

# **INCITATIONS À INNOVER**

**PHILIPPE AGHION – 18/10/16**



**COLLÈGE  
DE FRANCE**  
— 1530 —

# INTRODUCTION

Les **activités de Recherche et Développement (R&D)** ont le plus souvent lieu :

- **Au sein d'une entreprise**, dans laquelle le chercheur est un employé
- À travers des **accords contractuels** entre partenaires (firmes) indépendants



# INTRODUCTION

- **Questions :**
- Comment **encourager et récompenser** les performances de recherche ?
- Faut-il une recherche « ***intégrée*** » avec la **production**?
- Faut-il des incitations salariales qui répondent fortement à la performance (***high-powered incentives***) ou au contraire qui répondent peu à la performance (***low-powered incentives***)?



# INCITER À INNOVER ?

- Inciter à ***produire des idées nouvelles*** est plus délicat qu'inciter à produire plus de biens et de services :
  - L'investissement en effort de recherche est difficilement mesurable et l'output est très incertain
  - *Ex ante*, il est difficile de décrire les caractéristiques d'un nouveau produit ou d'un nouveau processus
  - *Ex post*, il est difficile pour une partie tierce de vérifier que la qualité du nouveau bien est conforme



# INTRODUCTION

- **Théorie des contrats:**
- Aléa moral (Holmström)
- Contrats incomplets (Hart)



# OUTILS D'INCITATION

- **Comment inciter à innover ?**
  - **Droits de contrôle et de propriété** : *Grossman & Hart (1986)* ; *Aghion & Tirole (1994)*
  - **Incitations monétaires dans l'entreprise** : *Holmström (1989)*, *Manso (2011)*
    - Ne pas penaliser la “*early failure*”
  - **Incitations non monétaires** : *Aghion & Jackson (2016)*



# **SECTION 1 : LE RÔLE DE L'ALLOCATION DES DROITS DE PROPRIÉTÉ SUR L'INNOVATION**



# INCITATION PAR LES DROITS DE CONTRÔLE : AGHION & TIROLE (1994)

- **Question :**

Pourquoi la **recherche fondamentale** est-elle conduite pour l'essentiel par des **individus ou institutions indépendants** (universités, laboratoires de recherche) alors que la **recherche appliquée** est davantage menée à l'intérieur **d'entreprises intégrées** ?



# SCIENTIFIQUES DANS LA RECHERCHE

**Table 13.1**

Employment of scientific professionals in independent research organizations as a fraction of employment of scientific professionals in all in-house and independent research laboratories, 1921–46.

---

1921	15.2%
1927	12.9%
1933	10.9%
1940	8.7%
1946	6.9%

---

*Source:* Mowery (1983, chapter 2).



# INCITATION PAR LES DROITS DE CONTRÔLE: AGHION & TIROLE (1994)

- **Contrats incomplets**
  - La R&D résulte dans l'introduction de nouveaux produits ou processus qu'il est souvent difficile de spécifier à l'avance
  - Les contrats de R&D sont donc typiquement incomplets
  - L'allocation des droits de contrôle devient importante



# INCITATION PAR LES DROITS DE CONTRÔLE: AGHION & TIROLE (1994)

- **Grossman-Hart (1986)**
  1. Période initiale : signature du contrat qui alloue les droits de contrôle
  2. Période intermédiaire : les agents investissent (investissements spécifiques et non vérifiables)
  3. Période *ex post* : la production a lieu et ensuite les agents négocient le partage du gâteau, mais le pouvoir de marchandage des deux parties dépend de l'allocation des droits de contrôle



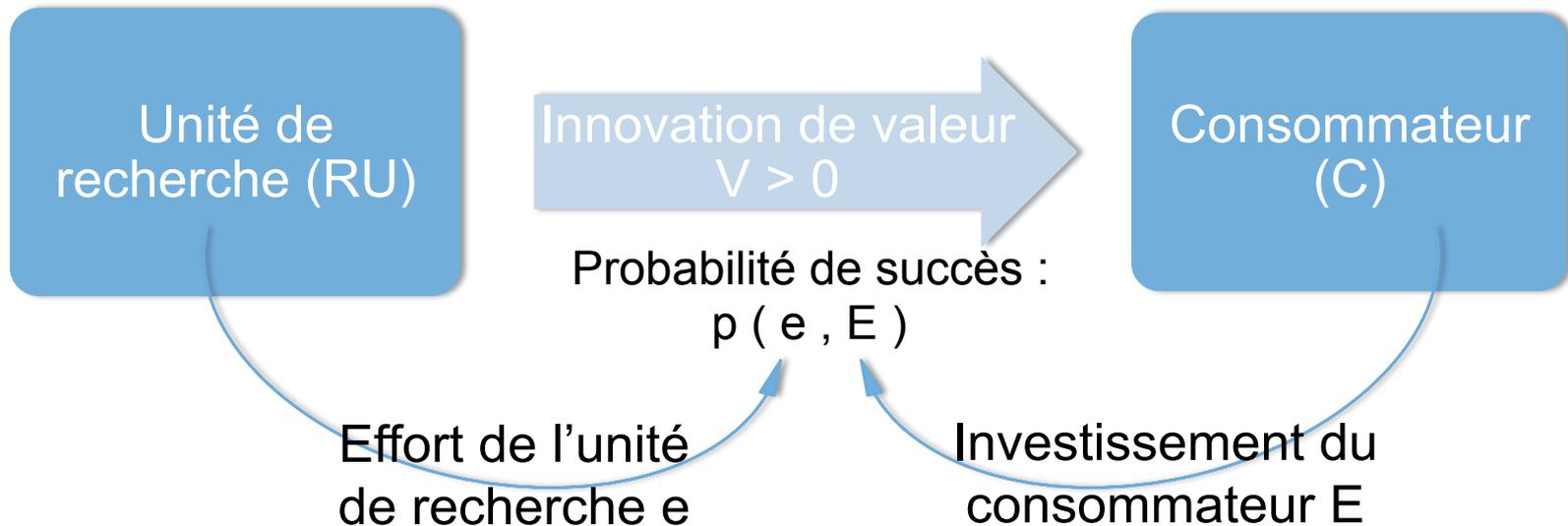
# INCITATION PAR LES DROITS DE CONTRÔLE: AGHION & TIROLE (1994)

