

# **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



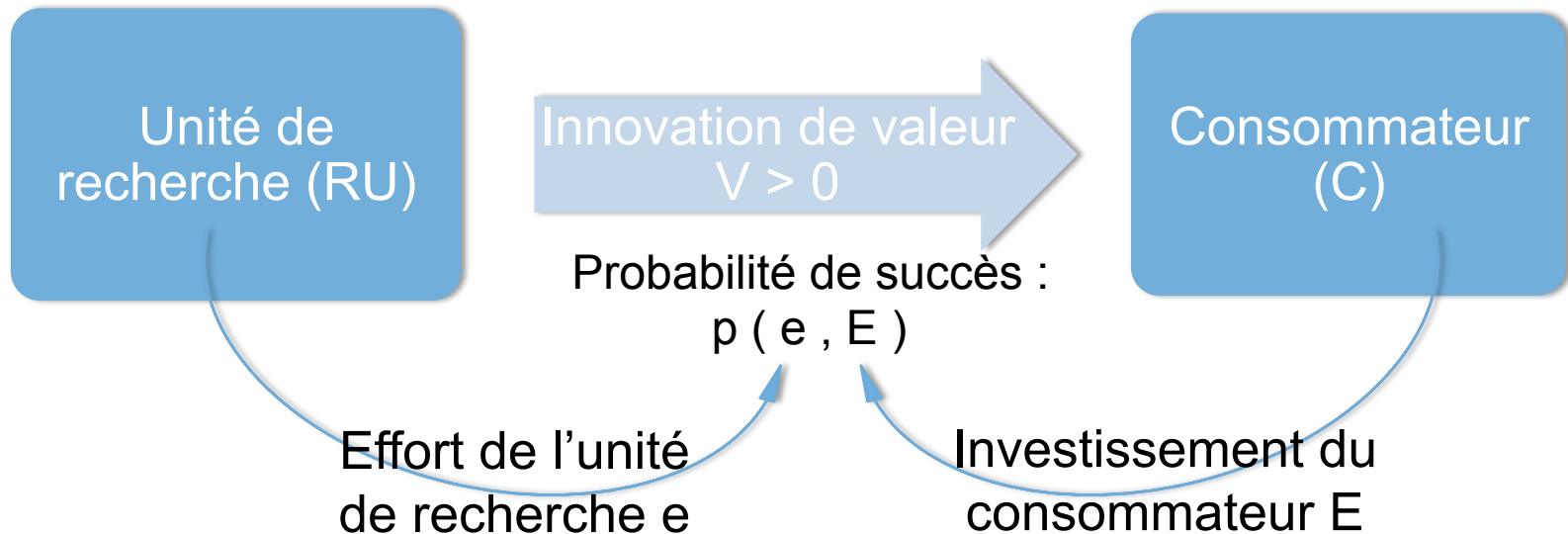
# INCITATION PAR LES DROITS DE CONTRÔLE: AGHION & TIROLE (1994)

