Simulations multi-agents participatives

Faire interagir agents et humains pour modéliser, explorer et reproduire les comportements collectifs

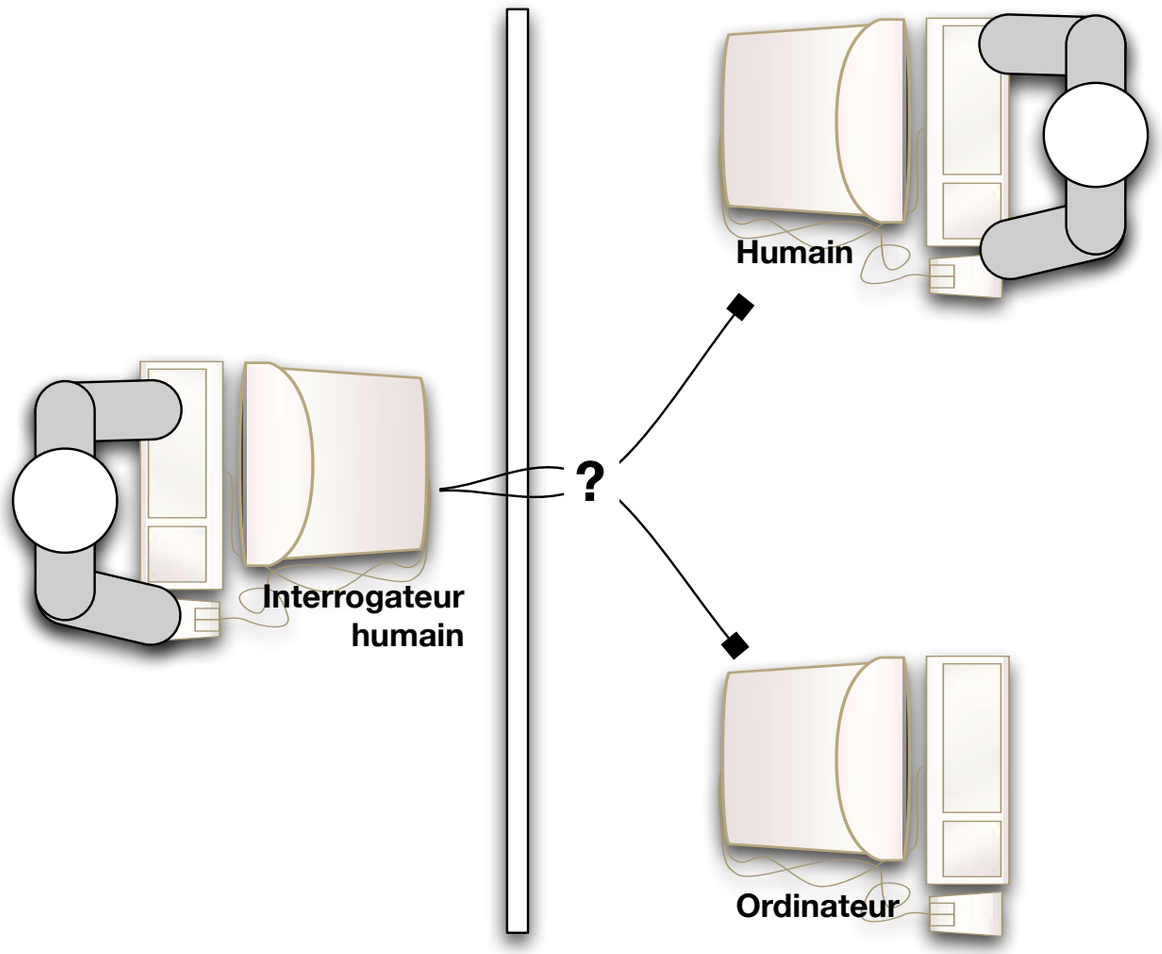
Paul Guyot

27 juin 2006

Intelligence artificielle

L'intelligence artificielle a deux objectifs

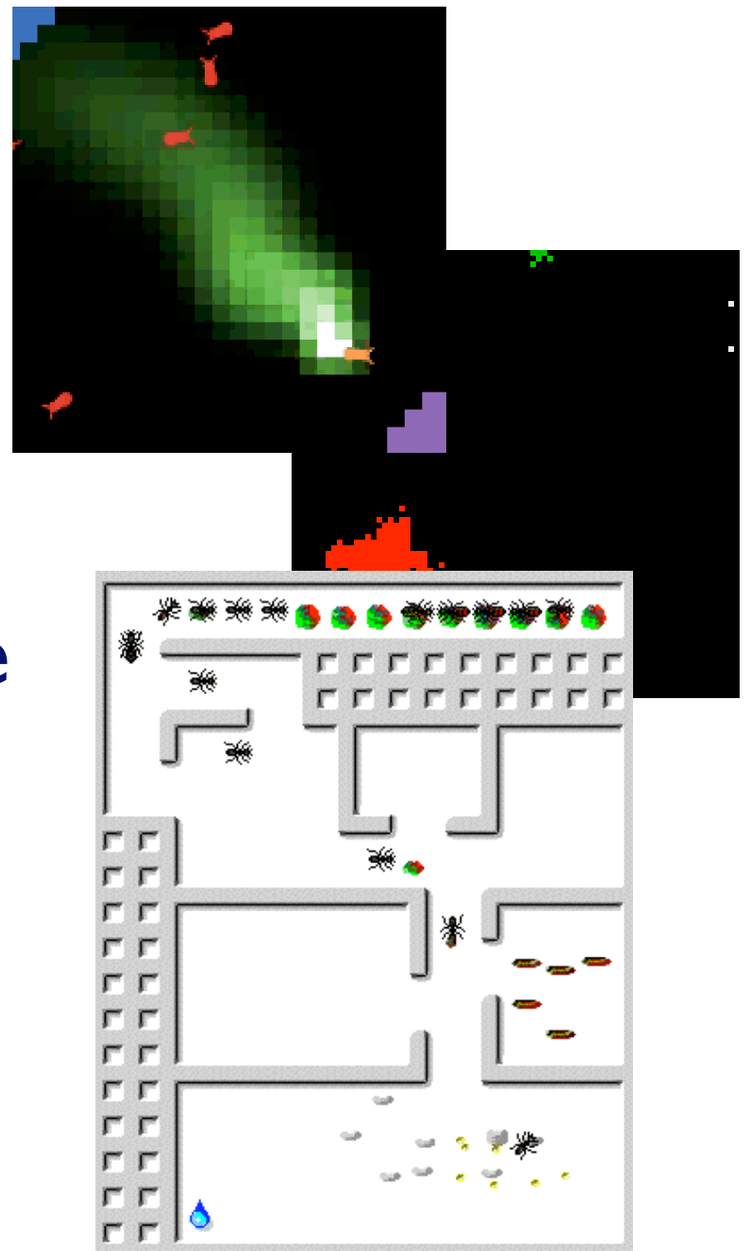
- ingénierie de systèmes "intelligents"
- compréhension et exploration de l'intelligence humaine par la simulation



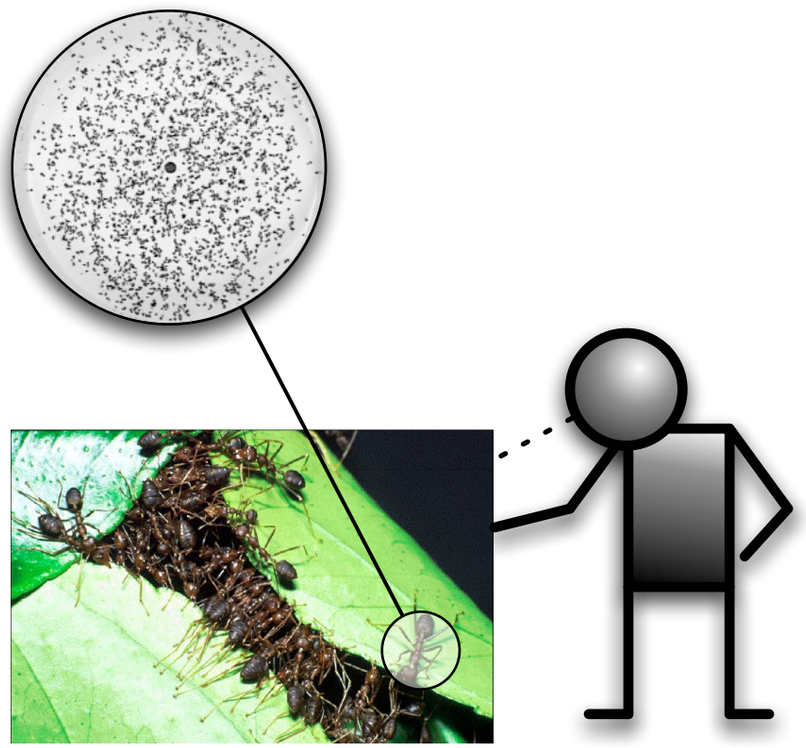
Intelligence artificielle distribuée

La tradition multi-agents partage les objectifs de l'intelligence artificielle

- Un *système* multi-agents est un ensemble d'entités logicielles qui agissent (les agents), conçu pour résoudre un problème particulier de manière collective [Ferber, 1995]
- Une *simulation* multi-agents est un ensemble d'agents conçu pour simuler un phénomène réel.

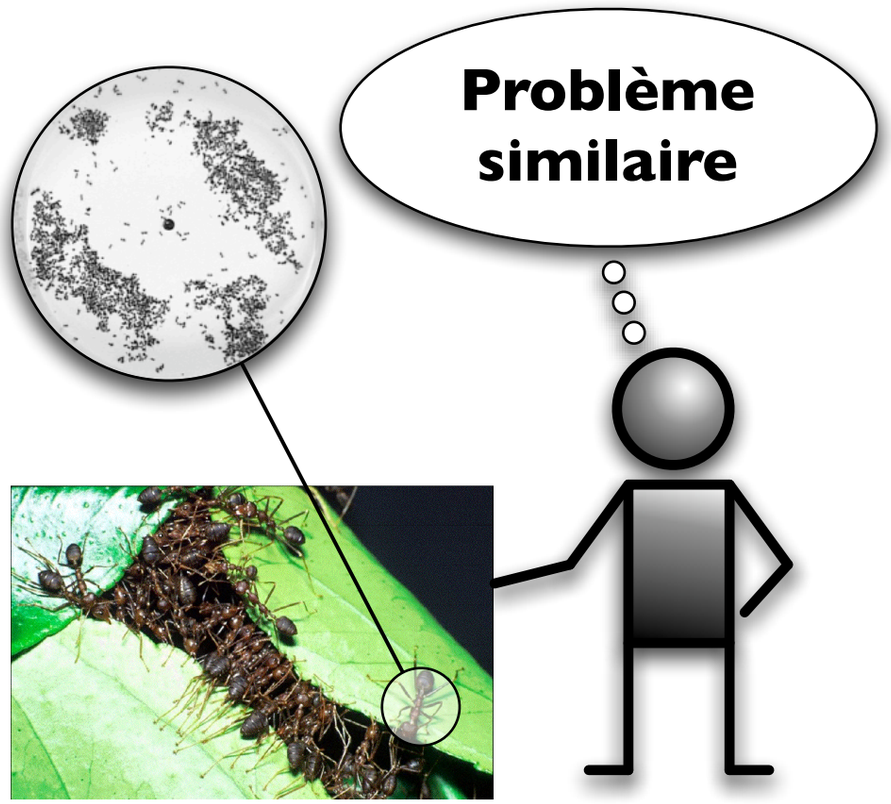


Conception de systèmes multi-agents

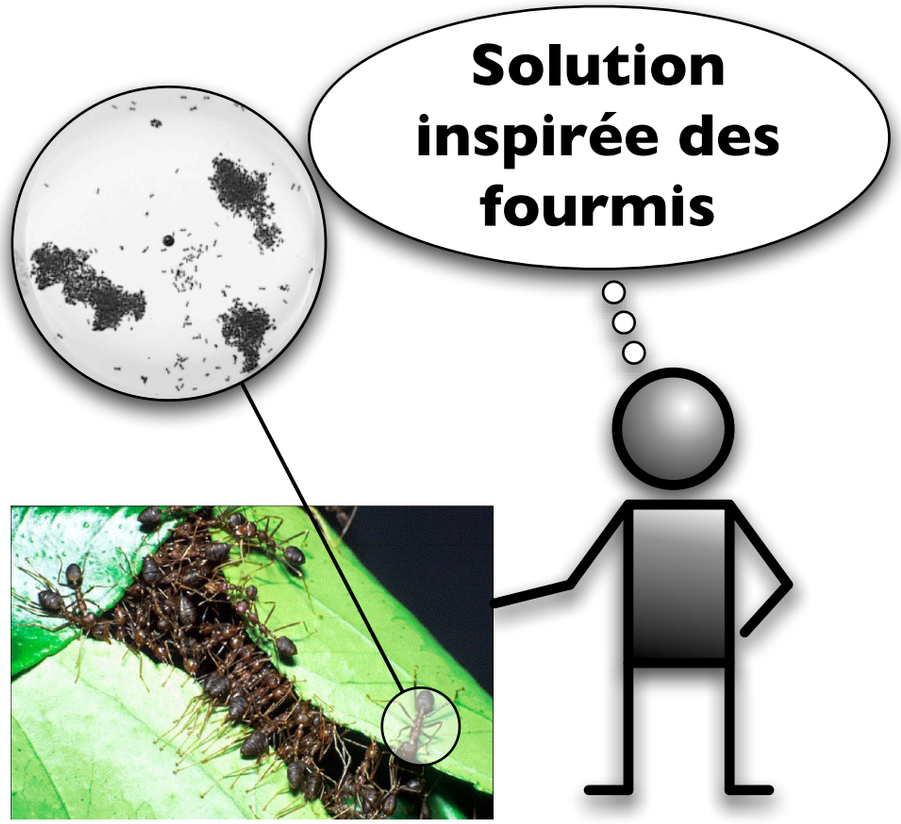


Conception de systèmes multi-agents

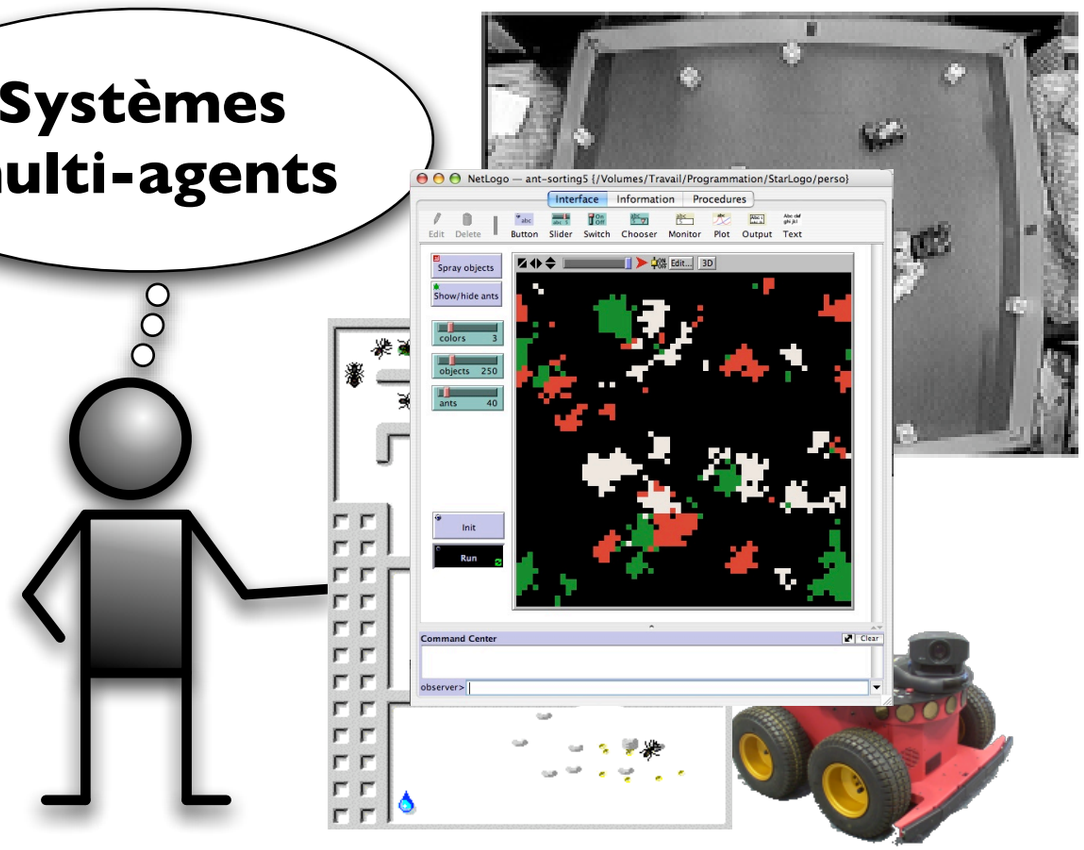
Conception de systèmes multi-agents



Conception de systèmes multi-agents



Conception de systèmes multi-agents



Conception de systèmes multi-agents

- Les exemples biologiques et éthologiques présentent quelques limites [Drogoul, 2000] :
  - La seule méthode d'analyse est l'observation
  - Le nombre de classes de problèmes est limité
- L'horizon est l'intelligence (collective) humaine

Modèles de résolution collective de problèmes par les humains

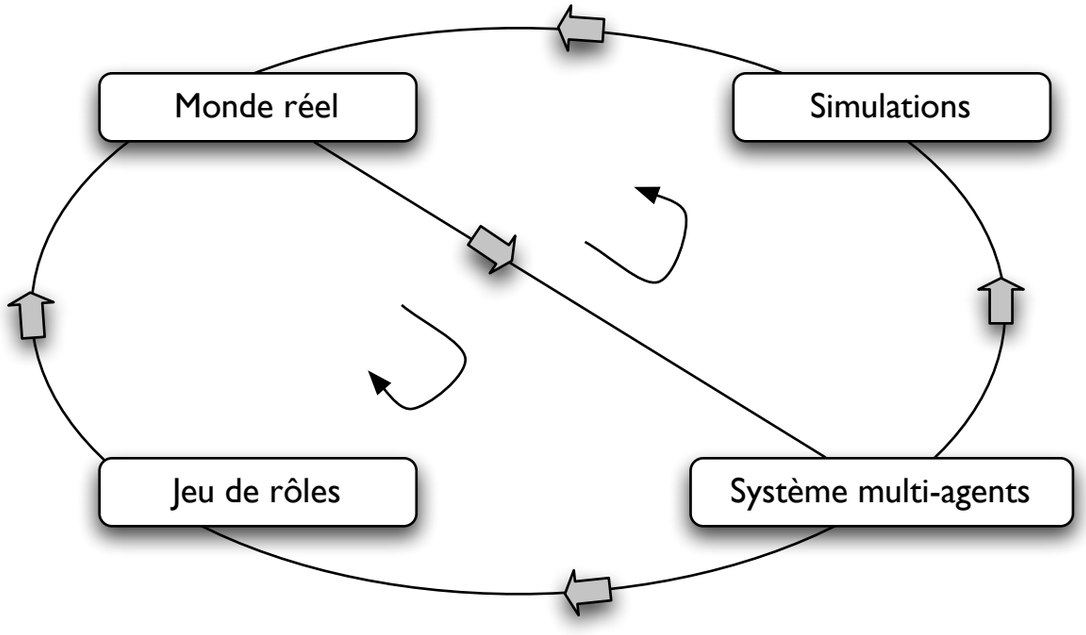
- Les approches participatives permettent aux sciences sociales d'étudier les processus de résolution collective de problèmes
  - recherche-action participative [Wadsworth, 1998]
  - expériences en laboratoire
- Deux traditions qui produisent des modèles calculatoires : ComMod & économie expérimentale

Le mouvement ComMod

- Courant de recherche français (CIRAD, CEMAGREF, INRA, IRD…)
- Issu des approches participatives en agronomie
- Charte [Barreteau, 2003]

L'approche MAS/RPG

- Approche typique du mouvement ComMod
- Combine jeux de rôles et simulations multi-agents [Barreteau, 1998]



L'économie expérimentale

- 60 ans d'expériences en laboratoire pour explorer les comportements des agents économiques
- Des réflexions sur les méthodes
- Consécration avec le prix Nobel de Vernon Smith (2002)
- Couplage avec des agents logiciels

  [Duffy, 1999; Grossklags & Schmidt, 2003]

Problème

Comment explorer, modéliser et reproduire, dans les systèmes multi-agents, les comportements mis en œuvre par les groupes sociaux pour résoudre collectivement des problèmes?