- **Logique du modèle :**
  - Pour chaque allocation des droits de propriété, on **calcule le partage du gâteau *ex post***
  - On retourne à la période intermédiaire : anticipant un partage du gâteau, **les parties décident de leurs investissements** (investissements d'équilibre)
  - Ayant calculé ces investissements d'équilibre, on peut **calculer *ex ante* le gâteau espéré**
  - On peut alors **comparer** entre les **différentes allocations de droits de propriété**



# AGHION & TIROLE (1994)

- Modèle :



Consommateurs = bénéficiaires directs de l'innovation

- Entreprises commercialisant l'innovation
- Consommateurs du bien final
- Fournisseurs d'inputs complémentaires

$p(e, E)$  croissante en e et en E



# AGHION & TIROLE (1994)

- Optimum social consiste à maximiser l'utilité :

$$\max_{\{e, E\}} \{p(e, E) V - e - E\}$$

- $(e, E)$  sont choisis  $(e^*, E^*)$

Contrat  
Propriété  
intellectuelle

Cas intégré

C possède  
l'innovation

Cas non-intégré

RU possède  
l'innovation



# CAS INTÉGRÉ : LE CONSOMMATEUR POSSÈDE L'INNOVATION

- Chercheur (RU) n'a aucune incitation à innover :  $e = 0$
- Donc  $U_{RU} = 0$
- Consommateur (C) est incité à innover :  $E = E^*$
- Donc  $U_C = p(0, E^*(V))V - E^*(V)$



# CAS NON-INTÉGRÉ

- Chaque partie reçoit  $V/2$  en cas de succès
- RU fait un effort  $e=e^*(V/2)$

$$\tilde{U}_{RU} = p\left(e^*\left(\frac{V}{2}\right), E^*\left(\frac{V}{2}\right)\right) \frac{V}{2} - e^*\left(\frac{V}{2}\right)$$

- C investit  $E=E^*(V/2)$

$$\tilde{U}_C = p\left(e^*\left(\frac{V}{2}\right), E^*\left(\frac{V}{2}\right)\right) \frac{V}{2} - E^*\left(\frac{V}{2}\right)$$



# QUI DOIT POSSÉDER LES DROITS DE PROPRIÉTÉ SUR L'INNOVATION?

- Dépend de l'importance relative de  $e$  et  $E$  dans le succès de l'innovation
- Importance relative de  $e$  par rapport à  $E$  est plus grande pour la recherche fondamentale que pour la recherche appliquée :
  - **Recherche fondamentale** tend à être **indépendante**
  - Tandis que la **recherche appliquée** tend à être **plus intégrée**



# L'ALLOCATION DE DROITS DE PROPRIÉTÉ EST ELLE EFFICIENTE ?

- En général **non** car **RU** est sujet à des **contraintes de crédit** qui l'empêchent de compenser *C ex ante*, en échange de l'obtention des droits de propriété



# CONSIDÉRATIONS DYNAMIQUES

- **Diffusion de l'information** : illustration
- Supposons que la R&D génère une première innovation  $V_1$  qui mène à une seconde innovation  $V_2$
- Dans ce cas une **RU peut hésiter à transférer de l'information sur la première innovation  $V_1$**  à C de peur que C ne vienne la concurrencer dans l'exploitation de la seconde innovation  $V_2$



# CONSIDÉRATIONS DYNAMIQUES

- Diffusion de l'information
- La **non-intégration** a donc un bon côté et un mauvais côté :
  - *Le bon côté* : cela incite la RU à investir davantage en R&D pour produire l'innovation  $V_1$
  - *Le mauvais côté* : cela peut décourager la RU à diffuser l'information sur la première innovation à C