- **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**



# 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**

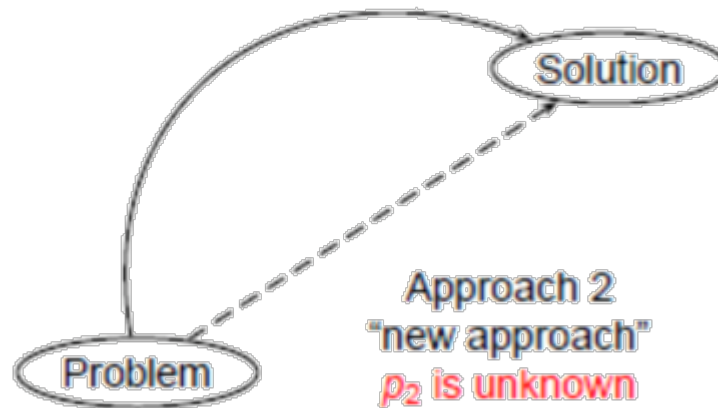


# CAS SIMPLE : AGENT SEUL

- 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

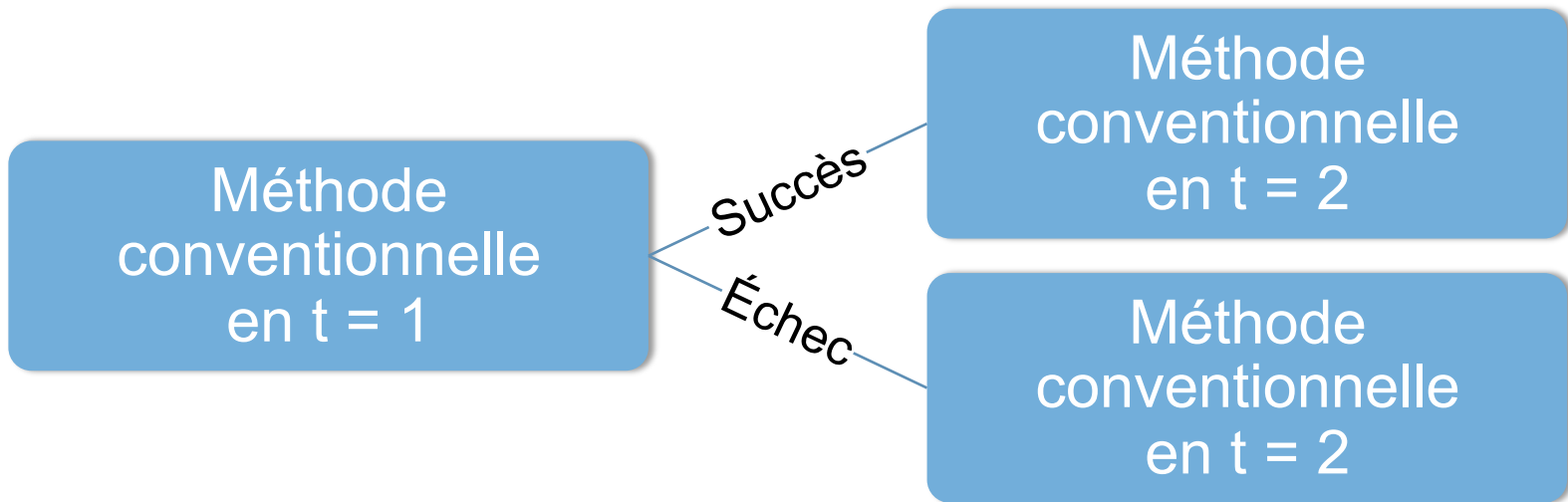


Approach 2  
"new approach"  
 $p_2$  is unknown



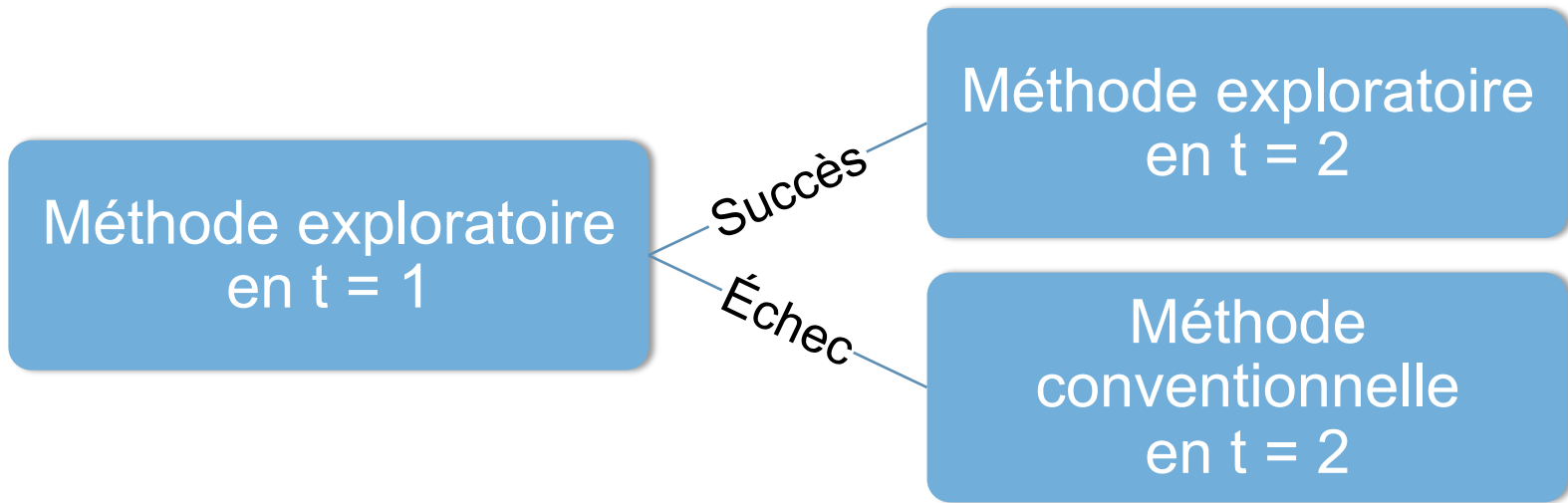
# L'EXPLOITATION

- 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  $E[p_2|F,2] < E[p_2] < E[p_1]$