Hypothèses

- La construction de systèmes multi-agents inspirés de comportements humains peut se faire à l'aide de simulations hybrides (agents et humains).
- Les interactions entre agents sont suffisamment riches pour modéliser les comportements collectifs humains de résolution de problèmes

Thèse

Il est possible de

- déterminer des conditions suffisantes pour qu'émergent des comportements collectifs
- faire expliciter les stratégies individuelles
- explorer les protocoles de résolution de problèmes
- valider des modèles de comportements collectifs
- extraire automatiquement des motifs d'interaction
- faire émerger des solutions plus efficaces

en utilisant des **simulations multi-agents participatives**

Plan

- Méthode et protocole
- Déterminer des conditions des comportements collectifs
- Faire expliciter les stratégies individuelles
- Explorer les protocoles de résolution de problèmes
- Valider des modèles de comportements collectifs
- Extraire automatiquement des motifs d'interaction
- Faire émerger des solutions plus efficaces

Objectif :
– Explorer
– Modéliser
– Reproduire

Modèle :
– SimBar
– SimCommod
– SimCafé

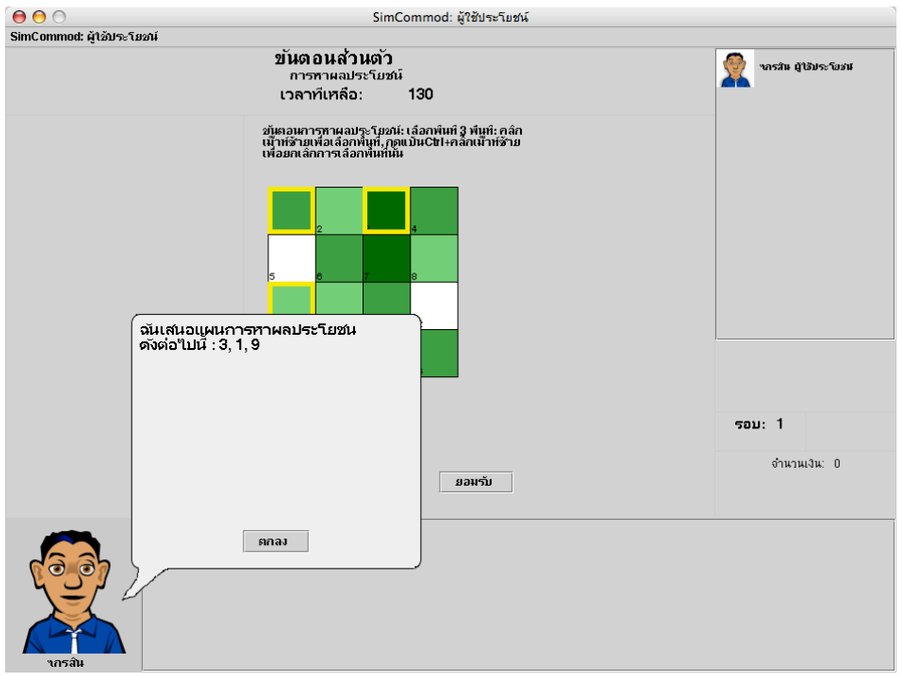
Les simulations multi-agents participatives

Les simulations multi-agents participatives sont des expériences en laboratoire avec des participants humains et des agents

- les agents dans ces simulations participent au même titre que les humains; ils ne fournissent pas un service.
- les participants accèdent à la simulation exactement comme les agents

Les simulations multi-agents participatives

Chaque participant est assis à un poste de travail et toutes les interactions, conçues comme des interactions entre agents, se font par le biais de l'ordinateur.

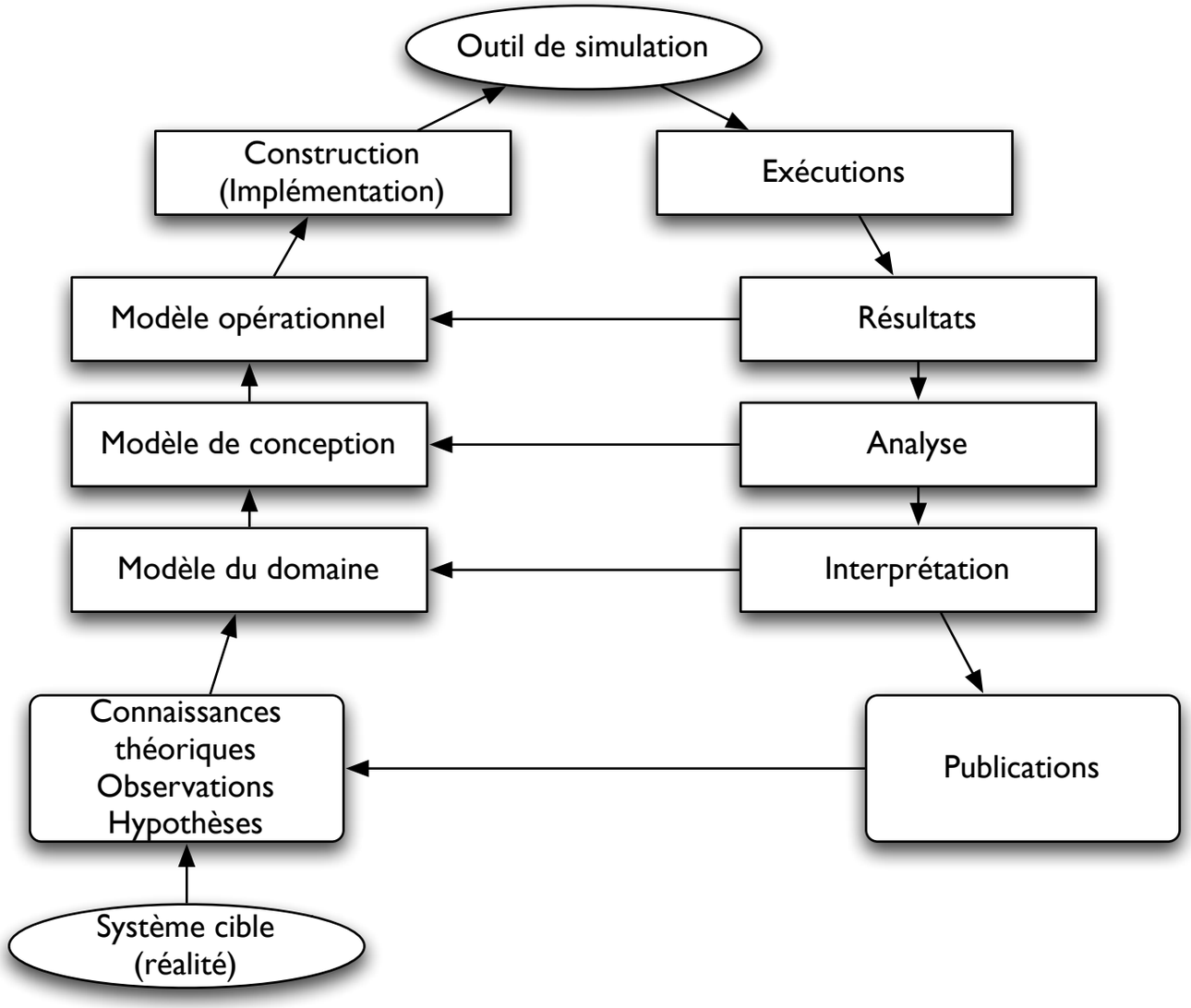


Les simulations multi-agents participatives

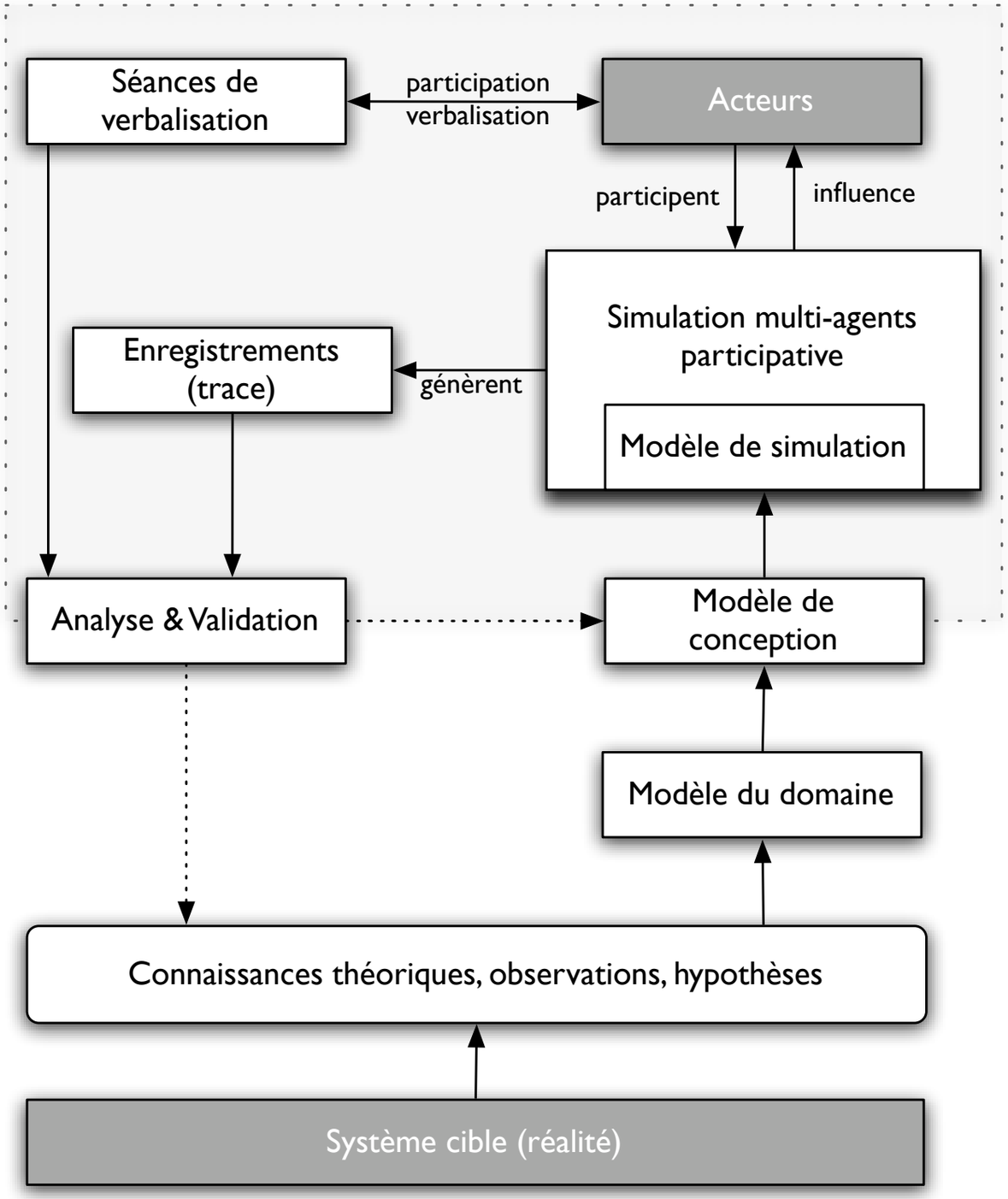
Ce sont des simulations :

- Les acteurs sont plus à même d'élaborer des comportements collectifs proches des comportements réels [Barreteau, 2003]
- Les simulations suscitent plus d'intérêt que des tâches abstraites de résolution de problèmes

Protocole d'expérimentation

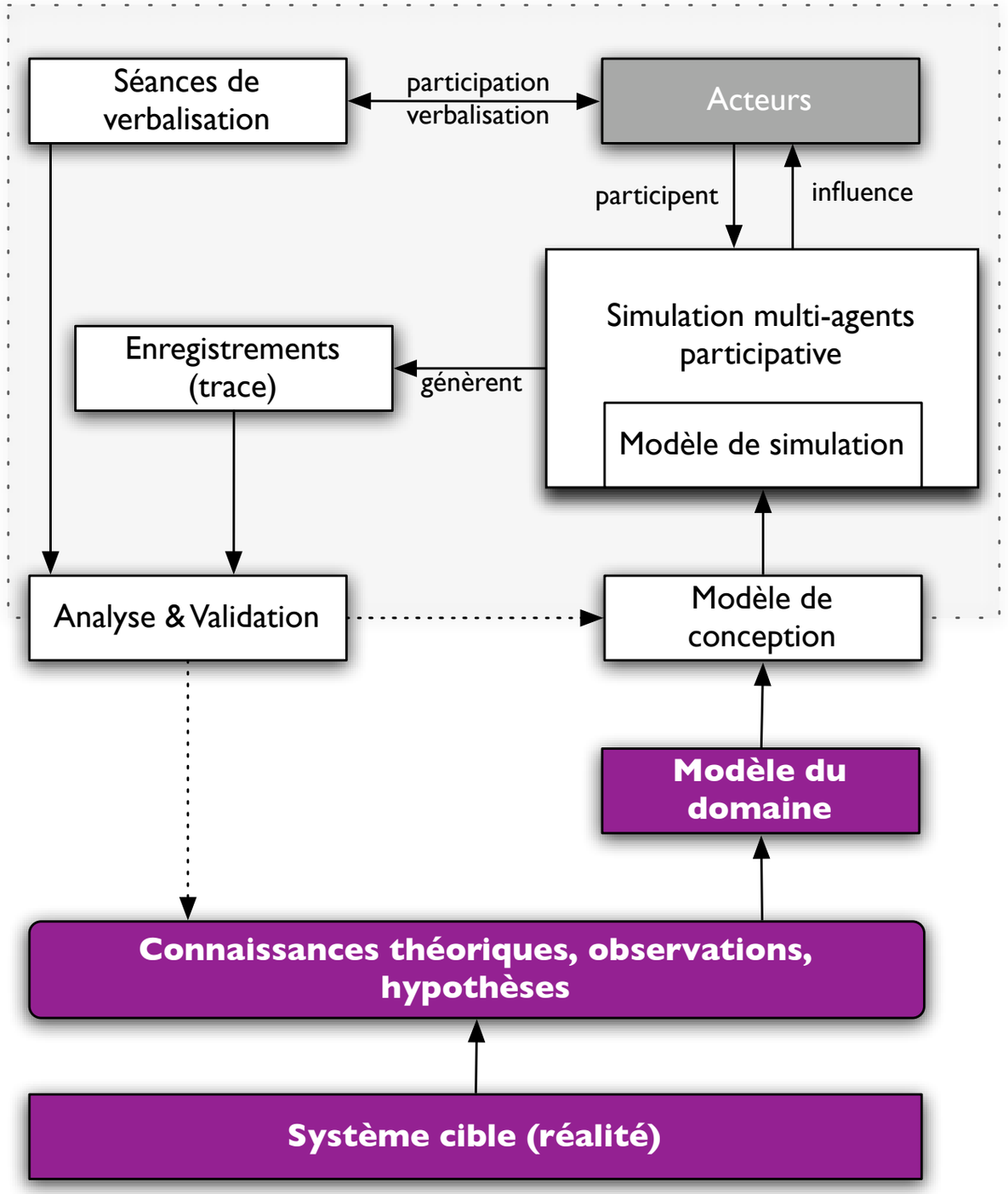


Conception de simulations multi-agents [Vanbergue, 2003]