# DROIT ET ÉCONOMIE DES CONTRATS DE RECHERCHE

- Les clauses *hired for*
- Les *trailer clauses*



# APPLICATION

- **Lerner & Merges (1998)**
- **Cas de l'industrie pharmaceutique et des biotechnologies : pourquoi ?**
  - Type de contrat selon étape de recherche (*earlier stage vs. later stage*)
  - Besoins de financement importants
  - Pouvoirs de négociation importants (brevets, alliances)



# DONNÉES

- 200 contrats dans les biotechnologies aux États-Unis

	<i>All filed agreements (%)</i>	<i>All summarized agreements (%)</i>	<i>Final sample (%)</i>
<i>Time period</i>			
1980–1987	20	11	14
1988–1990	18	21	16
1991–1992	26	26	34
1993–1995	36	42	36
<i>Stage of product at signing</i>			
Discovery/lead molecule	65	57	64
Pre-clinical development	9	11	14
Undergoing regulatory review	17	23	22
Approved for sale <sup>a</sup>	9	9	1
<i>Primary focus of agreement</i>			
Human therapeutics	75	83	92
Human diagnostics <sup>b</sup>	18	15	4
Agricultural or industrial applications	6	2	4



# RÉSULTATS EN ACCORD AVEC LE MODÈLE

- **Situation financière de la firme de R&D : en accord avec le modèle**
- Une augmentation des capitaux propres de l'unité de recherche conduit à une forte baisse de l'attribution des droits au financeur

*Panel A: Dependent variable is number of control rights out of 25 rights*

R&D firm's patent awards related to alliance <sup>*</sup>	0.08 [2.16]
Total public equity raised in prior quarter	0.001 [0.00]
Biotech index at end of prior quarter	
R&D firm's shareholders' equity at end of prior year	-11.44 [3.47]
R&D firm's total assets at end of prior year	
Constant	9.59 [38.89]
F-statistic	4.21
$\chi^2$ -statistic	
p-value	0.01
Adjusted R <sup>2</sup>	0.05
Log likelihood	
Number of observations	180



# RÉSULTATS PLUS SURPRENANTS

- Projet *early stage* semblent donner une part importante des droits au financeur
- Pourtant, d'après le modèle, les droit devraient être accordés à celui dont l'impact marginal est le plus grand ...

*Panel B: Dependent variable is number of control rights out of five critical rights*

Early-stage alliance	0.50 [2.96]	0.51 [2.94]
Total public equity raised in prior quarter	-0.31 [1.97]	
Biotech index at end of prior quarter		-0.09 [0.52]
R&D firm's shareholders' equity at end of prior year	-1.91 [2.20]	
R&D firm's total assets at end of prior year		-1.57 [2.39]
Constant	2.60 [15.82]	2.63 [8.49]
F-statistic	8.06	6.80
$\chi^2$ -statistic		
p-value	0.00	0.00
Adjusted R <sup>2</sup>	0.11	0.09
Log likelihood		
Number of observations	180	176



# COMMENT L'EXPLIQUER ?

- Contrainte principale est la contrainte financière
  - Maximisation du surplus joint n'apparaît qu'en second ordre
- Problème de données (trop peu ?)
- Particularités du secteur pharmaceutique
  - Besoin de financements lourds, même *early stage*



# CONCLUSIONS

- Incitation à l'innovation à travers l'**attribution des droits de propriété intellectuelle sur l'innovation**
- Importance des **contraintes financières** pour les chercheurs :
  - Allocation fréquente des droits de propriété au financier
  - R&D souvent intégrée
- Rationalise certains aspects du **droit des contrats de recherche**



# **SECTION 2 : INCITATIONS MONÉTAIRES À L'INNOVATION**



**COLLÈGE  
DE FRANCE**  
— 1530 —

# INCITATIONS MONÉTAIRES A L'INNOVATION

## Questions :

- En quoi les **incitations monétaires à l'innovation** diffèrent-elles des incitations monétaires à la production ?
- Quels sont les **outils d'incitation monétaire à l'innovation** ?



# INCITATIONS MONÉTAIRES A L'INNOVATION

## Articles importants :

- Holmström (1989), Holmström & Milgrom (1991) : multitâches en choix statique
- Manso (2011) : l'innovation comme processus d'exploration



# MODÈLE MULTI-TÂCHES

- Holmström & Milgrom (1991)
- *Idée : Les agents doivent effectuer des tâches multiples, dont certaines sont plus aléatoires (moins bien mesurées) que d'autres*



# MODÈLE MULTI-TÂCHES

- **Rétribution liée à la performance** pas toujours adaptée car **incite l'agent à se concentrer sur les tâches bien mesurées** ou moins aléatoires
- **Problème d'allocation de l'effort** entre tâches routinières et recherche, qui explique que les grandes firmes soient moins innovantes que les petites.



