation et taille de la firme

- Grande firme innove-t-elle proportionnellement plus ?
 - Pas de réponse théorique claire mais ... dépenses R&D en $t + 1$ fonction croissante du profit en $t \rightarrow$ il existe des rendements croissants dans l'activité de R&D
 - Hypothèse globalement vérifiée empiriquement ...

Répartition (en %) des entreprises industrielles françaises (échantillon de 2189 entreprises) selon leur taille dans les secteurs par intensité technologique (hors énergie)

	Petites Entreprises	Moyennes entreprises	Grandes entreprises
Haute intensité technologique	28	22	50
Moyenne-Haute intensité technologique	37	29	34
Moyenne-Basse intensité technologique	43	27	30
Basse intensité technologique	54	28	18

Source : SESSI 1997

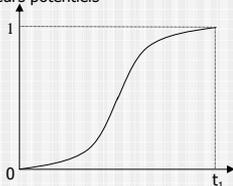
- ... mais les PME ont des atouts spécifiques
- Exemple : scanner optique (Levin et Meisel, 1987)
- Décision d'innovation dépend plus des conditions d'appropriabilité et du facteur managérial (rôle de l'entrepreneur schumpétérien) que de la structure du marché (Scherer, 1980) ou la taille de la firme

15

Diffusion de l'innovation (1)

- Diffusion des connaissances dépend de leur caractère codifié (mise en forme permettant la transmission et économisant les coûts de propagation) ou tacite (compétences, apprentissage)
- Courbe logistique de diffusion d'un produit

Taux d'adoption des
utilisateurs potentiels



n_t = nombre d'adopteurs en t

$n_{t+1} - n_t$ est fonction du nombre d'utilisateurs potentiels n'ayant pas encore adopté la technologie et du nombre d'utilisateurs l'ayant déjà adopté

entre 0 et t_1 , hétérogénéité des techniques

- Délai de diffusion (allure de la courbe) est fonction :
 - coût d'acquisition de la nouvelle technologie
 - rentabilité anticipée
 - intensité de la pression concurrentielle
 - existence de rendements croissants d'adoption (Arthur, 1988)

16

Diffusion de l'innovation (2)

- Dilemme adoption précoce / adoption tardive dépend de trois facteurs :
 - Durabilité de l'avance technologique
 - Avantages aux précurseurs
 - Désavantages des précurseurs
- Quand chercher l'avance technologique ou au contraire le retard technologique délibéré ? (Porter, 1985)
 - Industrie où stratégie dominante est l'avantage par les coûts → **retard technologique délibéré** → (1) réduire les coûts du produit ou des activités créatrices de valeur en tirant profit de l'expérience de ceux qui ont pris de l'avance ; (2) imiter pour éviter les coûts de R&D.
 - Industrie où stratégie dominante est la différenciation → **avance technologique** → (1) être le premier à introduire un produit innovant qui accroît la valeur créée pour le client ; (2) innover à d'autres points de la chaîne de valeur.

17

Déterminants de la productivité de la R&D

- Productivité de l'effort de R&D peut être reliée à plusieurs facteurs :
 - Ampleur de l'effort total de R&D
 - Opportunités technologiques
 - recherche fondamentale
 - innovation des fournisseurs en équipements
 - Appropriabilité / spill-over
 - Management de la firme
 - acquisition et développement des compétences nécessaires (organisationnelles, relationnelles, apprentissage, ...)
-
- ```
graph LR; A[Opportunités technologiques] --> B[Caractère orienté du processus d'innovation]; C[Management de la firme] --> B; C --> D[Gestion et développement des compétences de la firme];
```

18

## Caractère orienté du processus d'innovation

- Innover → répondre à un problème scientifique ou technique → puiser dans une base de connaissances (*knowledge base*)
- Base de connaissances → information tirée d'expériences antérieures, de connaissances codifiées, mais aussi des capacités spécifiques et non codifiées des inventeurs
- Recherche dans toutes les directions possibles avec tous les types de connaissances possibles ?
- Innovation dans le cadre d'un paradigme technologique (Dosi, 1982)
- Paradigme technologique → potentiel de développement technologique à partir duquel plusieurs possibilités de recherches, de développements et de réalisations existent mais dont les limites sont néanmoins fixées au départ (Cohendet et Gaffard, 1990)

19

## Paradigme et trajectoire technologiques (1)

- Exemples :
  - industrie pharmaceutique : paradigme « chimie de synthèse » → paradigme « biotechnologie » + « technologie de l'information »
  - protection des récoltes : paradigme de la (bio)chimie (agrichimie)
- Au sein d'un paradigme technologique, les activités innovatrices sont finalisées dans des directions précises et cumulatives dans l'acquisition des capacités à résoudre des problèmes (trajectoires technologiques) (Dosi, 1982, 1988).
- Trajectoire technologique → chemin d'amélioration pris par la technologie compte tenu de la perception des opportunités technologiques par les chercheurs et les managers
- Régime technologique → ensemble des firmes, des organismes de recherche, des réglementations qui soutiennent et contraignent le développement de la technologie à l'intérieur du paradigme (Dosi, 1994)

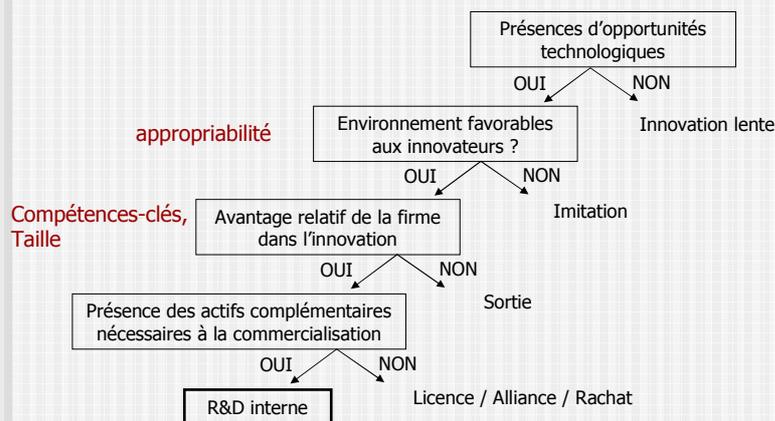
20

## Paradigme et trajectoire technologiques (2)

- Suivre une trajectoire de bout en bout permet de réduire l'incertitude technologique, de réaliser de l'apprentissage local mais ...
- ... irréversibilité de certains choix technologiques au niveau de la firme (*ex: NRC et les caisses enregistreuses*)
- ... et épuisement des potentialités du paradigme (*ex: industrie pharmaceutique au début des années 1970*)
- Passage d'un régime technologique entrepreneurial à un régime technologique routinier
  - régime entrepreneurial : paradigme émergent, connaissances générales codifiables, multiples trajectoires possibles → secteur peu concentré et instable
  - régime routinier : paradigme mûrit, trajectoire se dessine, connaissances tacites augmentent → concentration
- Exemple : impact de l'émergence de la biotechnologie et des technologies de l'information sur l'industrie pharmaceutique

21

## Arbre stratégique de la décision d'innovation



Source : Oster 1999

22