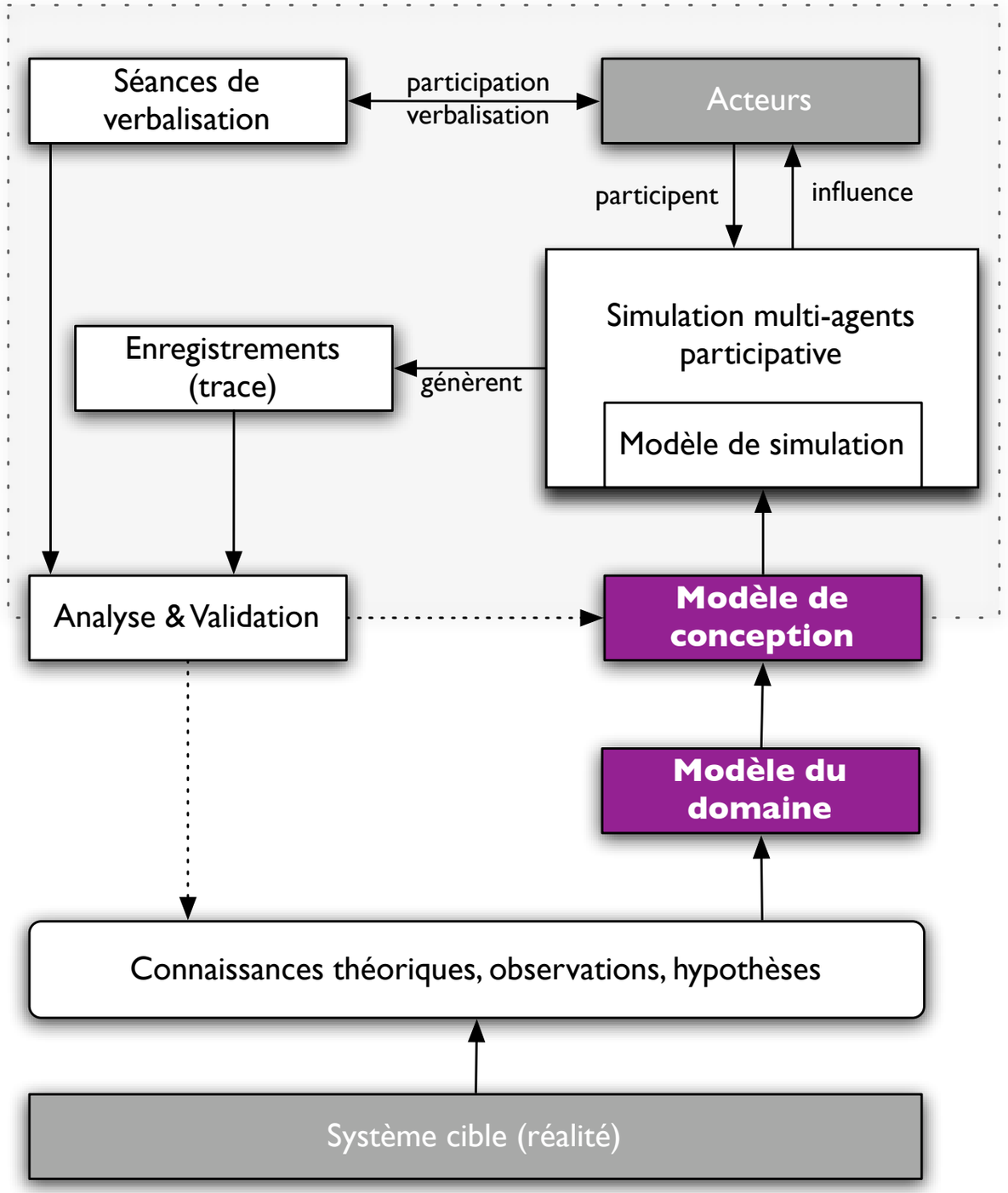
Protocole d'expérimentation

1. Les expériences se fondent sur un modèle initial de comportements collectifs.



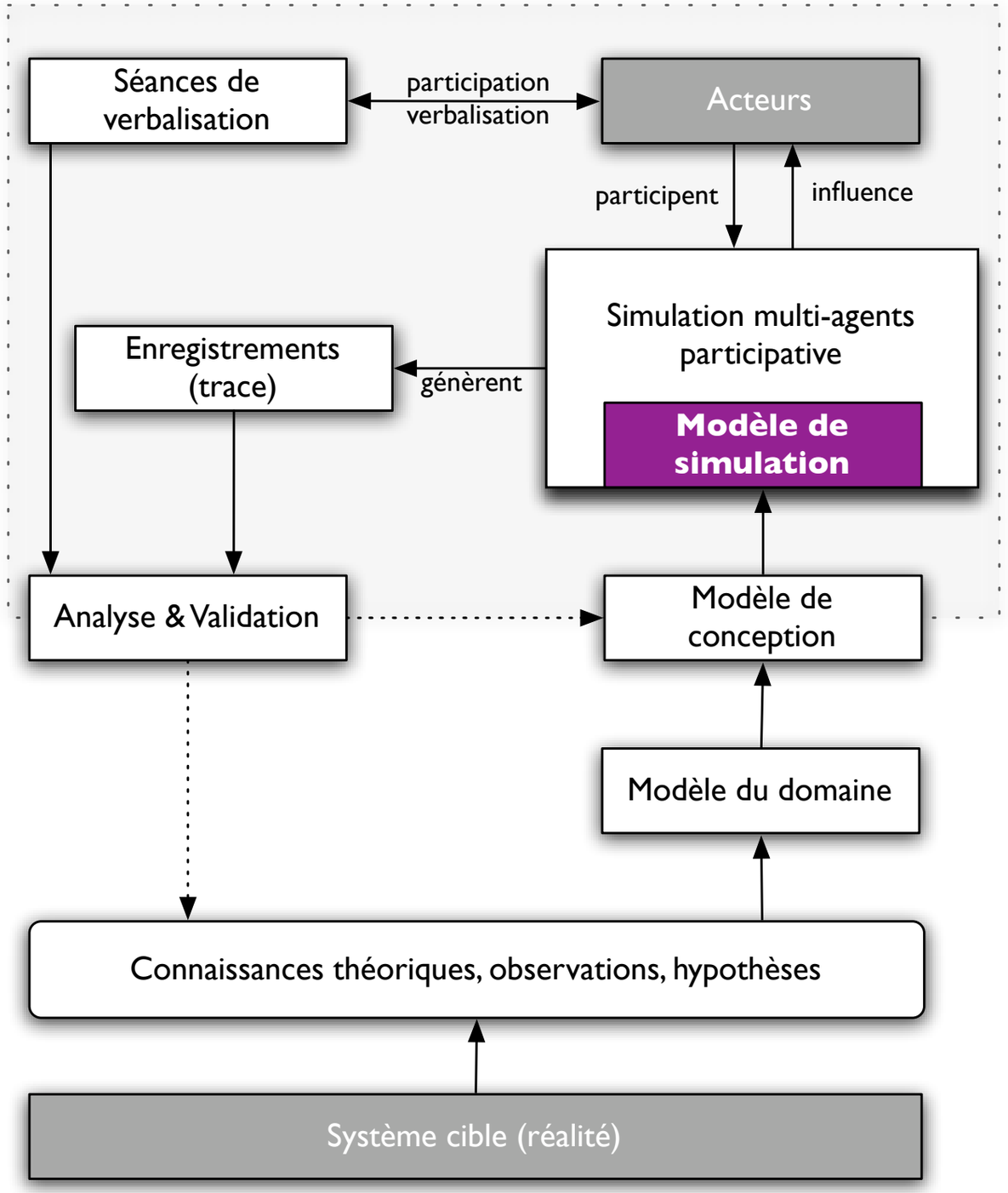
Protocole d'expérimentation

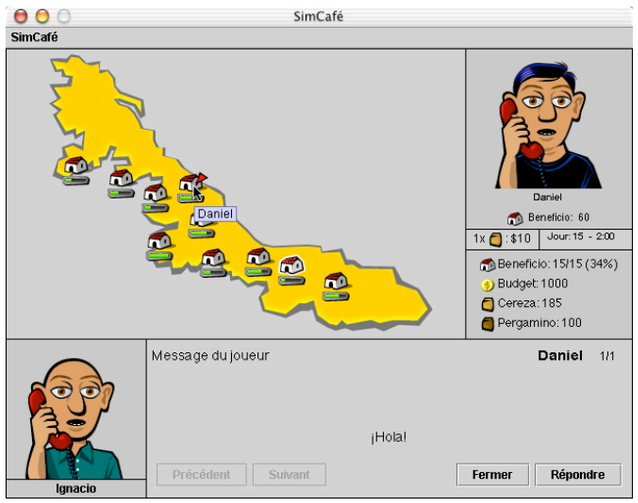
2. Les protocoles d'interaction entre les agents tels que spécifiés dans le modèle sont divisés en primitives.

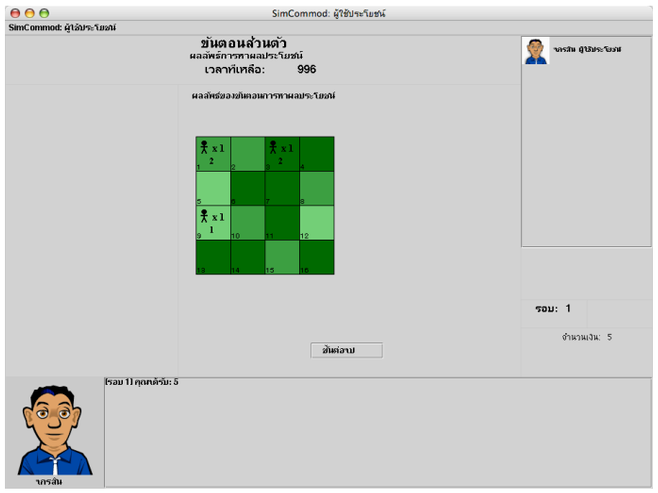


Protocole d'expérimentation

3. Une interface graphique est construite en suivant le modèle. Pour toutes les expériences, j'ai conçu un cadriciel en Java appelé *Simulación* (321 classes, 73 KLC).