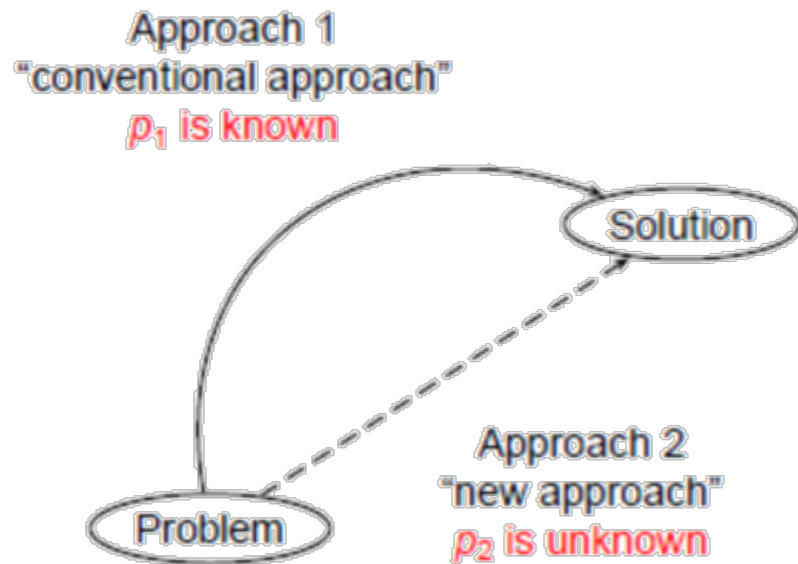


# CAS SIMPLE : AGENT SEUL

- 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



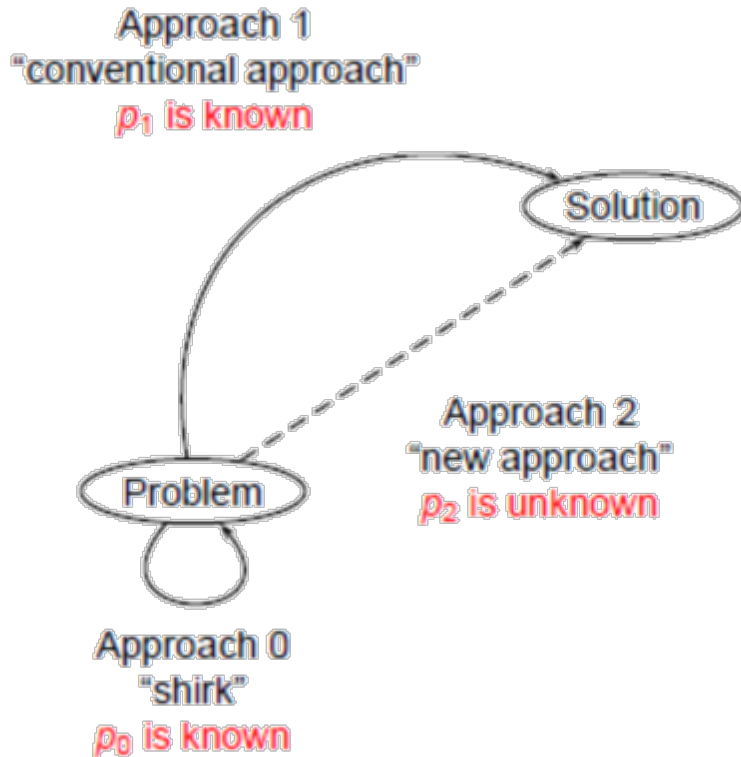


# PRINCIPAL-AGENT

- 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