# MODÈLE MULTI-TÂCHES

- Explique que les **grandes innovations soient faites souvent par des petites entreprises**
- Explique pourquoi les salaires des innovateurs sont **moins sensibles à la performance immédiate**



# L'INNOVATION COMME PROCESSUS D'EXPLORATION : MANSO (2011)

- Proche du cadre précédent :
  - **Tâche 1 (routine) : exploitation** qui est mesurable et connue (processus de **production**)
  - **Tâche 2 (innovation) : exploration** qui est difficilement mesurable et inconnue (processus d'**innovation**)
- Dimension supplémentaire : l'innovation/  
exploration **génère de l'information qui peut être utile dans le futur**

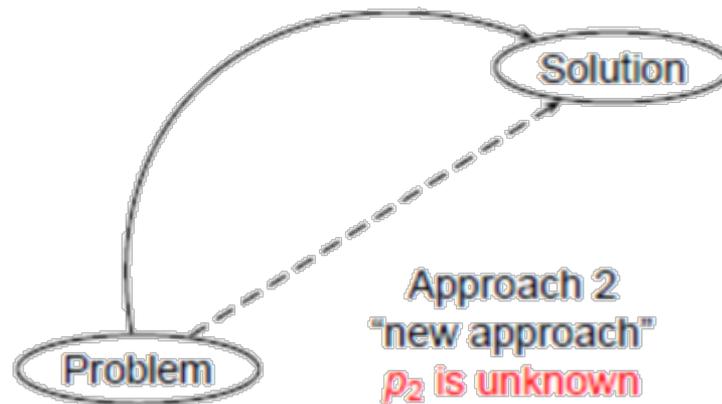


# CAS SIMPLE : AGENT SEUL

- 2 périodes
- 2 possibilités à chaque période : succès ou échec
- L'exploration est plus risquée que l'exploitation en période 1, mais sous condition de succès en période 1 elle devient meilleure :