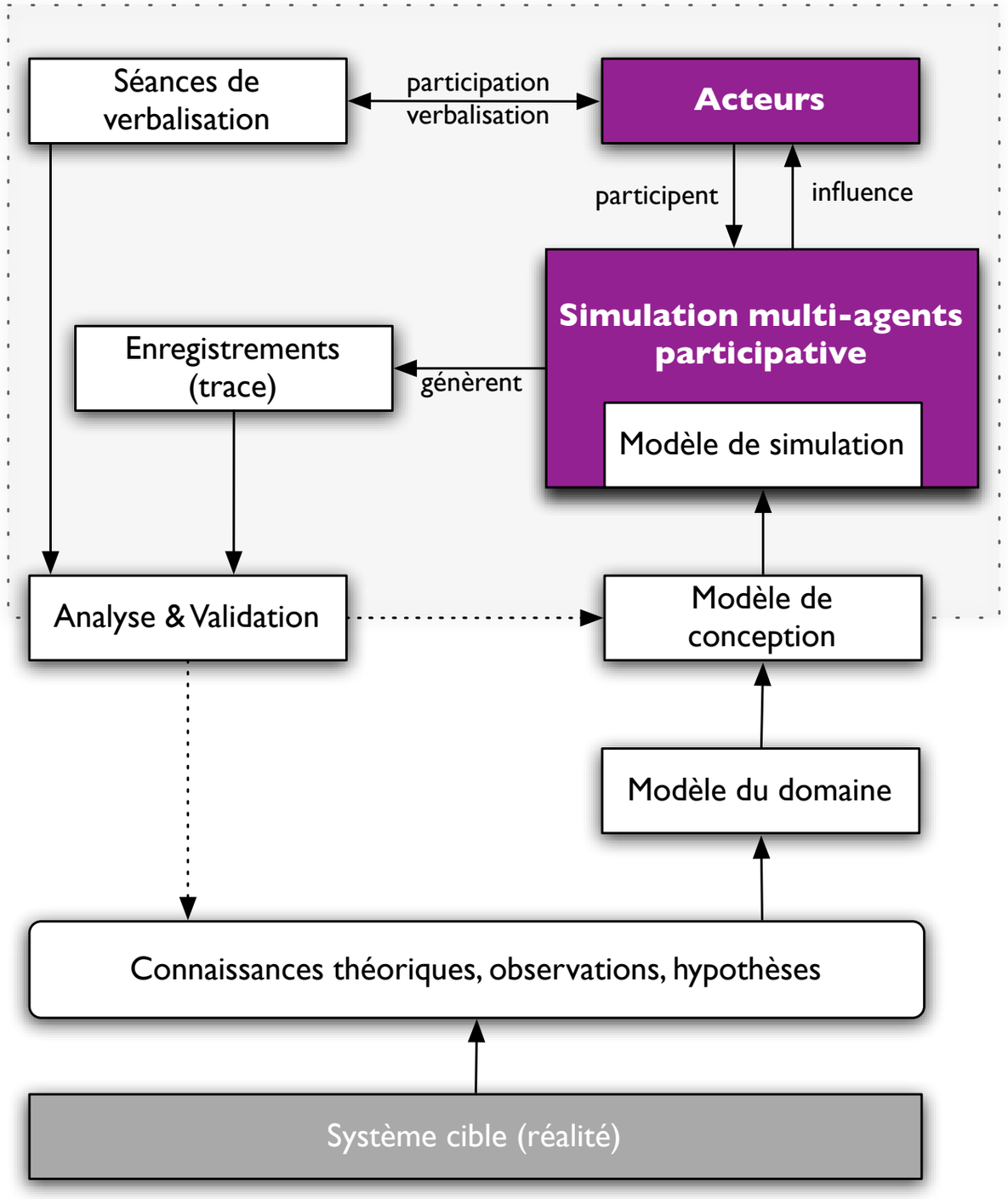






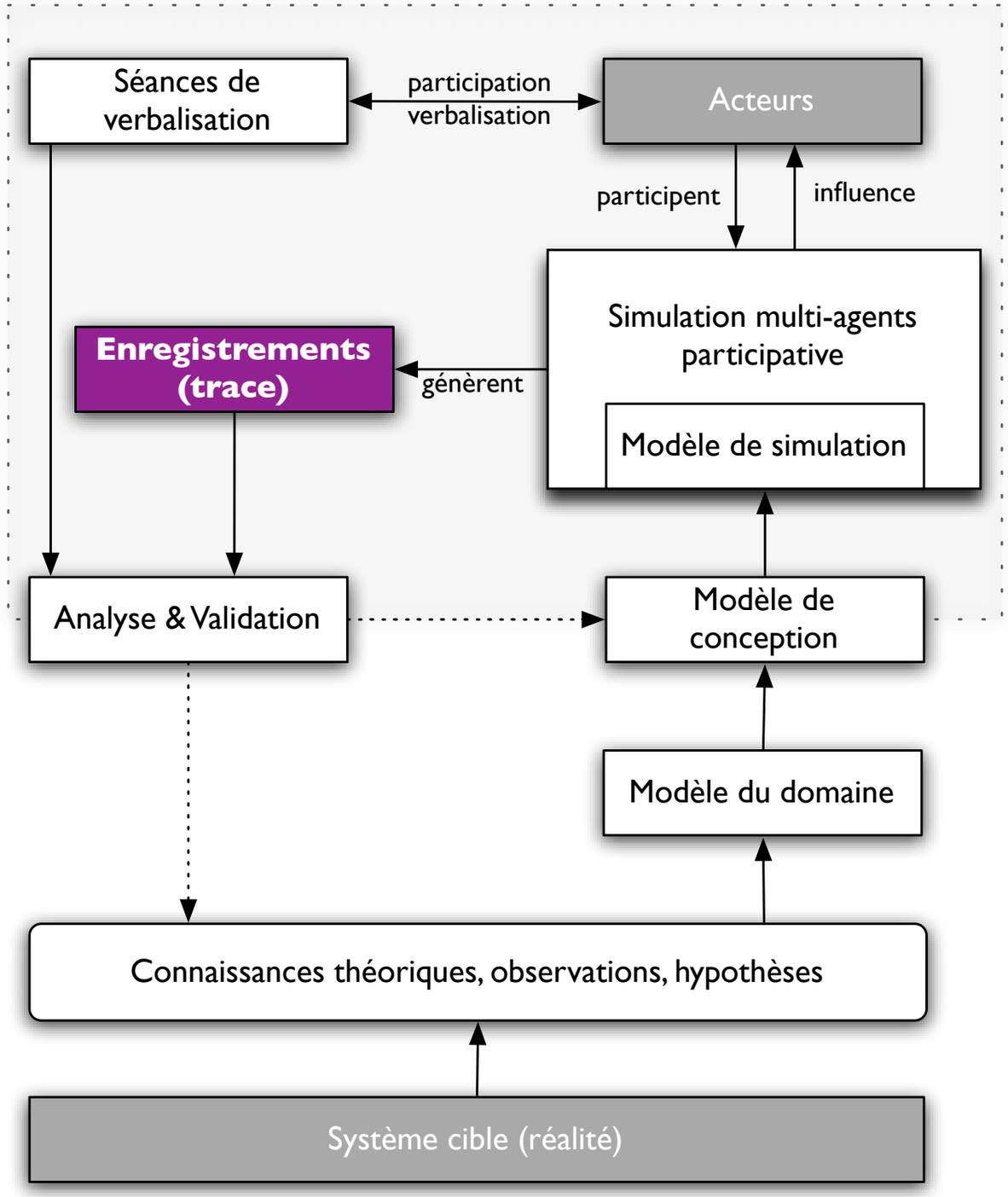
Protocole d'expérimentation

4. L'expérience se déroule en laboratoire ou à travers le réseau Internet.



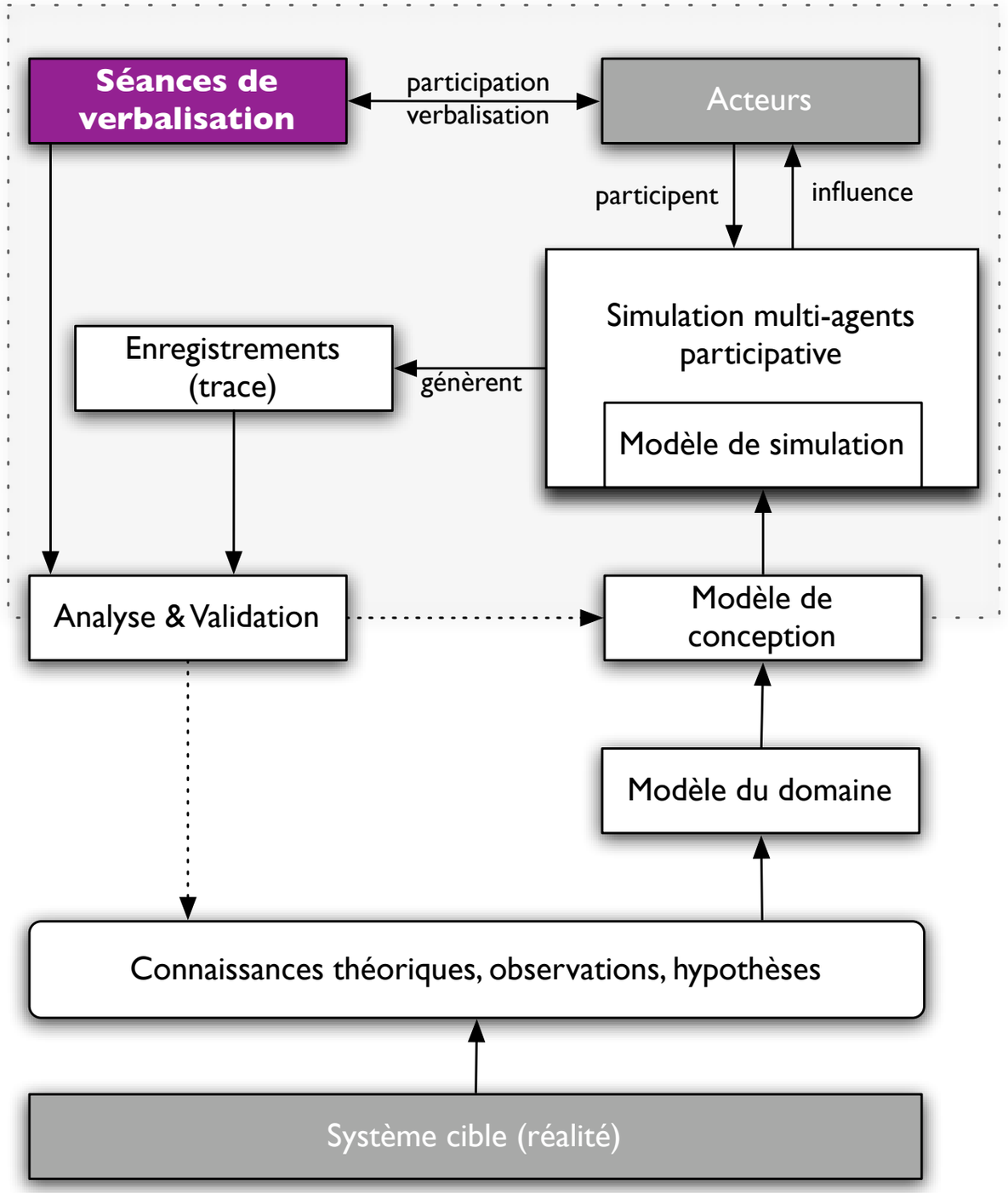
Protocole d'expérimentation

5. Toutes les actions des participants sont enregistrées.



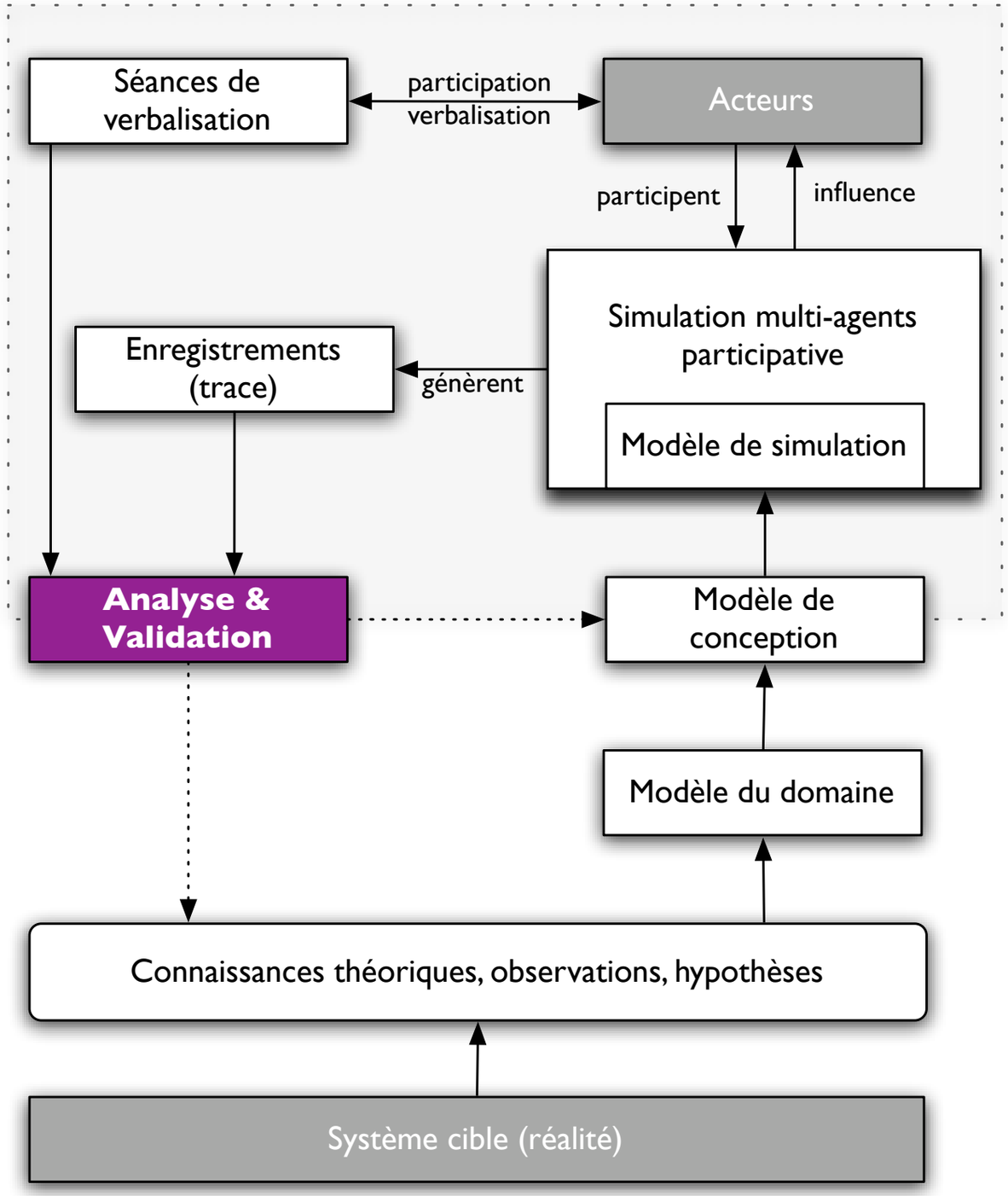
Protocole d'expérimentation

6. Après l'expérience, la séance de verbalisation permet de discuter avec les participants de leur stratégies individuelles et collectives.



Protocole d'expérimentation

7. L'analyse des séances de verbalisation et des enregistrements permet de valider le modèle.



Les agents dans *Simulación*

- Première catégorie :

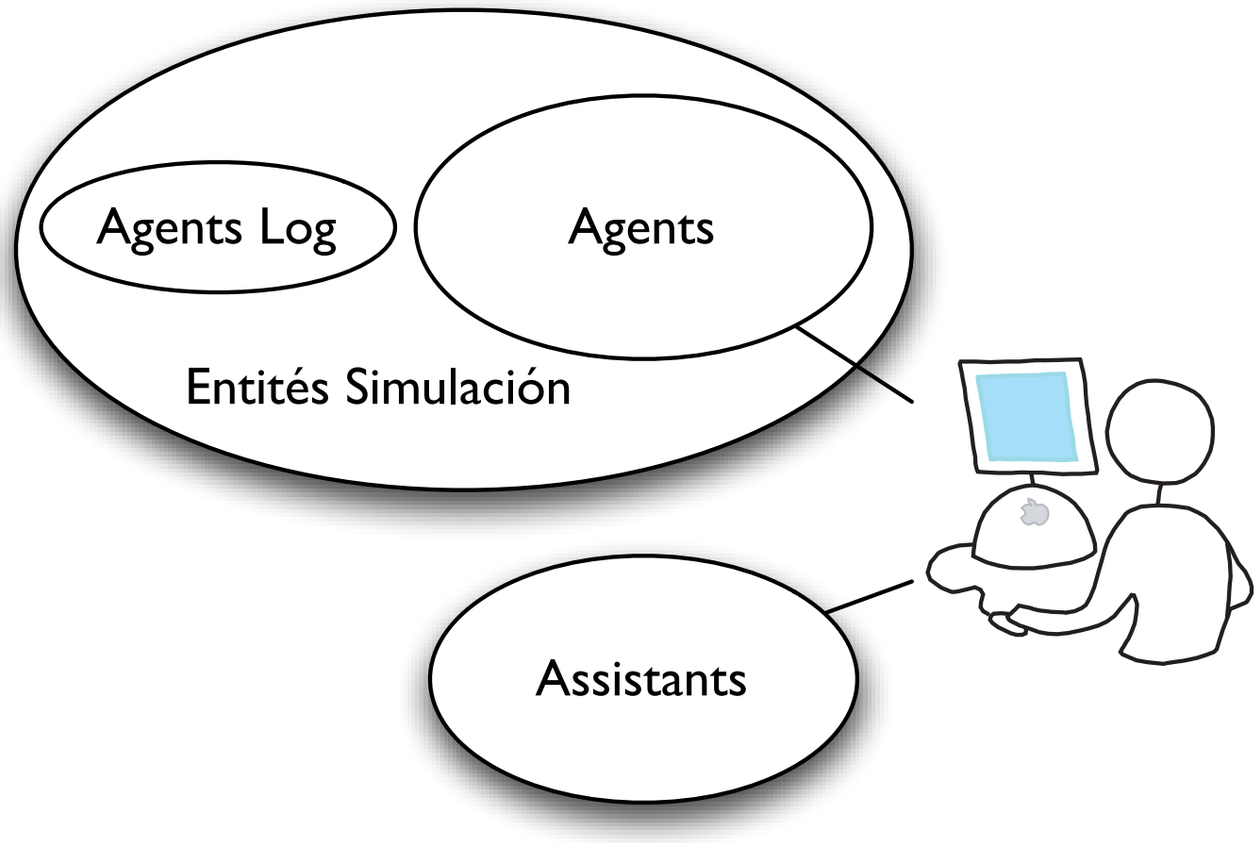
  “les agents”

- Deuxième catégorie :

  “les entités Simulación”

- Troisième catégorie :

  “les agents assistants”



Plan

- Méthode et protocole
- Déterminer des conditions des comportements collectifs
- Faire expliciter les stratégies individuelles
- Explorer les protocoles de résolution de problèmes
- Valider des modèles de comportements collectifs
- Extraire automatiquement des motifs d'interaction
- Faire émerger des solutions plus efficaces

Objectif :

✓ Explorer

– Modéliser

– Reproduire

Modèle :

✓ SimBar

– SimCommod

– SimCafé

Le Bar El Farol

- Problème du Bar El Farol [Arthur, 1994]
- Problème difficile de la théorie des jeux
- Nombreuses études informatiques [Greenwald, 1998; Edmonds, 1999; Farago, 2002…]

Le Bar El Farol

- *N* amateurs de musique irlandaise habitent Santa Fe
- Il y a un concert au Bar El Farol chaque semaine, le jeudi soir
- Les agents économiques décident, de manière synchrone, d'aller au bar ou de rester chez eux
- L'utilité dépend du nombre de personnes au bar avec un effet de seuil à 60% de la population totale

$$U_{bar,pop>60\%} < U_{maison} < U_{bar,pop\leq 60\%}$$

Différenciation et comportement collectif

- Dans le Bar El Farol de Brian Arthur, il n'y a aucune communication [Arthur, 1994]
- Bruce Edmonds a construit un modèle évolutionniste avec une communication synchrone [Edmonds, 1999]
- Est-ce suffisant pour qu'émerge un comportement collectif?

SimBar

- Modèle : Bar El Farol avec communication plus ou moins libre
- Résolution : convergence de la fréquentation du bar autour de la valeur de seuil
- Question : quelles sont les conditions nécessaires sur les communications pour qu'émergent des comportements collectifs?

SimBar : expériences

- 2 expériences 06/2004, LIP6, français (communication limitée)
- 1 expérience 04/2006, NII, japonais (communication libre)

Résultats

- Expériences de 2004 : Difficile de se concerter avec des messages pré-définis

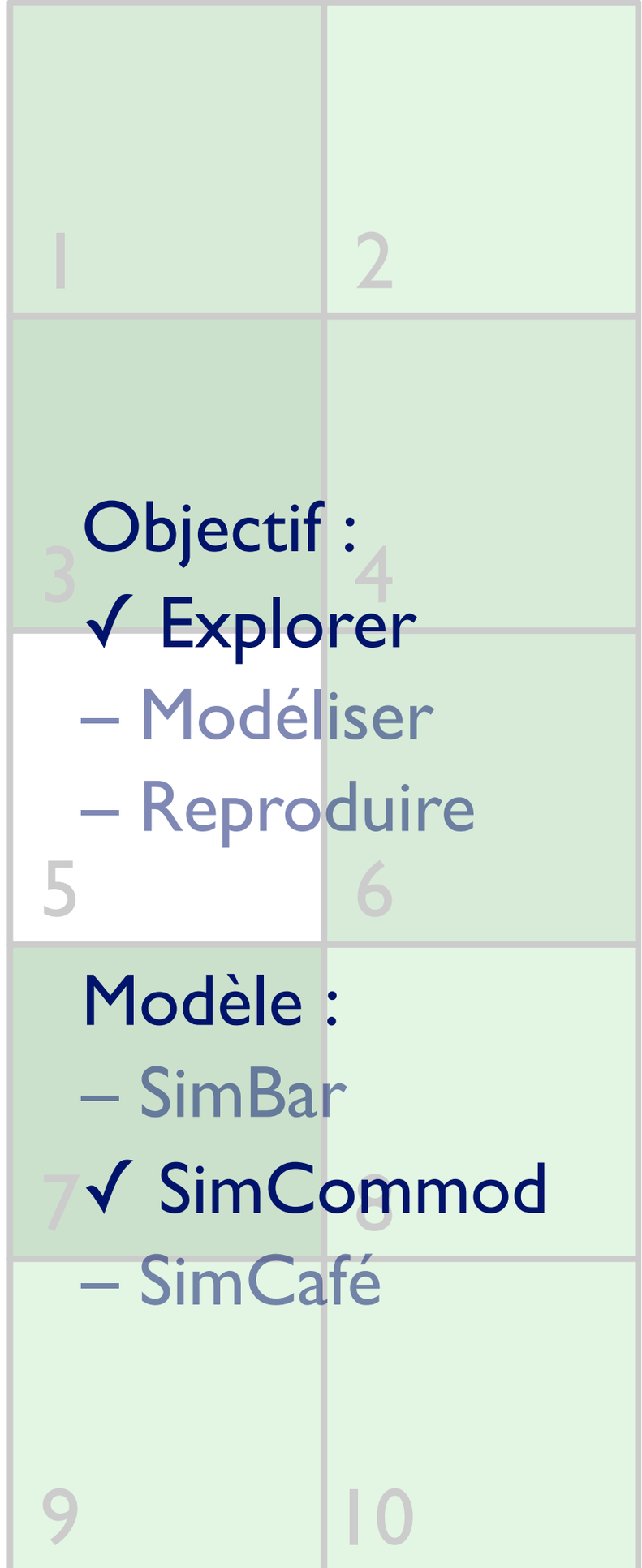
- Expérience de 2006 : la communication libre est une condition suffisante pour qu'émergent des comportements collectifs
  - Utilisation d'attributs des avatars pour résoudre le problème!

Conclusion

Des contraintes trop fortes sur la communication entre les participants rendent difficile l'émergence de comportements collectifs

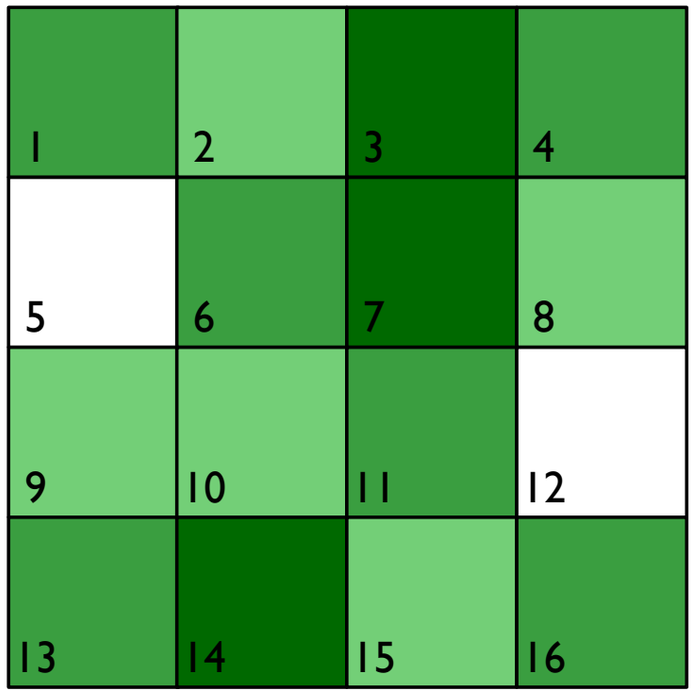
Plan

- Méthode et protocole
- Déterminer des conditions des comportements collectifs
- Faire expliciter les stratégies individuelles
- Explorer les protocoles de résolution de problèmes
- Valider des modèles de comportements collectifs
- Extraire automatiquement des motifs d'interaction
- Faire émerger des solutions plus efficaces

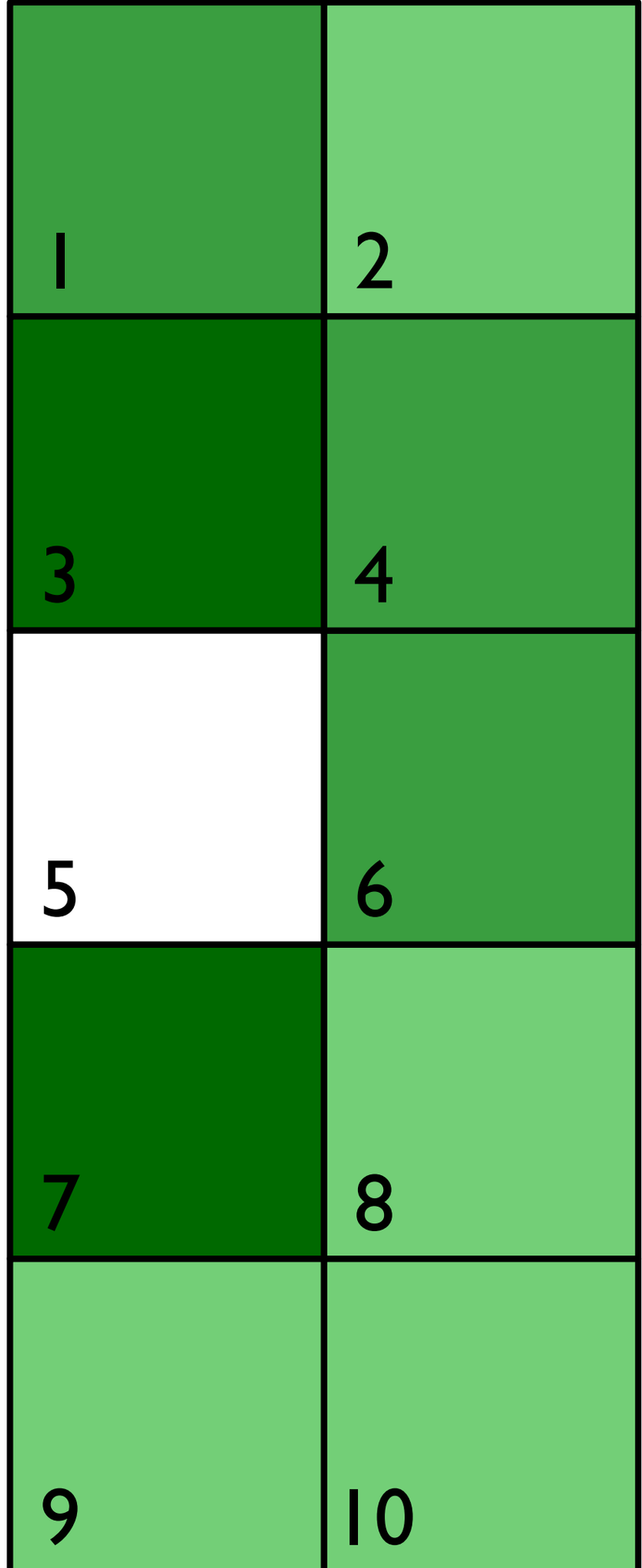


SimCommod

- Expériences construites comme idéal-type de l'approche ComMod
- Domaine : négociation au sujet d'une ressource renouvelable.