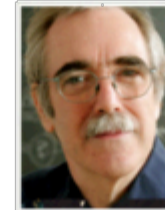
**Eric Kandel**

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 —

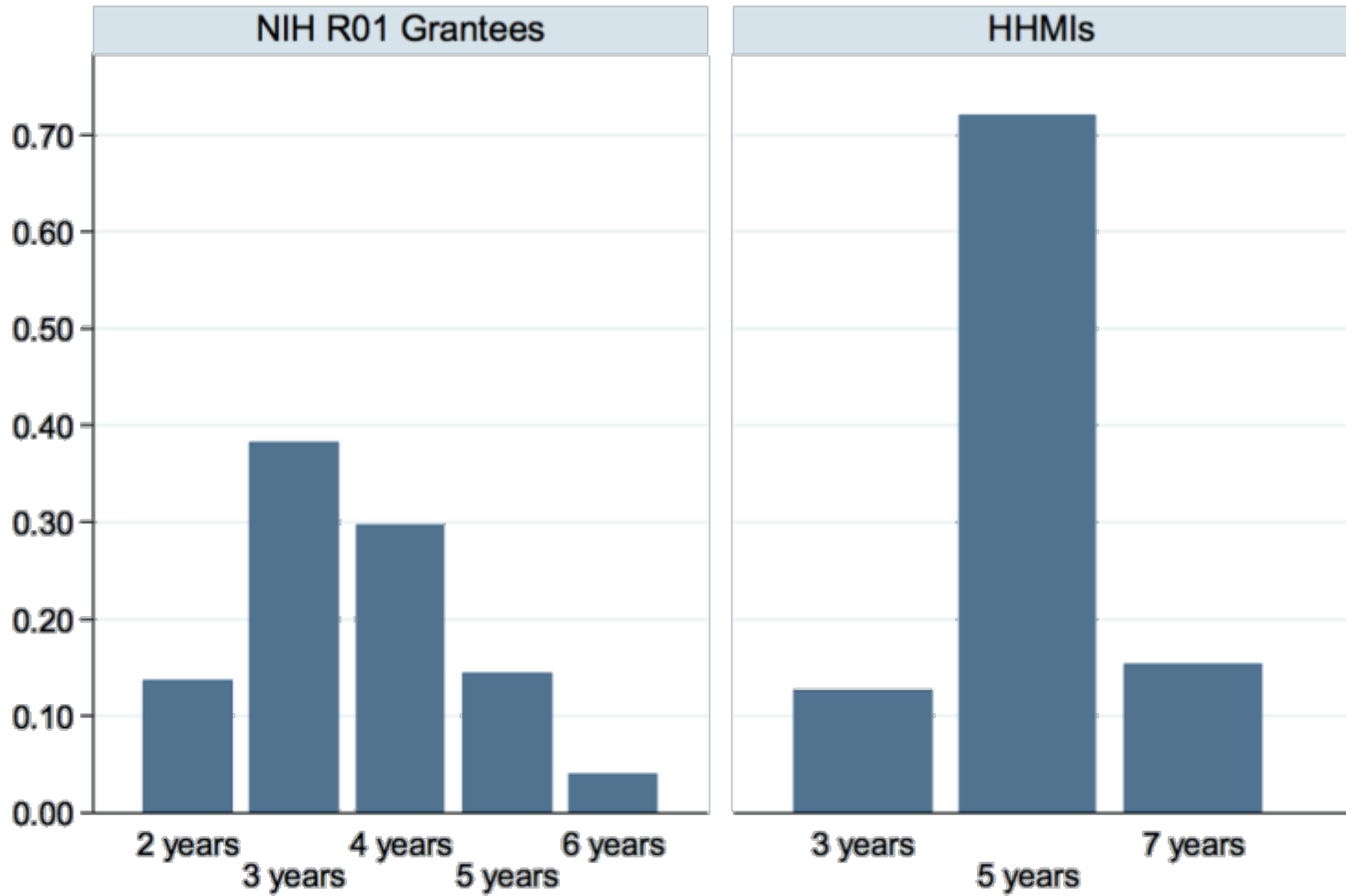


# INCITATION À L'EXPLOITATION : *NIH FUNDING*

- 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