$$E[p_2] < p_1 < E[p_2|S,2]$$

Approach 1  
"conventional approach"  
 $p_1$  is known

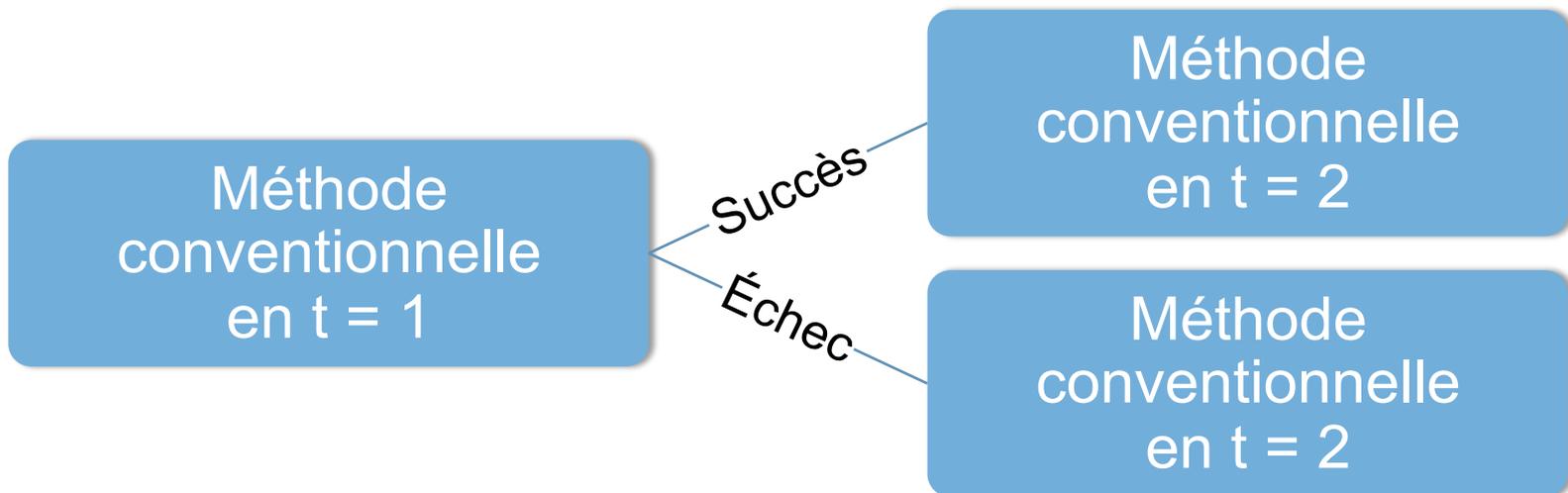


Approach 2  
"new approach"  
 $p_2$  is unknown



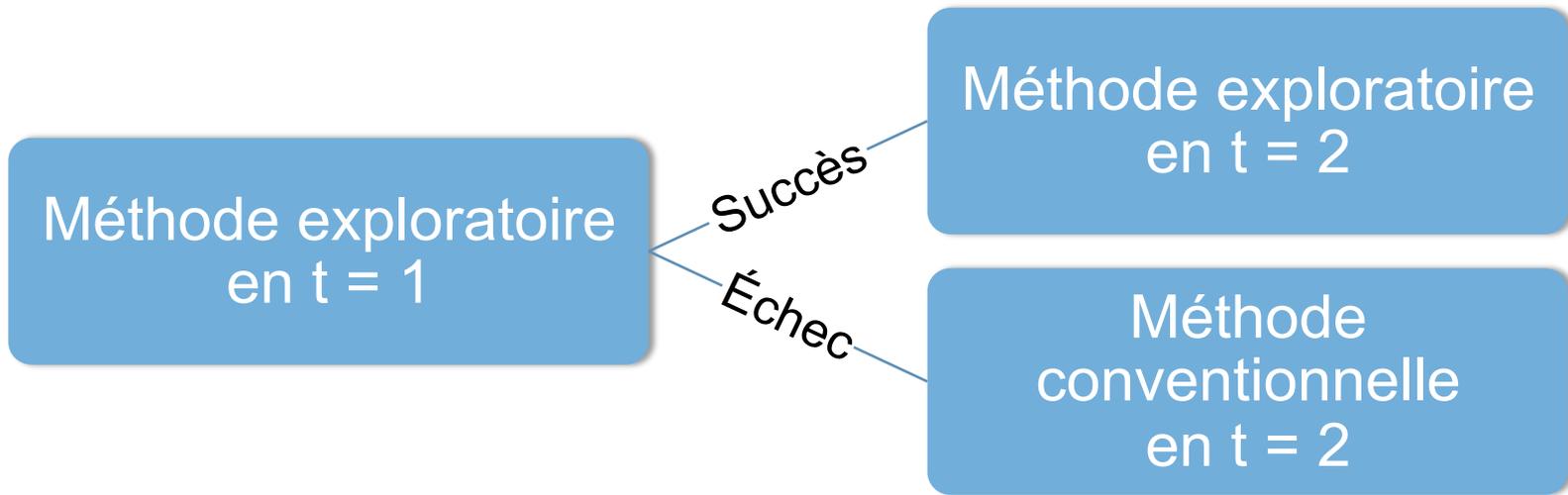
# L'EXPLOITATION

- Quoiqu'il arrive, on fait toujours le choix de suivre le processus établi
- Même probabilité de succès à chaque étape :  
 $p_1 = E[p_1] = E[p_1|S, 1] = E[p_1|F, 1]$



# L'EXPLORATION

- On tente la méthode exploratoire en période 1
- En cas de succès intermédiaire, on persévère car  $p_1 < E[p_2|S,2]$
- Sinon, on reprend la démarche conventionnelle car  $E[p_2|F,2] < E[p_2] < E[p_1]$

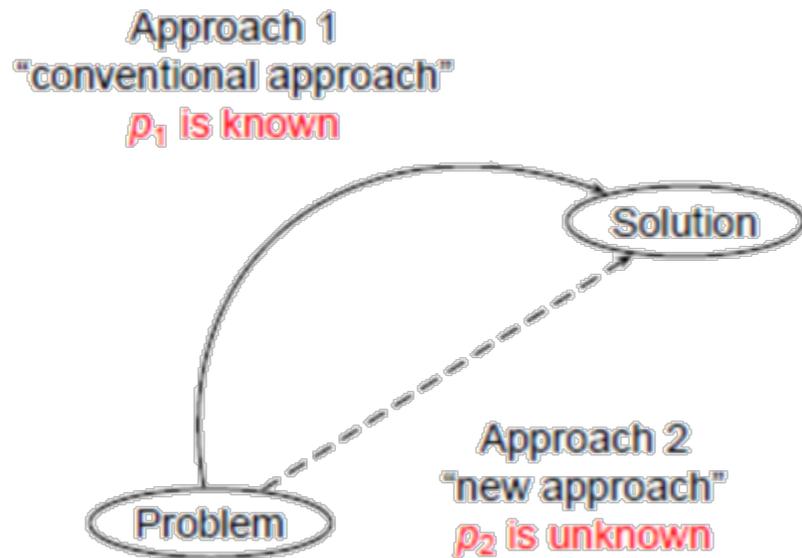


# CAS SIMPLE : AGENT SEUL

- L'agent choisit l'exploration si et seulement si :

$$E[p_2] \geq \underbrace{\left(1 - \frac{(E[p_2|S, 2] - p_1)}{1 + (E[p_2|S, 2] - p_1)}\right)}_{\text{information premium}} p_1$$

- C'est-à-dire si l'**information acquise sur la méthode exploratoire** lors de la période 1 est suffisante pour que l'espérance dépasse la probabilité de succès conventionnelle



# PRINCIPAL-AGENT

- Manso (2011) considère le choix entre exploitation et exploration dans le **cadre d'un modèle principal-agent**
- L'agent peut :
  1. Ne rien faire
  2. Exploiter
  3. Explorer



# PRINCIPAL-AGENT

- S'il s'agissait d'**encourager l'effort de production** (l'exploitation contre le farniente)
- Alors le **contrat optimal** punirait les mauvaises performances dès le début