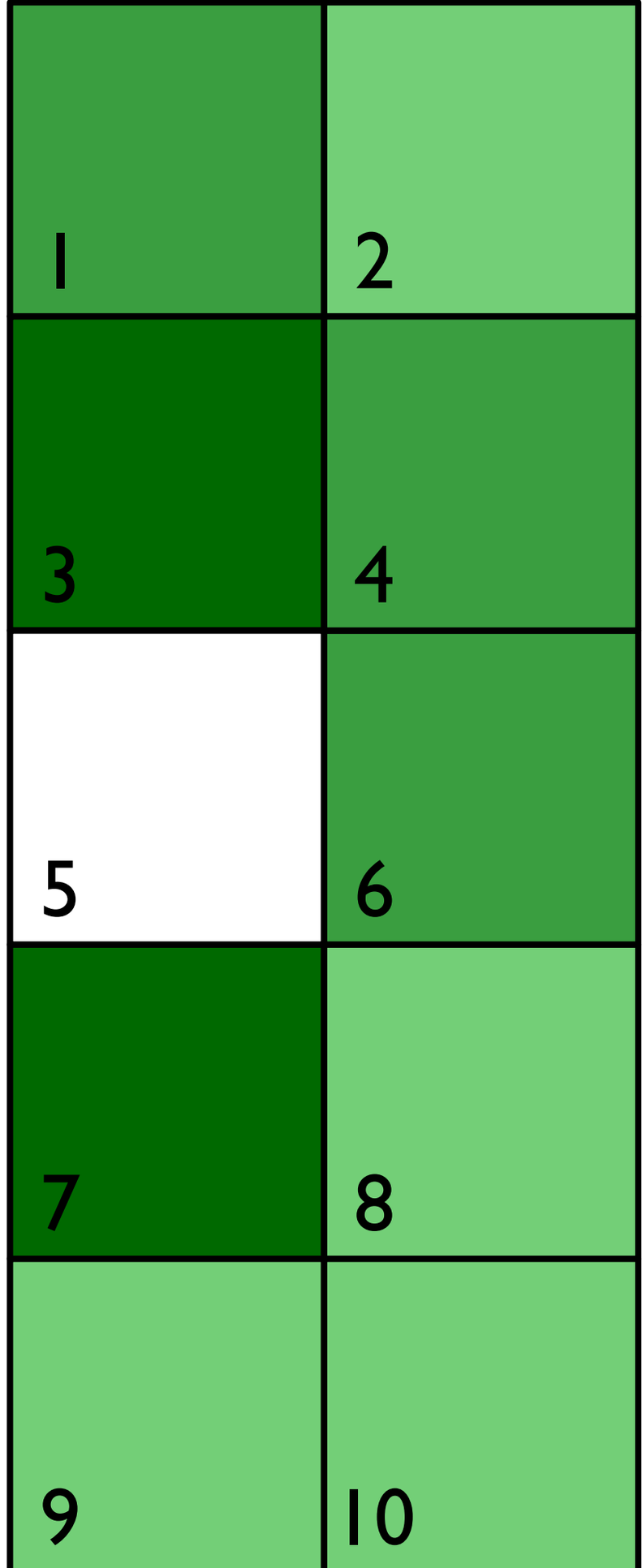


Faire expliciter les stratégies individuelles

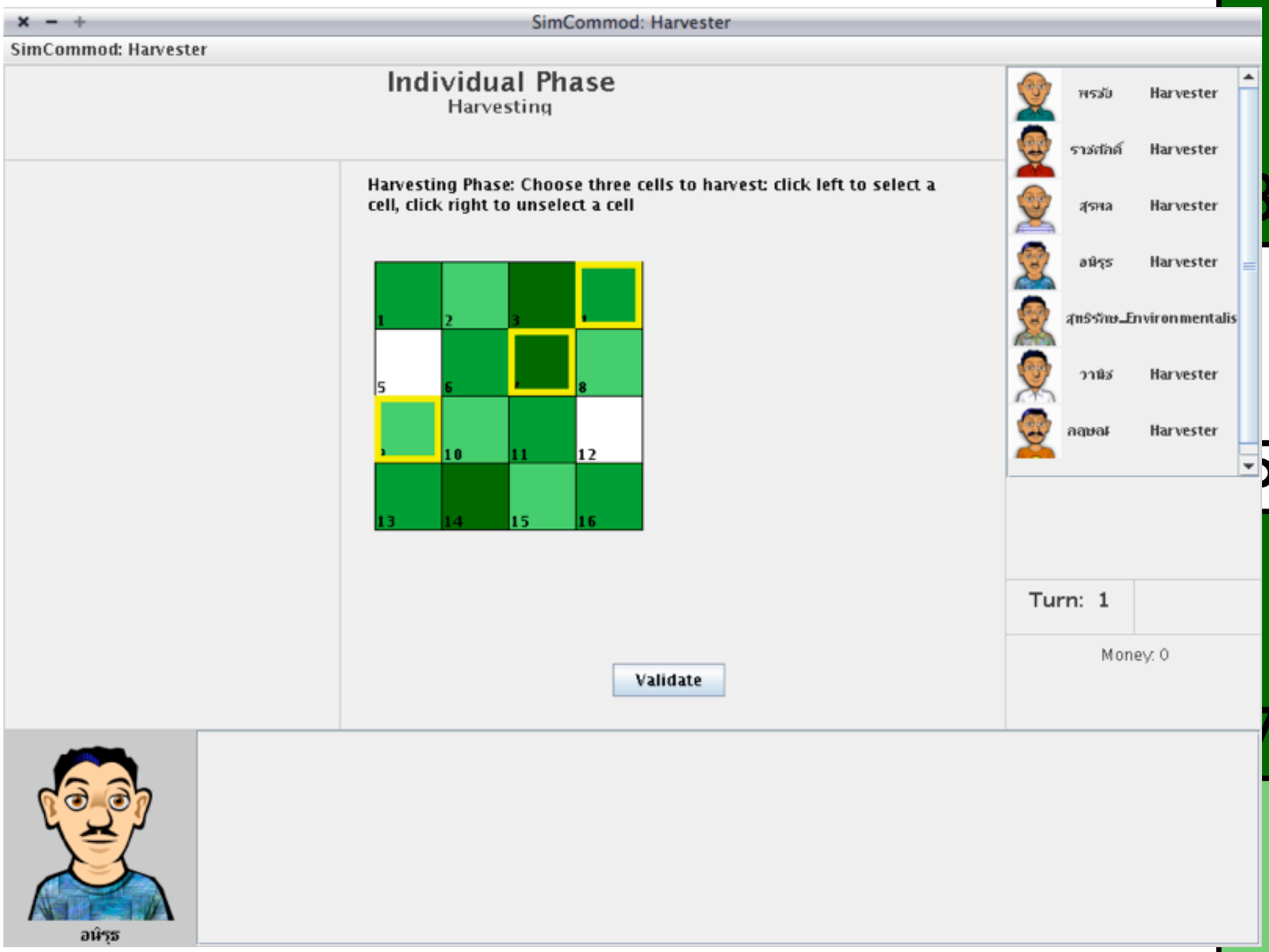


SimCommod

- Trois classes d'agents avec des objectifs différents :
  - des exploitants,
  - un environnementaliste
  - et le gouvernement
- Chaque partie se divise en tours
- Chaque tour se divise en quatre étapes