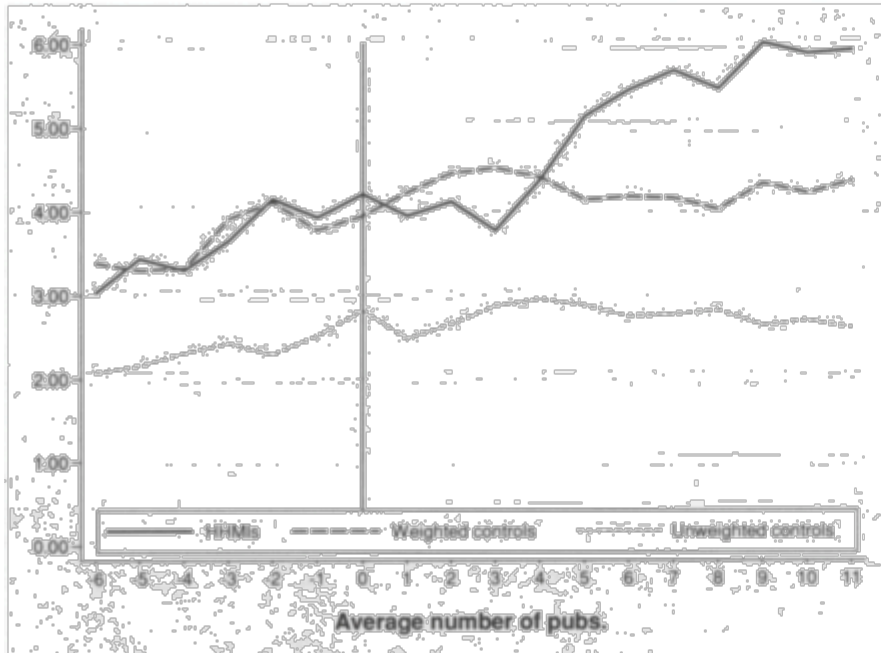
Time to Renewal or Reappointment



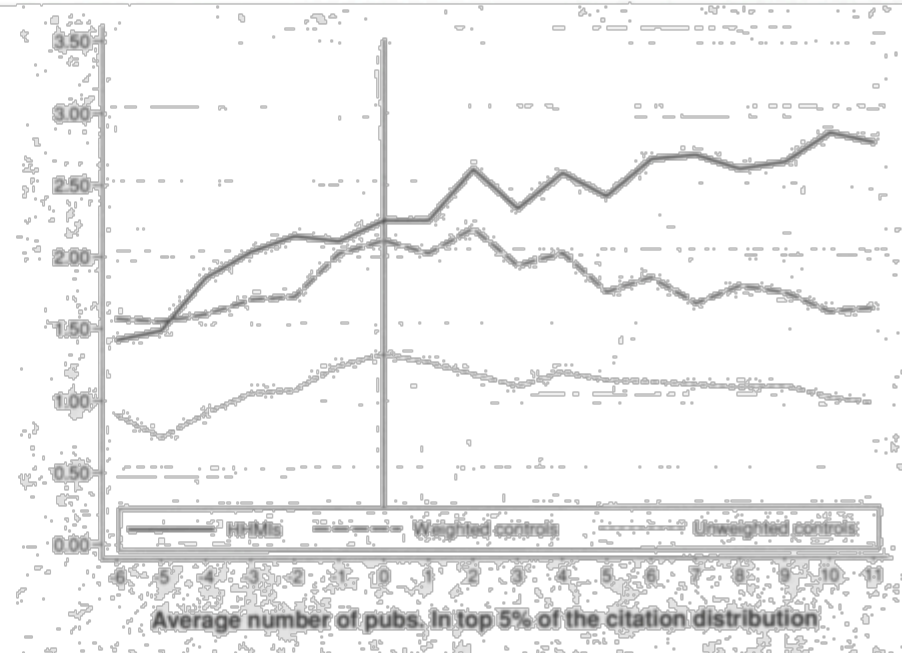
COLLÈGE  
DE FRANCE  
1530

# 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**