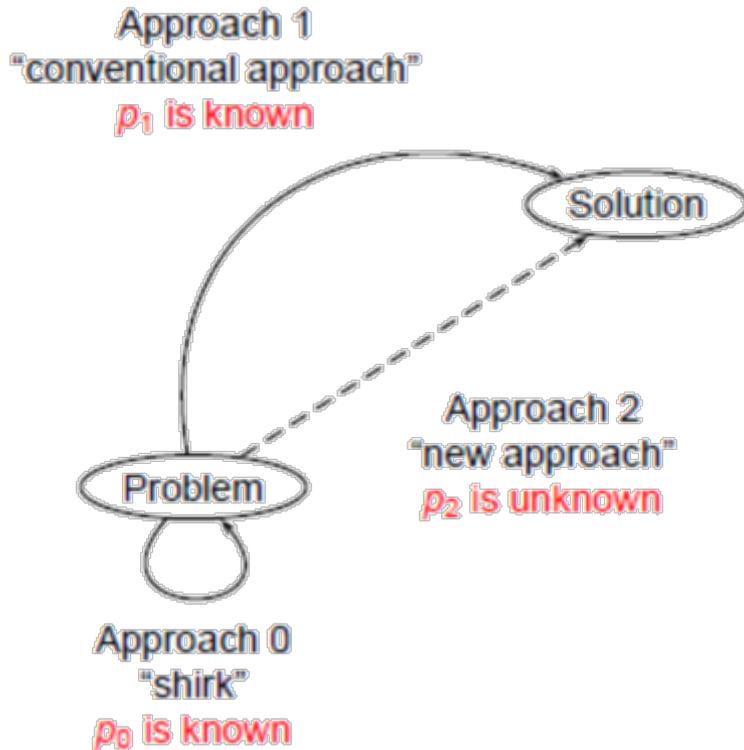


# PRINCIPAL-AGENT

- Mais si l'on veut **inciter à exploration** :
  1. Il y a un risque d'échec à court terme si on explore. Pour inciter à l'exploration, il faut donc que le contrat montre une **indulgence pour *early failure***
  2. Comme **l'exploration révèle de l'information utile pour les choix futurs**, le contrat optimal doit bien récompenser le ***later success***



# PRINCIPAL-AGENT



- L'effort est récompensé :  
 $\rho_0 < E[\rho_i]$  pour  $i = 1, 2$
- Agent a des coûts à travailler:  
 $c_0 = 0$  ;  $c_1 > 0$  ;  $c_2 > 0$
- Le principal offre un contrat à l'agent spécifiant les salaires conditionnellement aux performances :  
 $W = \{W_S, W_F, W_{SS}, W_{SF}, W_{FS}, W_{FF}\}$



# INCITER À L'EXPLOITATION

- *Idée : Le principal veut à la fois décourager le farniente, mais aussi l'exploration en première période*
- *Contrat proposé :*
  - $w_F = w_{SF} = w_{FF} = 0$  : Échec toujours dévalorisé



# INCITER À L'EXPLORATION

- *Idée : Le principal veut à la fois décourager le farniente, mais aussi l'inciter à explorer, même si cela est plus coûteux*
- *Contrat proposé :*
  - $w_{SF} = w_{FF} = 0$  : Échec dévalorisé en période 2 uniquement
  - $w_F > 0$  : Échec intermédiaire récompensé
  - $w_{FS} > 0$  : Succès final récompensé pour éviter l'esquive de l'agent
  - $w_{SS} \gg 0$  : Succès répété deux périodes fortement récompensé



# COMMENT ENCOURAGER L'EXPLORATION EN PRATIQUE ?

- ***Executive compensation***
  - Protéger le manager (investisseurs institutionnels)
  - *Stock options ?*
- **Lois de faillite**
  - S'écarter de règles entièrement basées sur la priorité des *claims* pour protéger le débiteur (*Chapter 11 Bankruptcy*)
  - *Acharya et Subramanian (2009)* utilisent des données émanant de plusieurs pays pour montrer que les pays dotés de lois de faillite plus avantageuses pour le débiteur innovent davantage



# TEST EMPIRIQUES

- Azoulay, Graff Zivin, Manso (2011)
- Étude de la tolérance à l'échec et à l'exploration au sein de la recherche scientifique
- Comparaison des résultats de deux programmes de recherche biomédicaux :
  - *Howard Hughes Medical Investigator (HHMI) Program*
  - *NIH Funding*



# ***HOWARD HUGHES MEDICAL INVESTIGATOR (HHMI)***

- Source privée de financement la plus importante pour la recherche biomédicale académique
- Sélection de 50 jeunes scientifiques tous les 3 ans
- Source majeure de financement pour les scientifiques sélectionnés
- Idée du programme :
  - *Repousser les limites de la science*
  - Centré sur les personnes, pas les projets
  - Renouvellement tous les 5 ans mais premier examen plutôt laxiste