SimCommod : exploitation

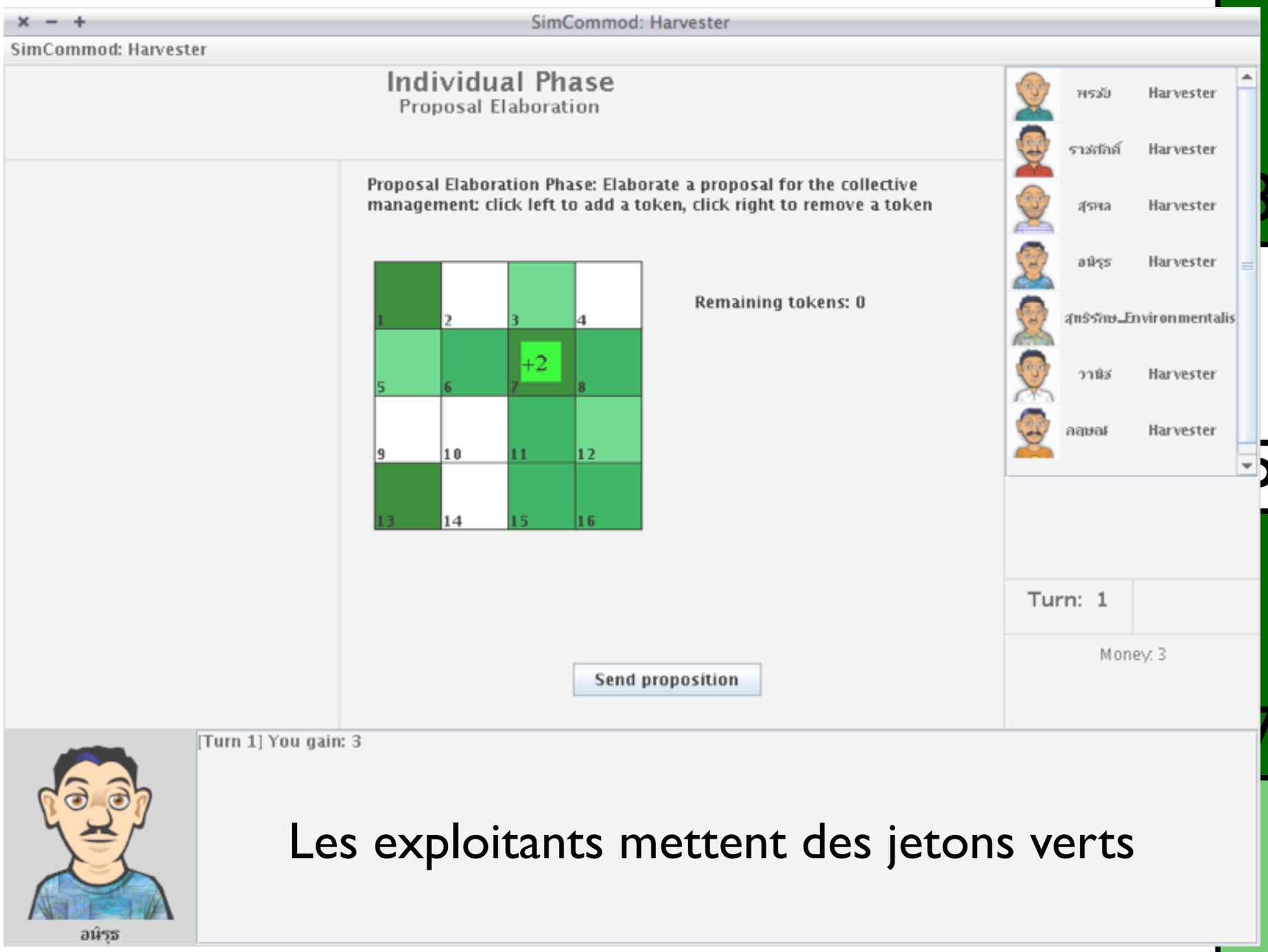


Faire expliciter les stratégies individuelles

SimCommod : exploitation

Faire expliciter les stratégies individuelles

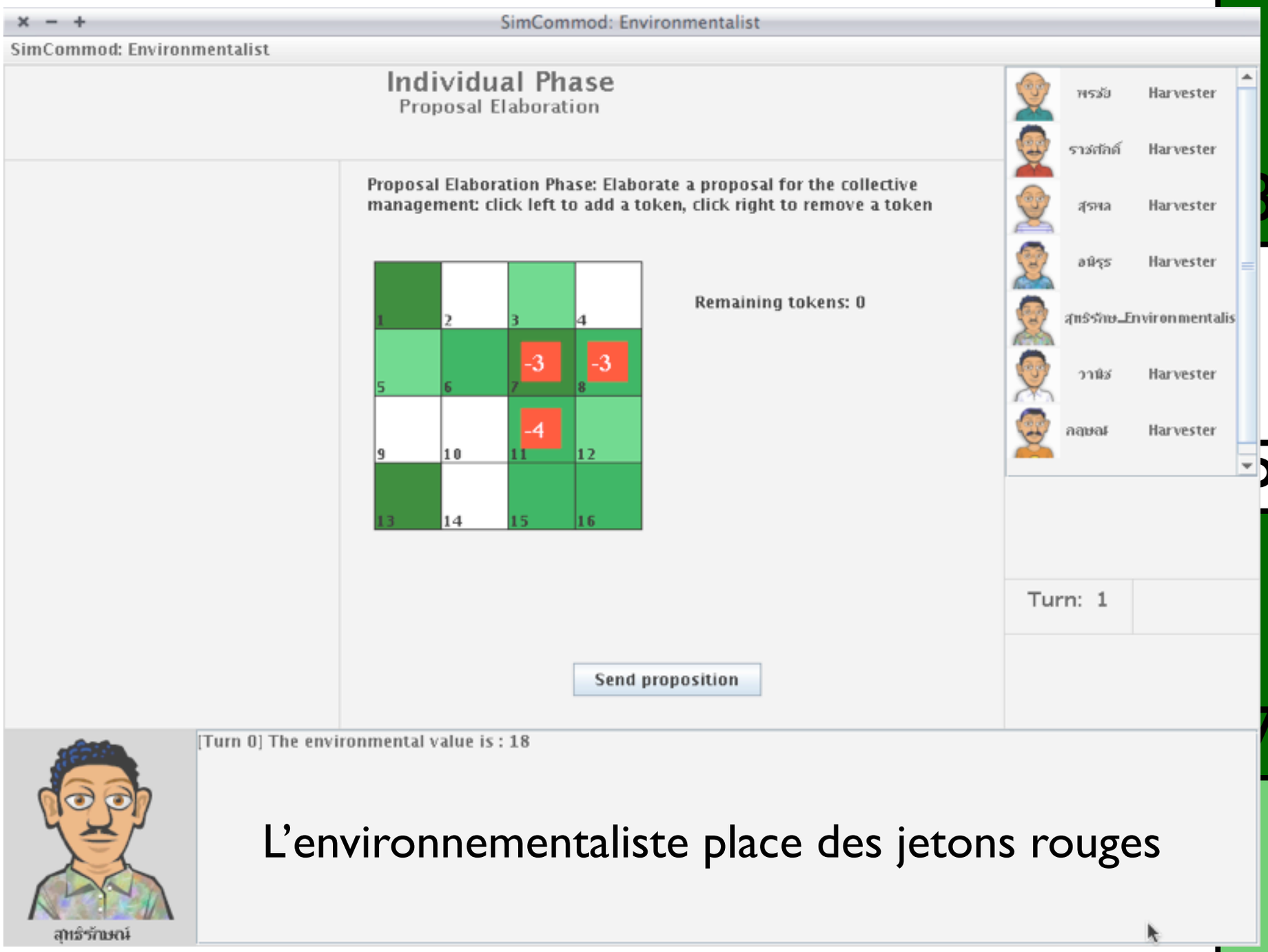
SimCommod : négociation



Les exploitants mettent des jetons verts

Faire expliciter les stratégies individuelles

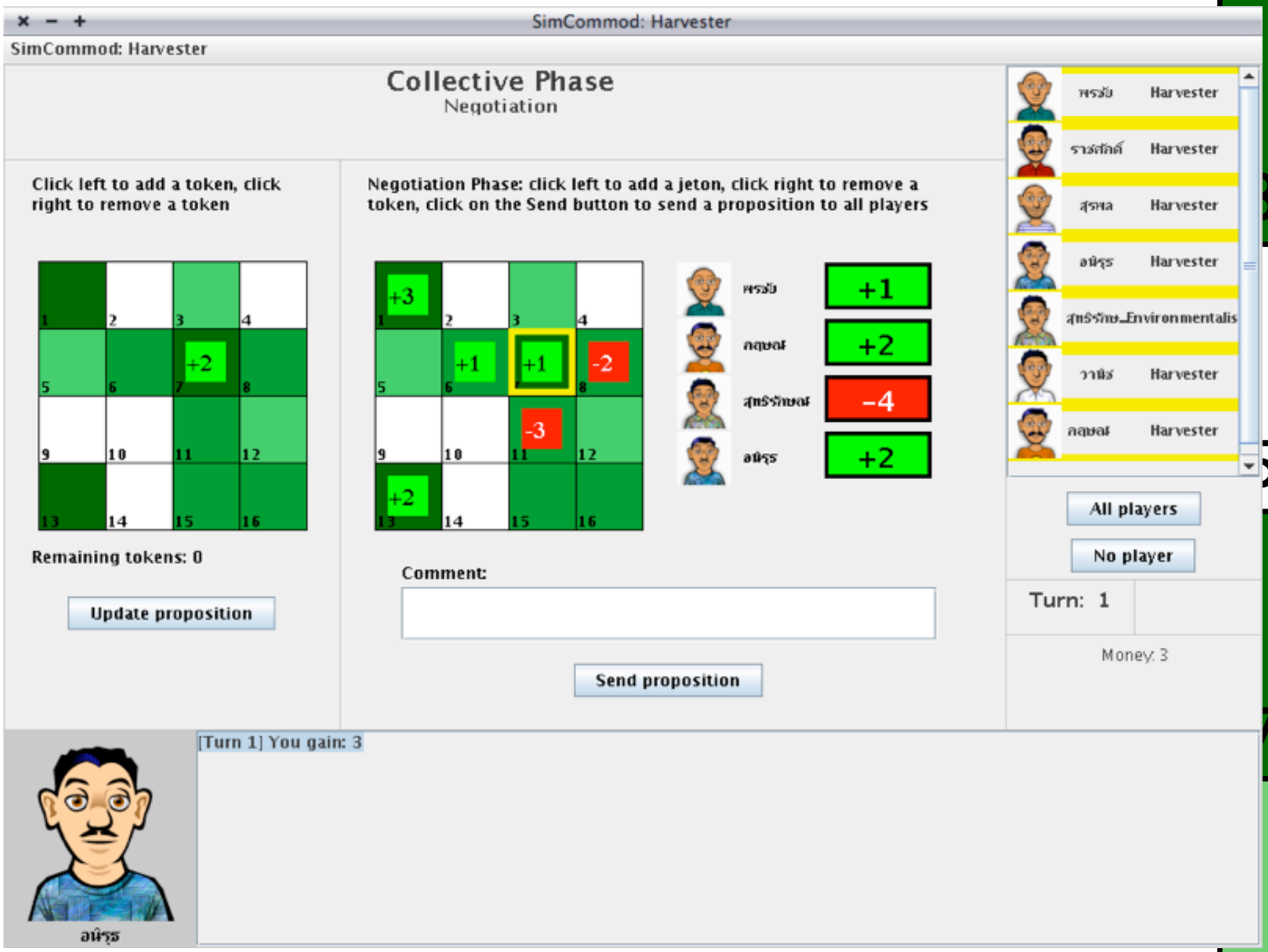
SimCommod : négociation



L'environnementaliste place des jetons rouges

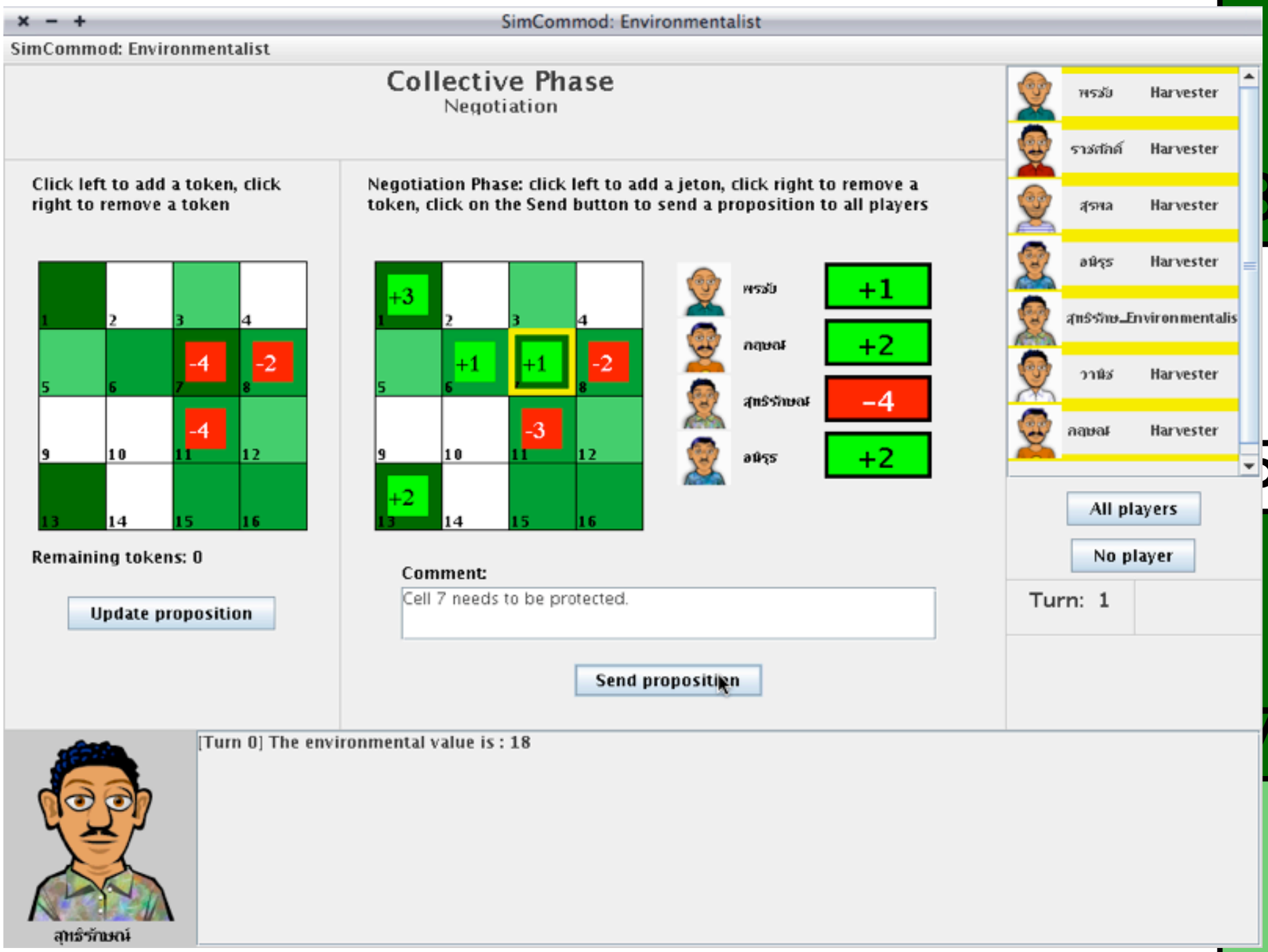
Faire expliciter les stratégies individuelles

SimCommod : discussion



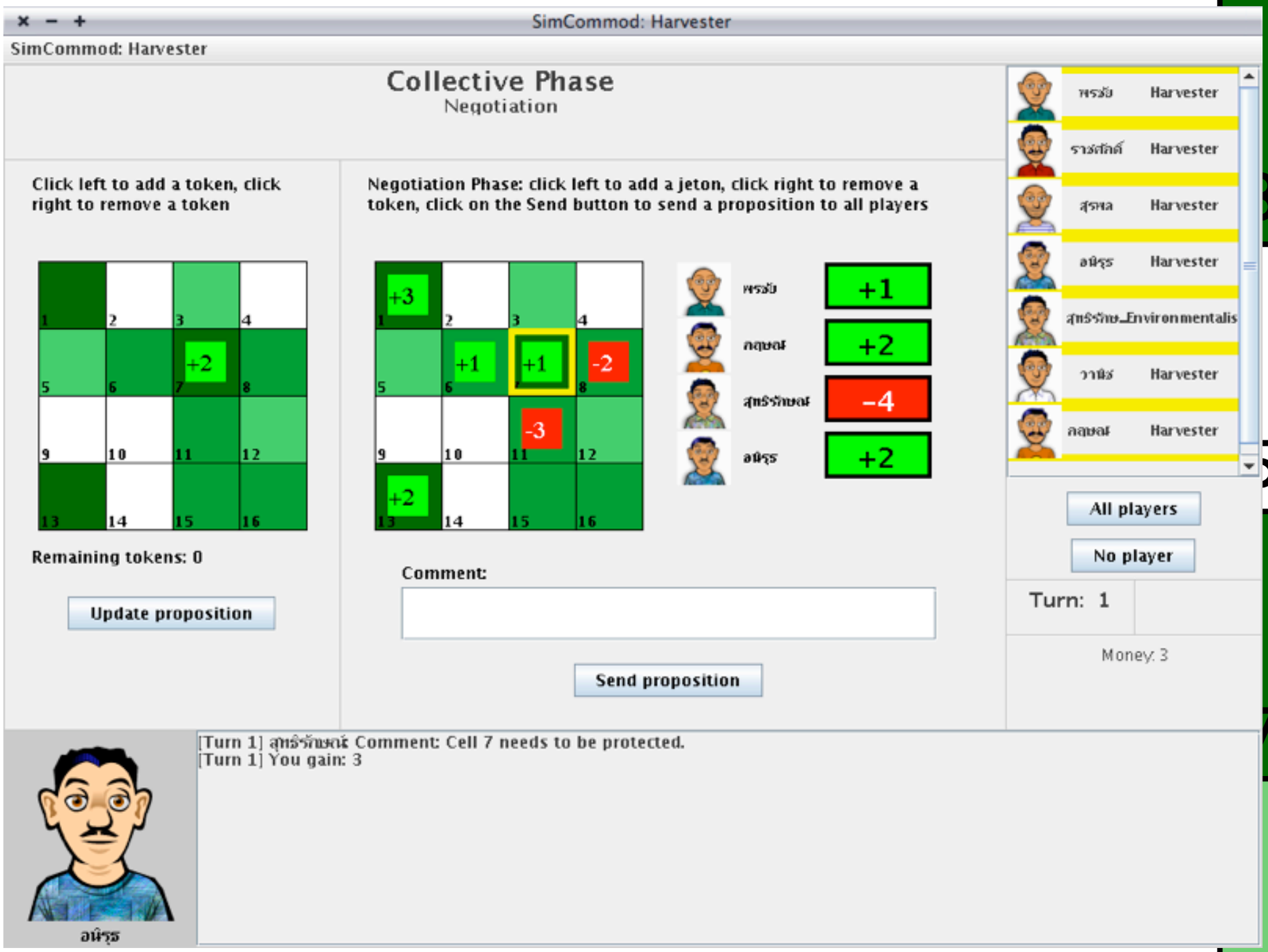
Faire expliciter les stratégies individuelles

SimCommod : discussion



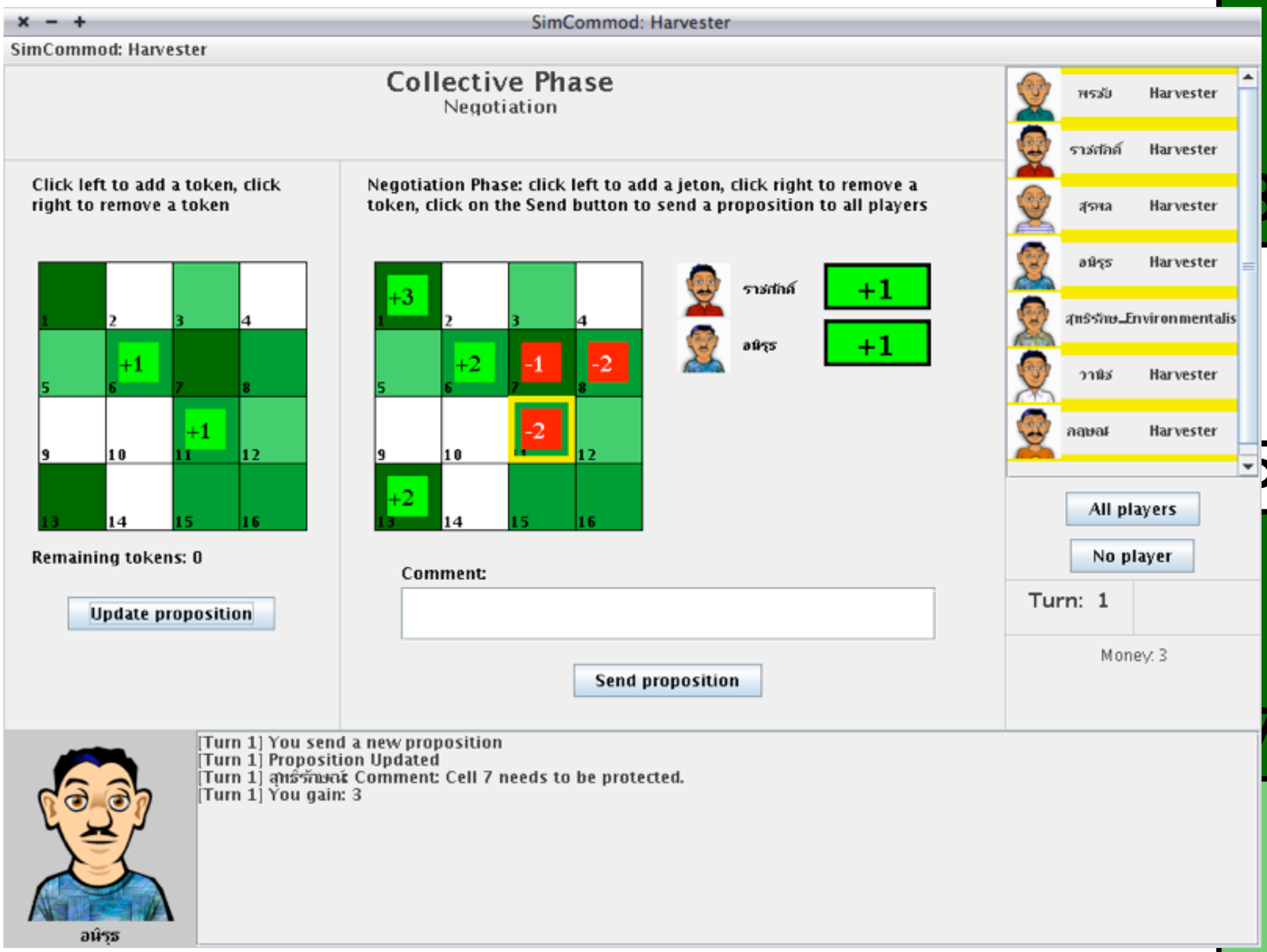
Faire expliciter les stratégies individuelles

SimCommod : discussion



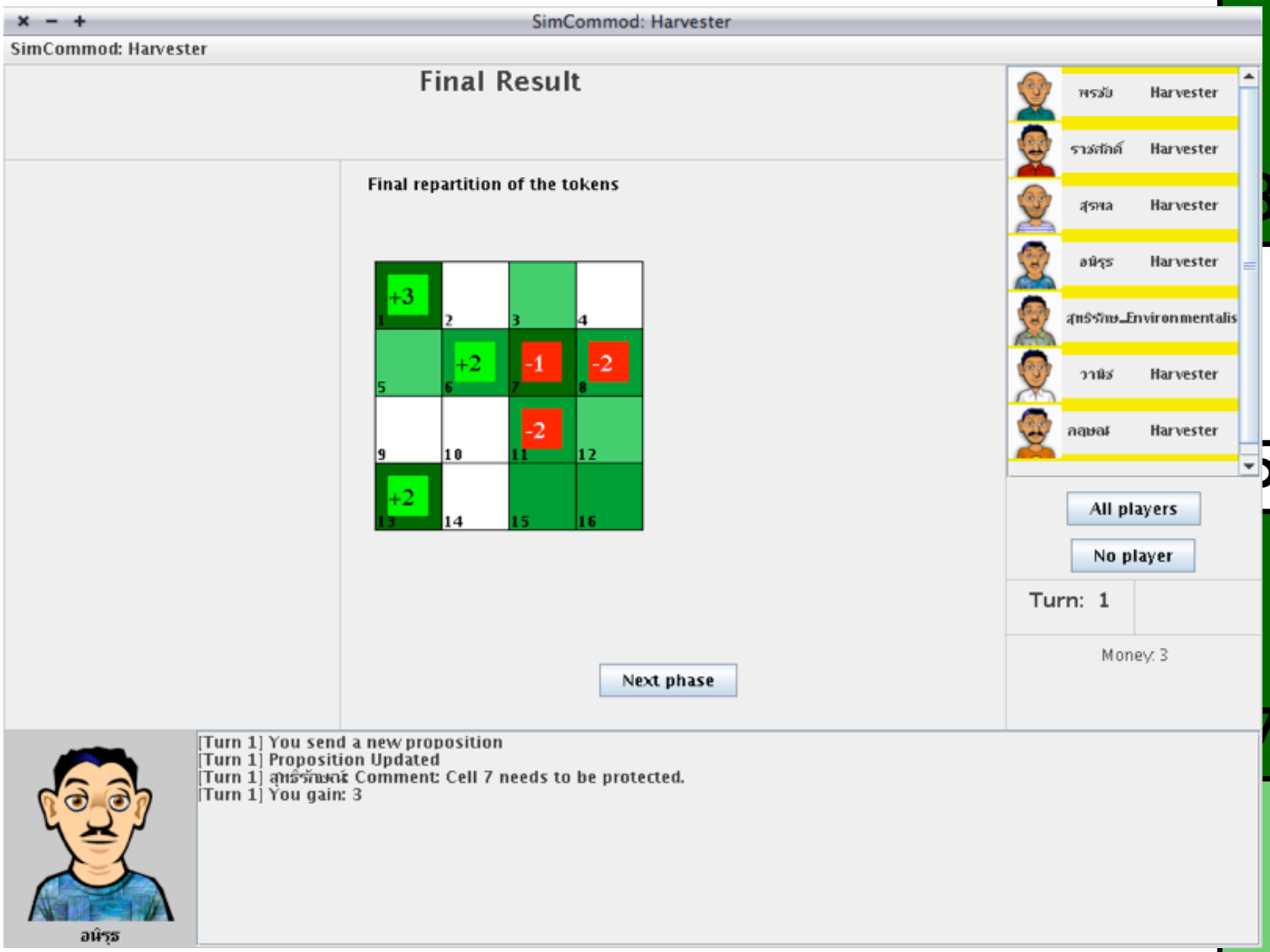
Faire expliciter les stratégies individuelles

SimCommod : discussion



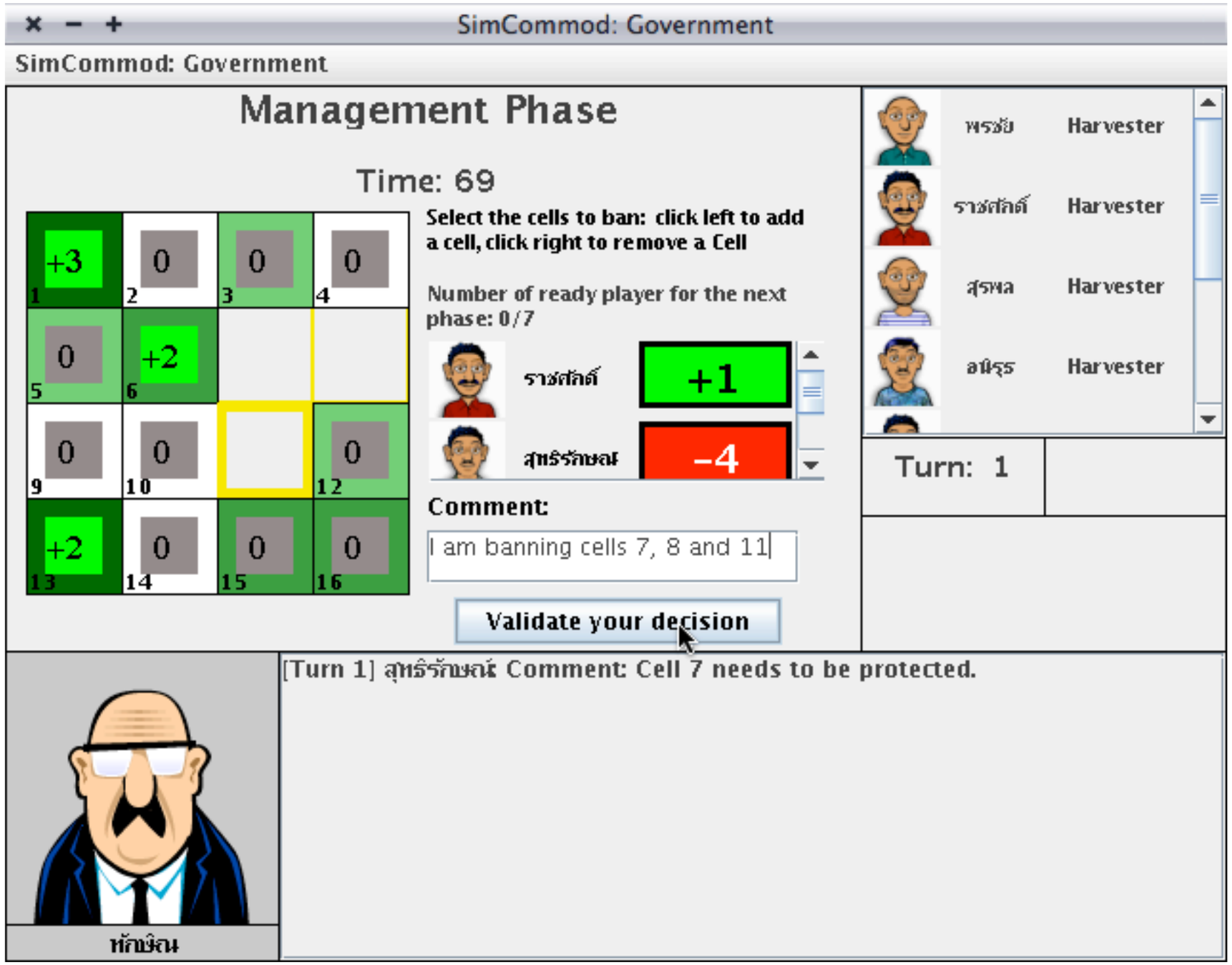
Faire expliciter les stratégies individuelles

SimCommod : discussion

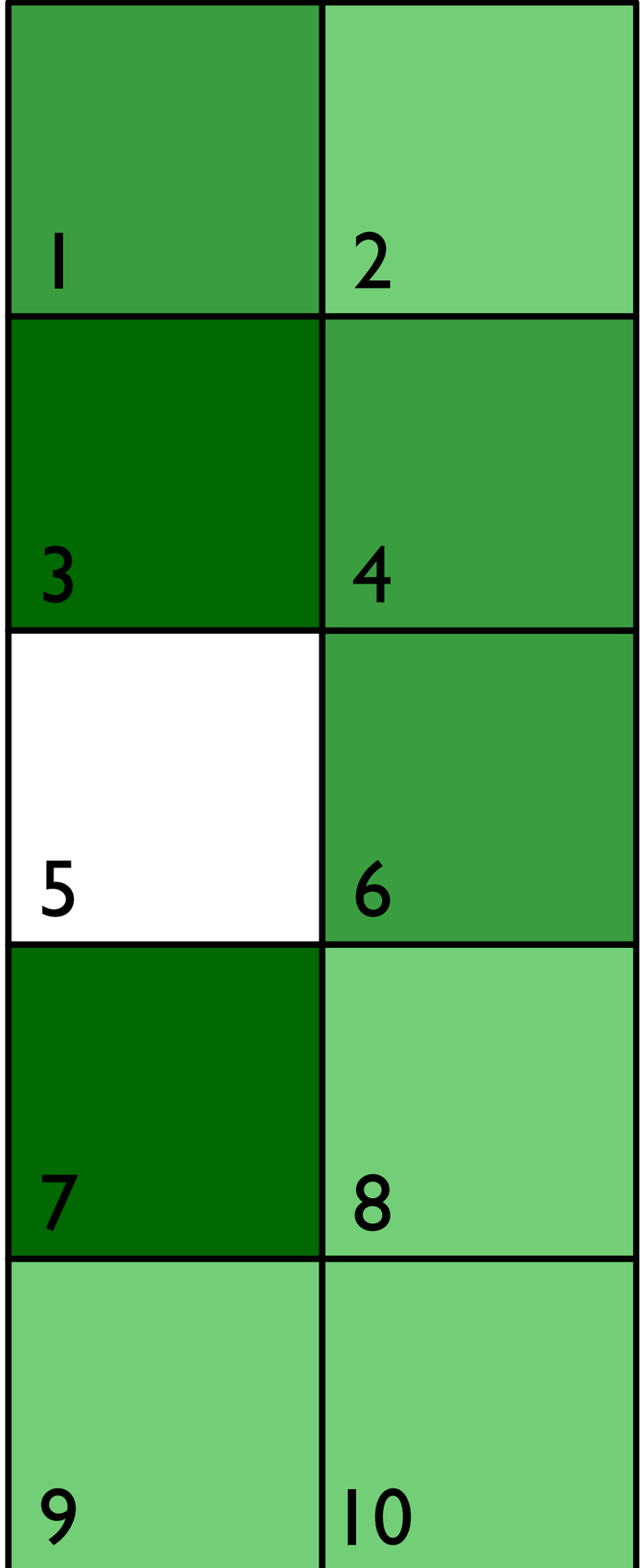


Faire expliciter les stratégies individuelles

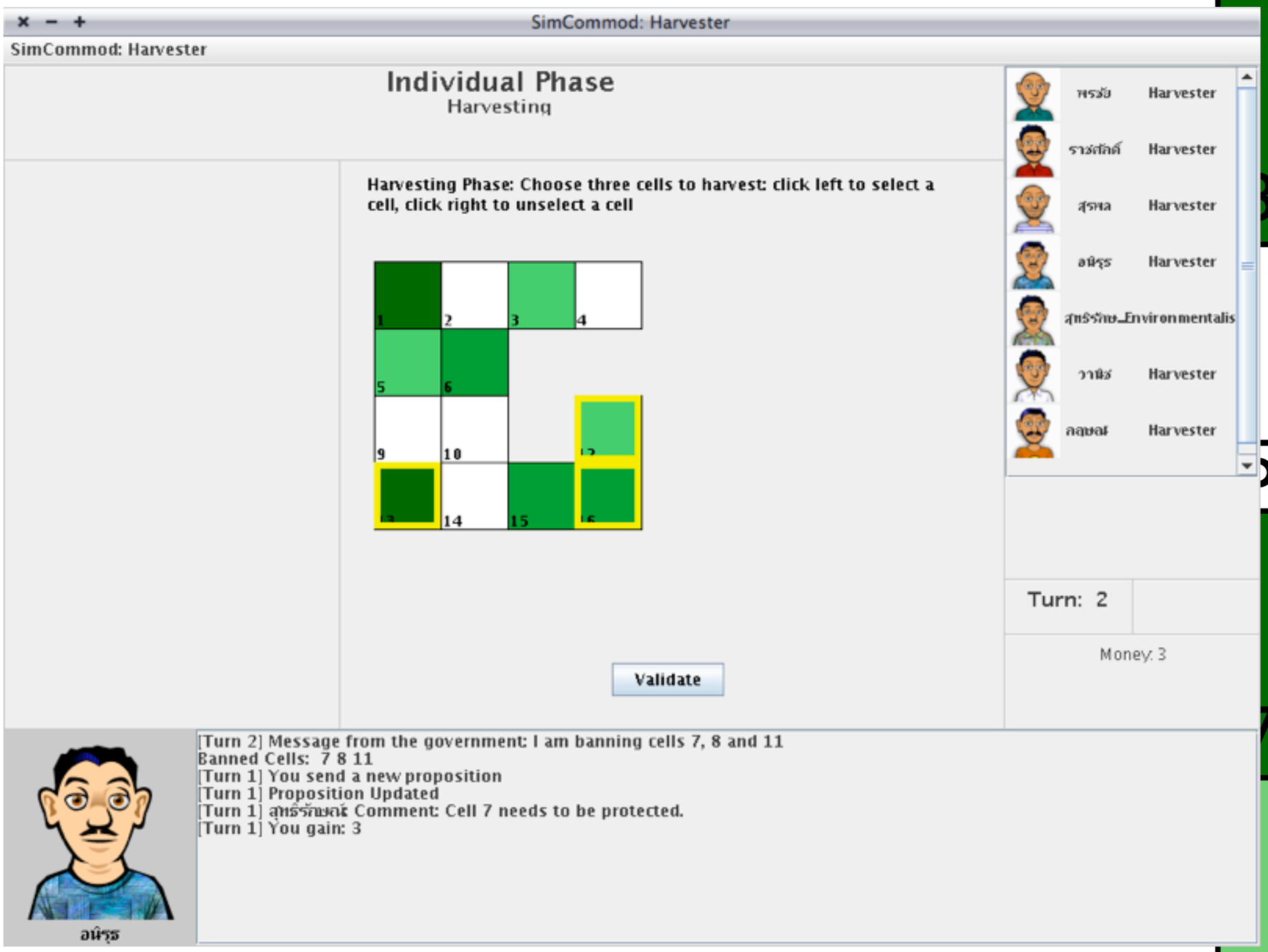
SimCommod : décision du gouvernement



Faire expliciter les stratégies individuelles

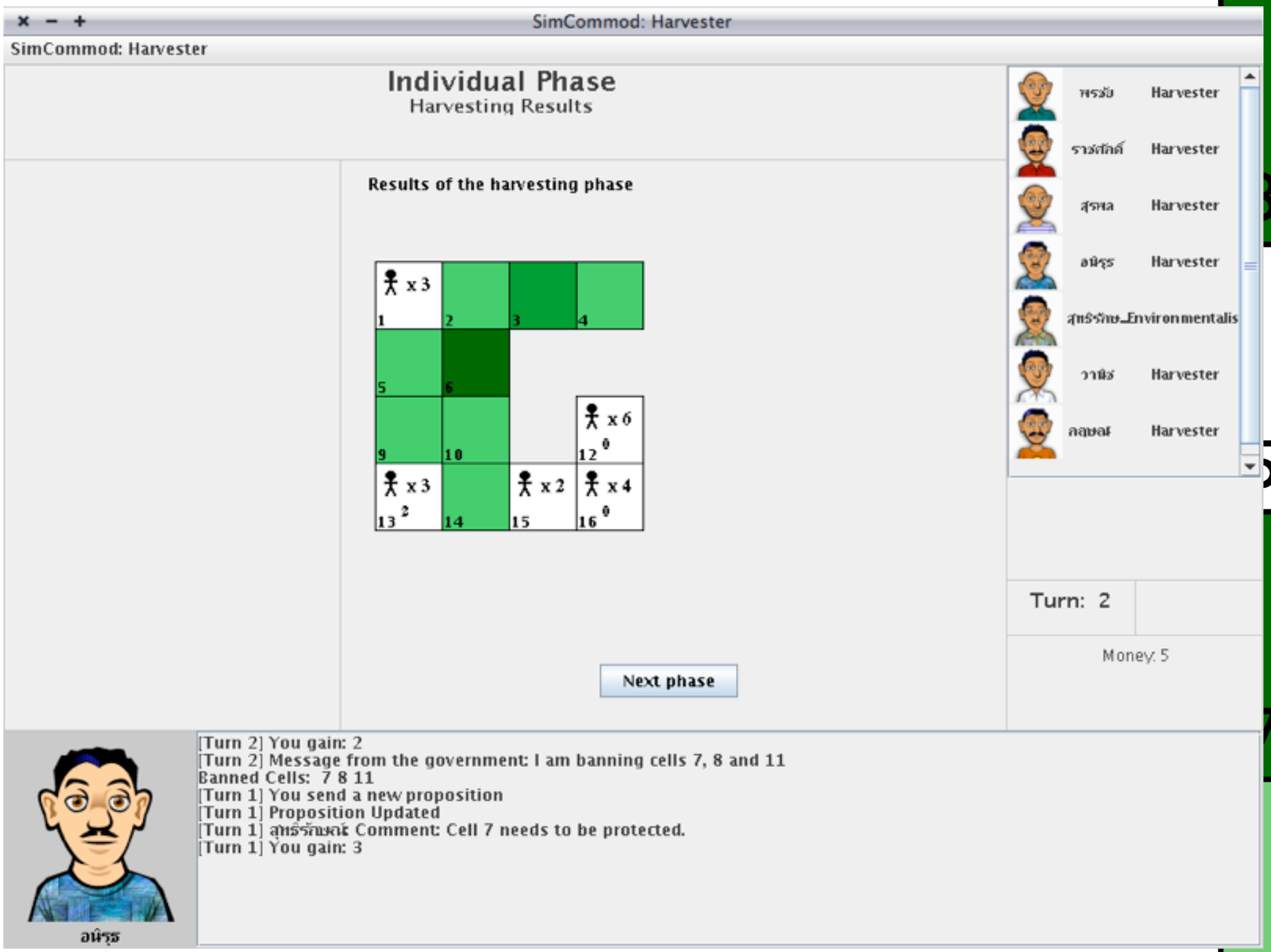


SimCommod : tour suivant



Faire expliciter les stratégies individuelles

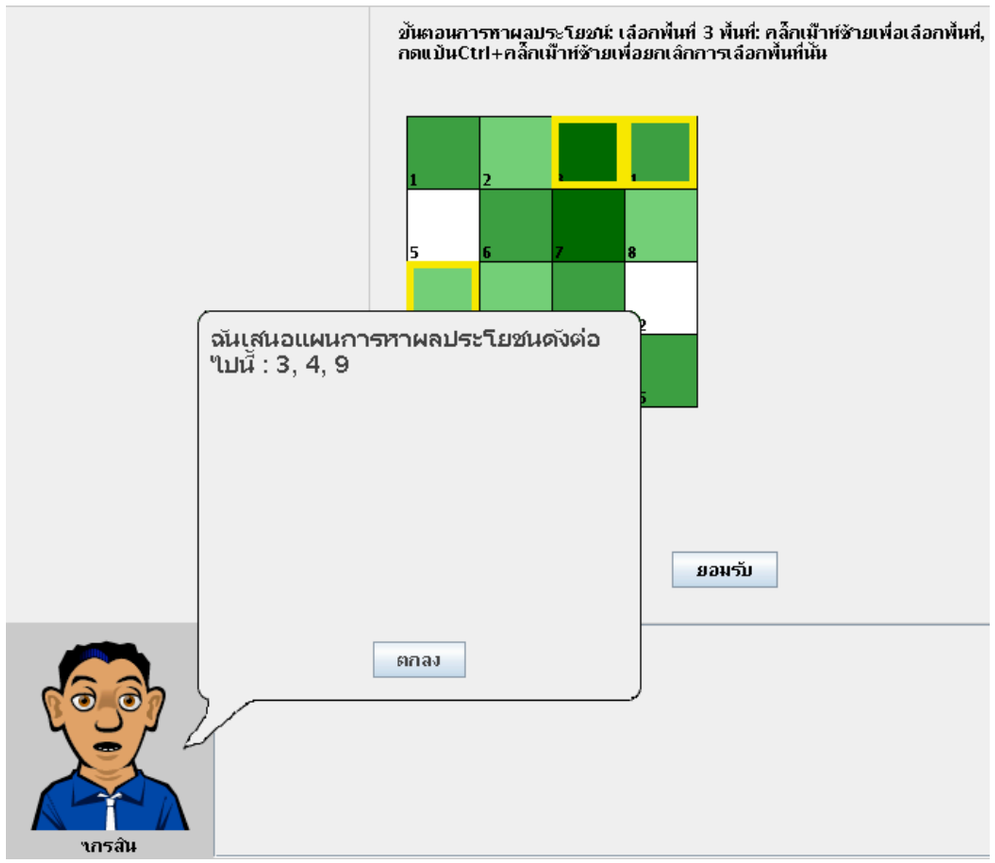
SimCommod : tour suivant



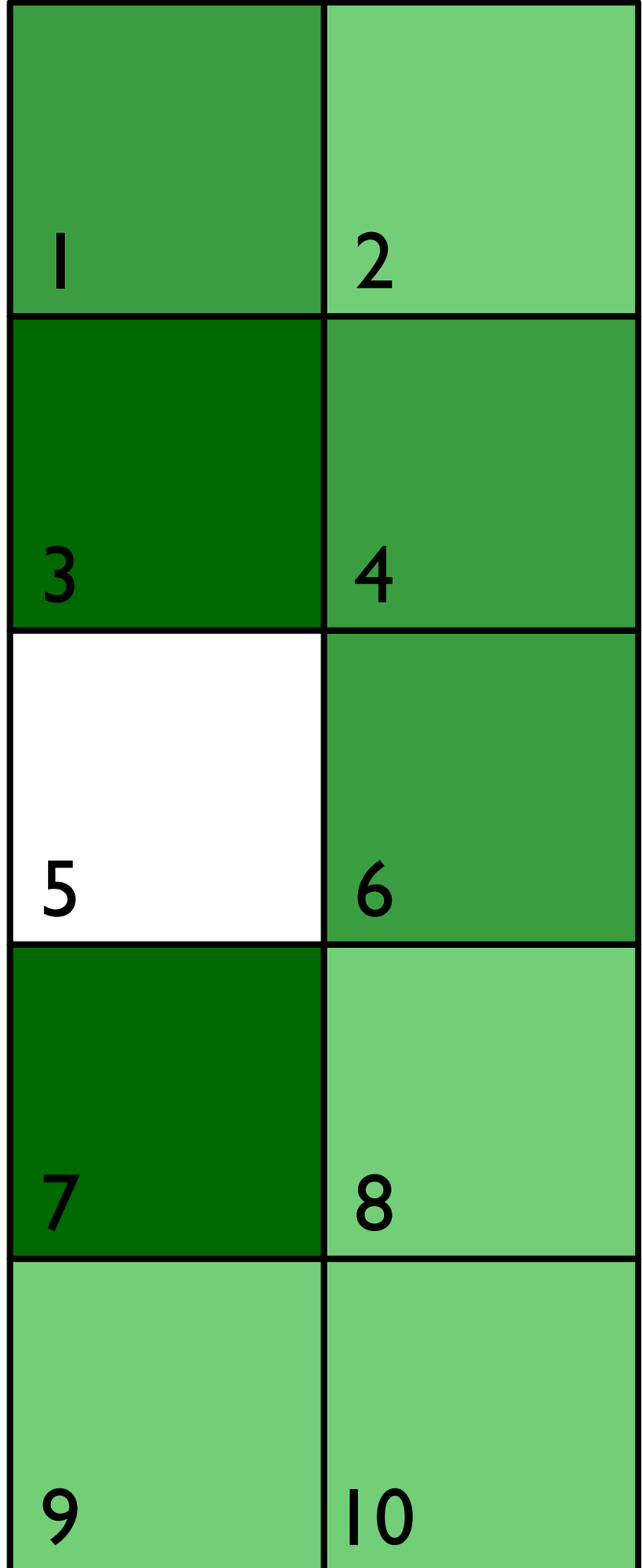
Faire expliciter les stratégies individuelles

L’agent assistant

- Il fait des suggestions à partir d’un modèle du jeu et d’un algorithme d’apprentissage très simple.
- Il pose des questions.