# HOWARD HUGHES MEDICAL INVESTIGATOR (HHMI) : NOBELS



Thomas Steitz

2009 NOBEL PRIZE  
IN CHEMISTRY



Jack Szostak

2009 NOBEL PRIZE  
IN PHYSIOLOGY OR  
MEDICINE



Roger Tsien

2008 NOBEL PRIZE  
IN CHEMISTRY



Mario Capecchi

2007 NOBEL PRIZE  
IN PHYSIOLOGY OR  
MEDICINE



Craig Mello

2006 NOBEL PRIZE  
IN PHYSIOLOGY OR  
MEDICINE



Richard Axel

2004 NOBEL PRIZE  
IN PHYSIOLOGY OR  
MEDICINE



Linda Buck

2004 NOBEL PRIZE  
IN PHYSIOLOGY OR  
MEDICINE



Roderick MacKinnon

2003 NOBEL PRIZE  
IN CHEMISTRY



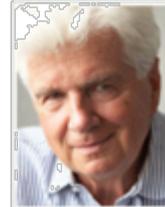
H. Robert Horvitz

2002 NOBEL PRIZE  
IN PHYSIOLOGY OR  
MEDICINE



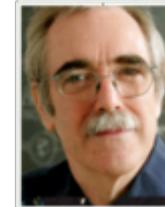
Eric Kandel

2000 NOBEL PRIZE  
IN PHYSIOLOGY OR  
MEDICINE



Günter Blobel

1999 NOBEL PRIZE  
IN PHYSIOLOGY OR  
MEDICINE



Eric Wieschaus

1995 NOBEL PRIZE  
IN PHYSIOLOGY OR  
MEDICINE



Thomas Cech

1989 NOBEL PRIZE  
IN CHEMISTRY



Johann Deisenhofer

1988 NOBEL PRIZE  
IN CHEMISTRY



Susumu Tonegawa

1987 NOBEL PRIZE  
IN PHYSIOLOGY OR  
MEDICINE



Randy Schekman

2013 NOBEL PRIZE  
IN PHYSIOLOGY OR  
MEDICINE



Thomas Südhof

2013 NOBEL PRIZE  
IN PHYSIOLOGY OR  
MEDICINE



Robert Lefkowitz

2012 NOBEL PRIZE  
IN CHEMISTRY



Eric Betzig

2014 NOBEL PRIZE  
IN CHEMISTRY



Paul Modrich

2015 NOBEL PRIZE  
IN CHEMISTRY



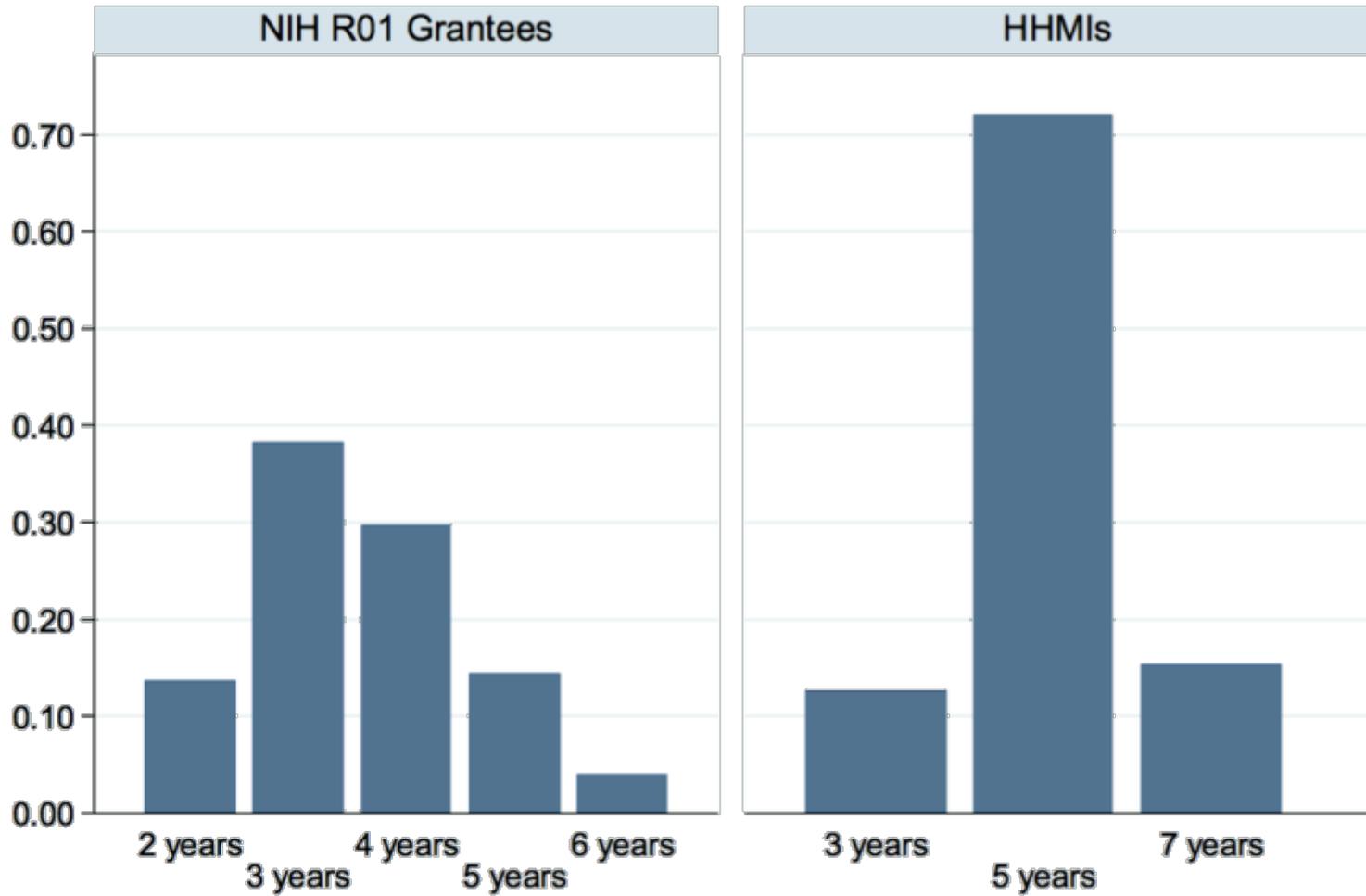
COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

# INCITATION À L'EXPLOITATION : *NIH FUNDING*

- Soutien de projets particuliers
- Doit être renouvelé tous les 3-5 ans avec un probabilité incertaine
- Critique habituelle : Incitation à choisir des sujets d'études moins risqués



# HHIM PROGRAM VS. NIH FUNDING



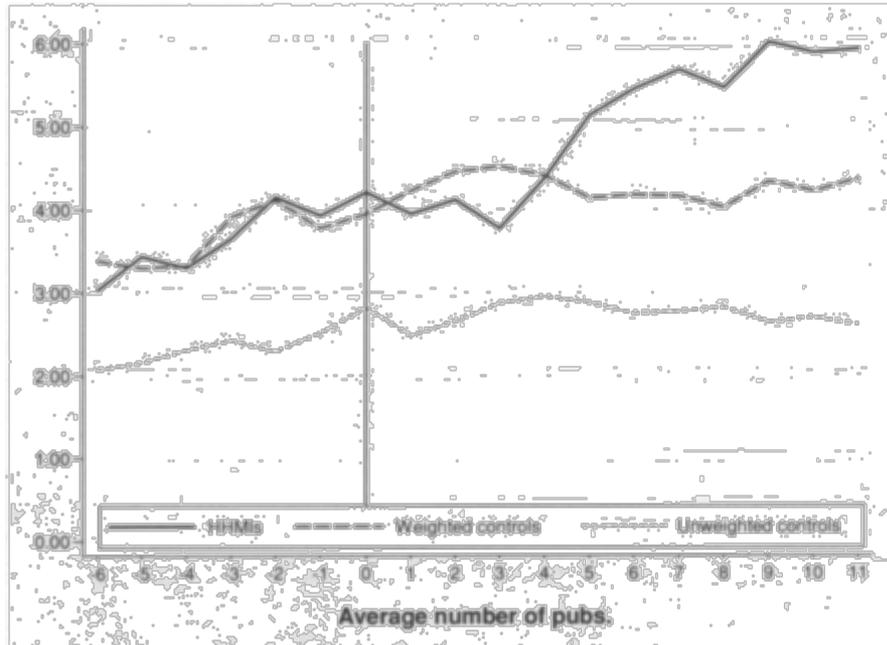
Time to Renewal or Reappointment



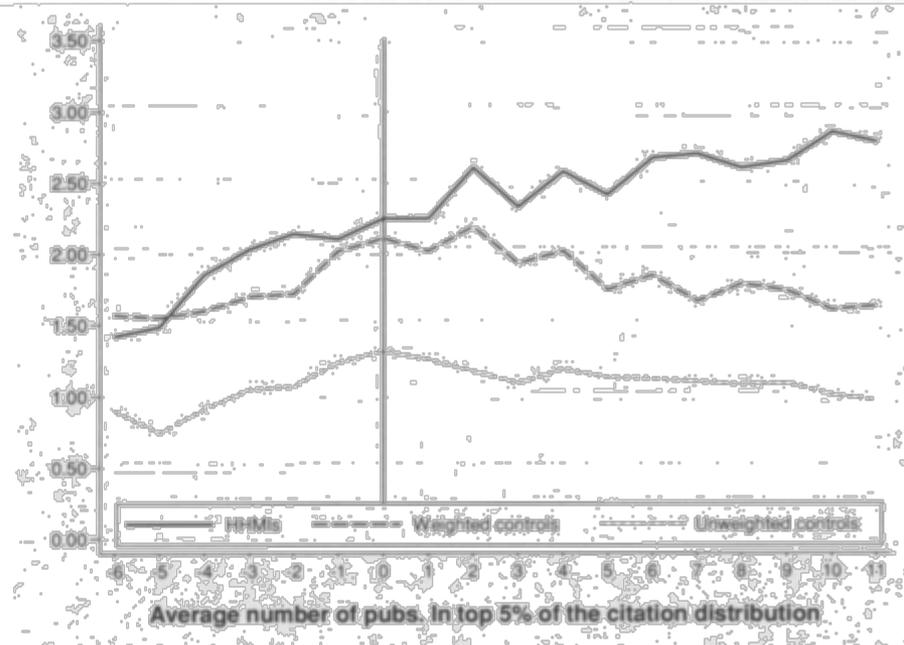
COLLÈGE  
DE FRANCE  
— 1530 —

# RÉSULTATS

A. All Publications



B. Publications in the Top 5%



# CONCLUSIONS

- Preuve empirique de :
  - **L'engagement nécessaire** vis-à-vis du chercheur
  - L'importance du **temps long**