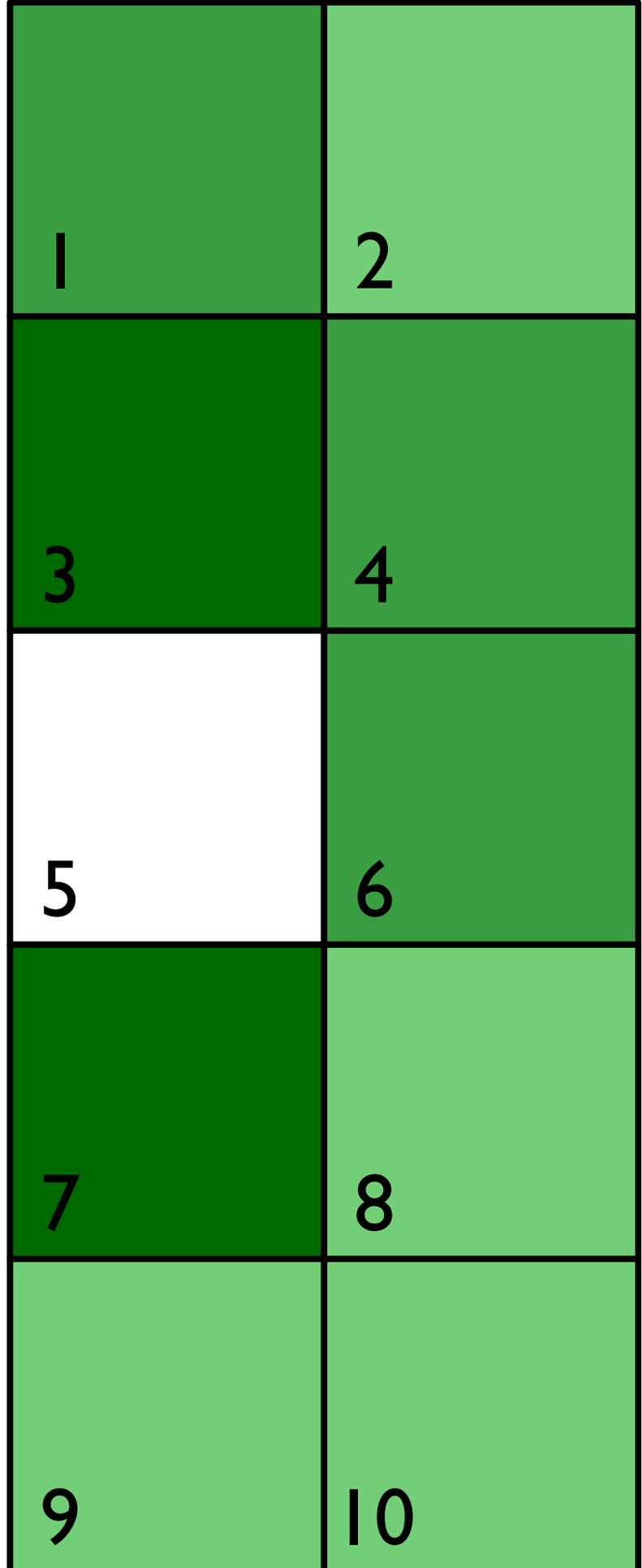


Faire expliciter les stratégies individuelles



SimCommod

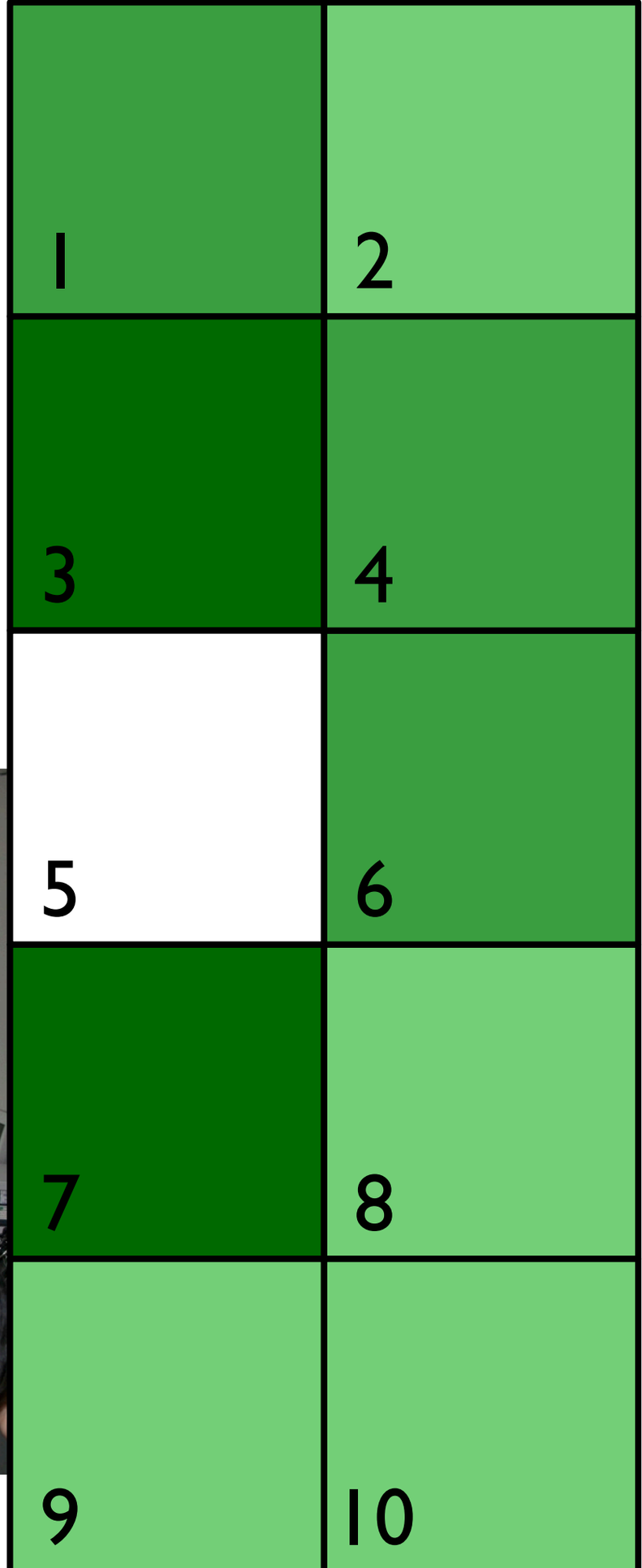
- Modèle : idéal-type de l'approche ComMod : négociation avec intérêts divergents
- Résolution : gestion collective d'une ressource renouvelable
- Questions : comment explorer les stratégies de résolution collective? Comment les faire expliciter?



SimCommod : expériences

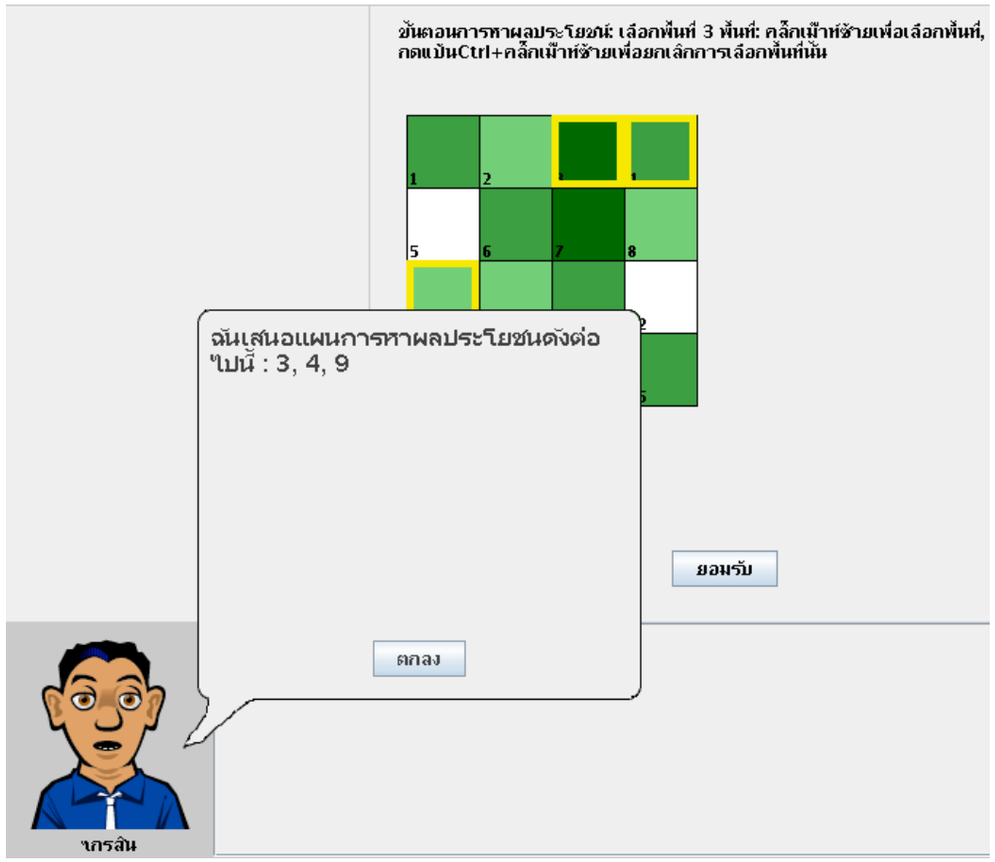
- 3 expériences 09/2005, NII, anglais (méthode inspirée de l'économie expérimentale)
- 5 expériences 11/2005, Chula, thaï (ajout d'un agent assistant)

Faire expliciter les stratégies individuelles

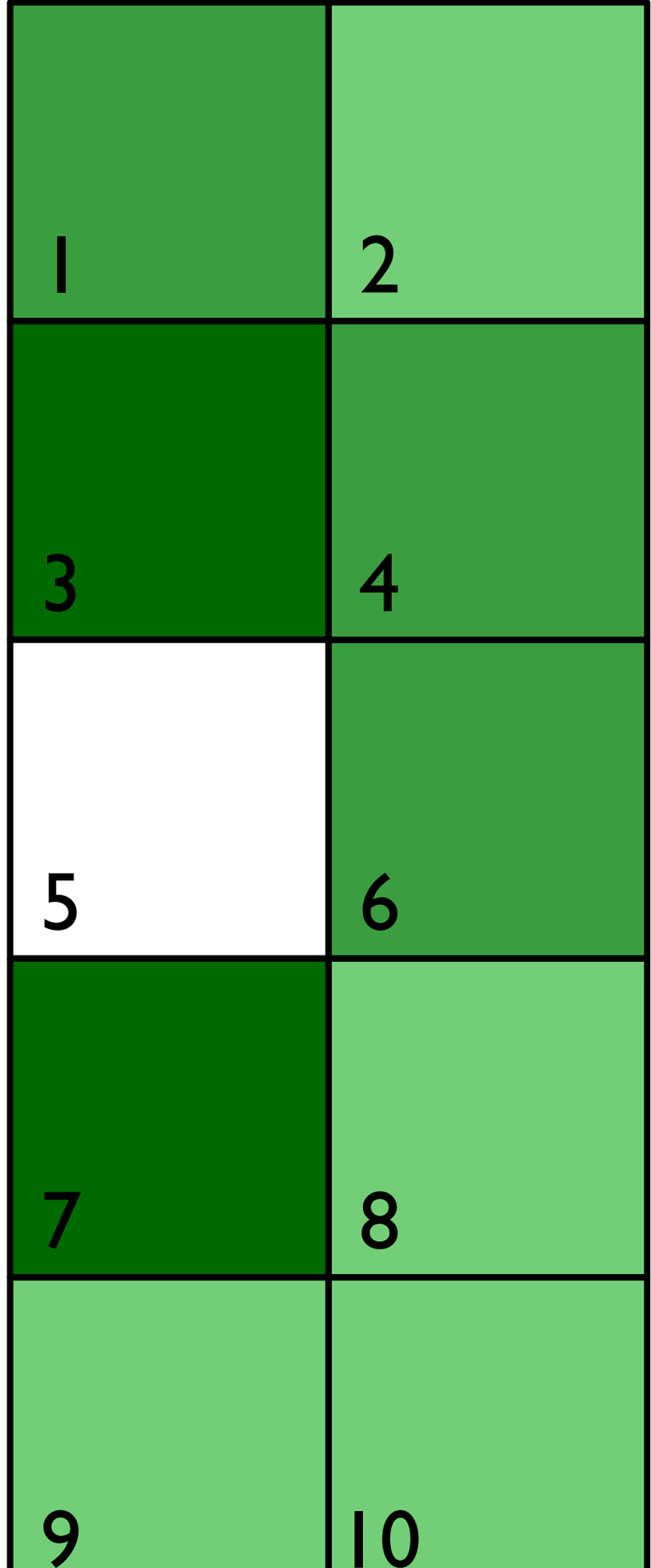


L’agent assistant

- Il facilite la discussion :
  - Il dédramatise et aide à verbaliser pendant le jeu.

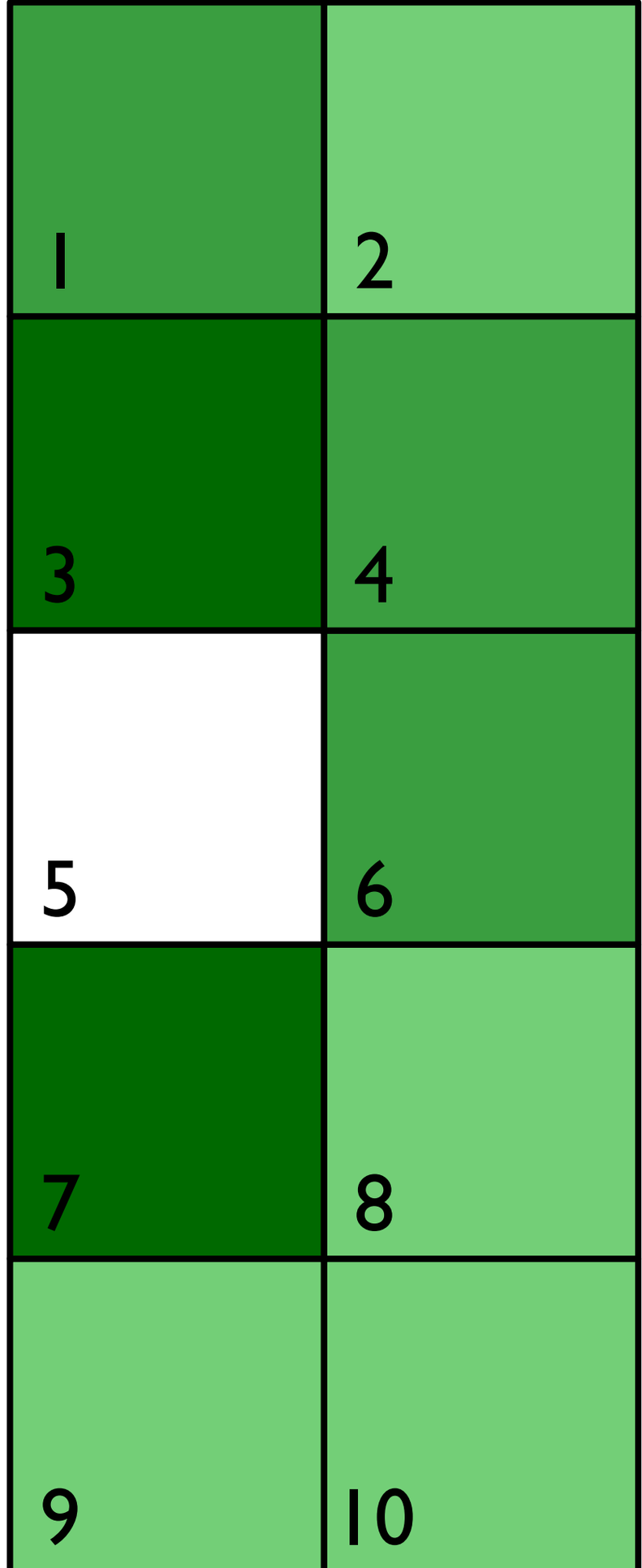


Faire expliciter les stratégies individuelles



Conclusion

- Les simulations multi-agents participatives mettent en œuvre quatre techniques pour expliciter les stratégies individuelles :
  - utilisation d'un modèle qui déclenche des réactions
  - séances de verbalisation
  - enregistrement de l'ensemble de la négociation (fusion jeu/simulation)
  - agent assistant relativement simple

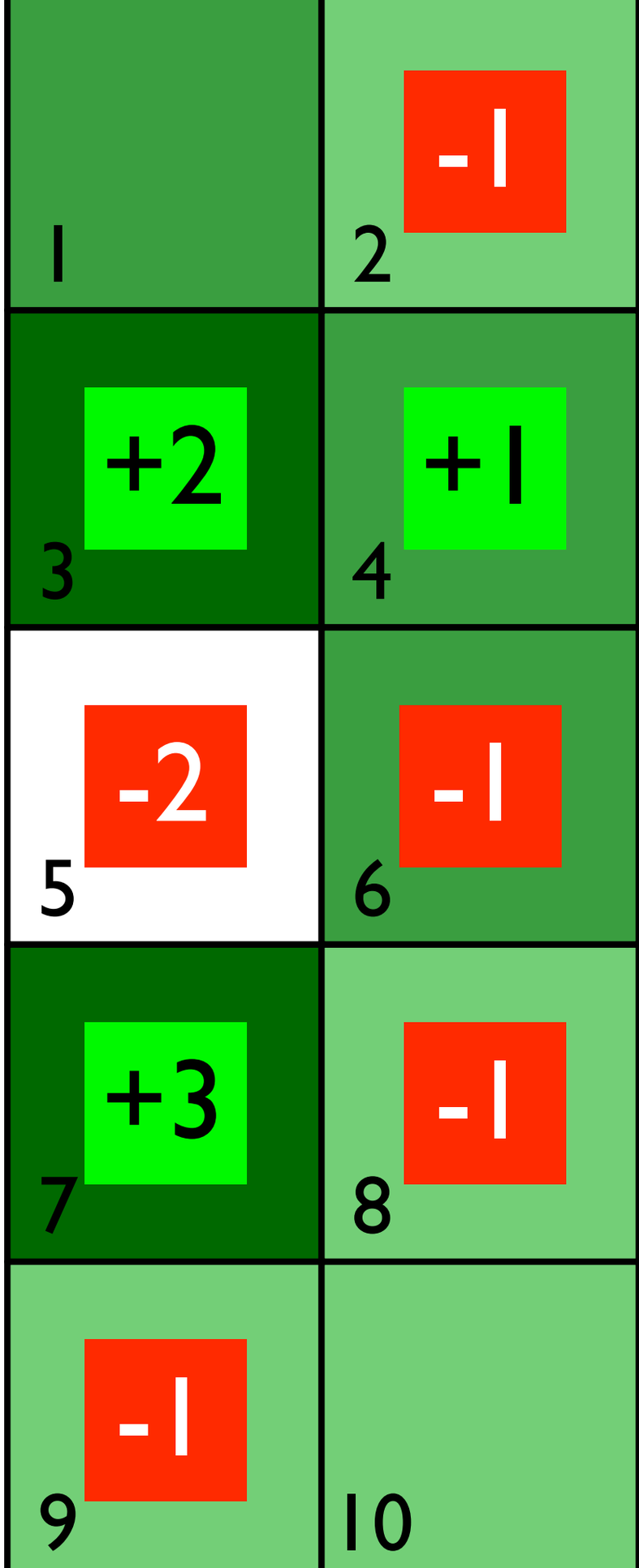


Plan

- Méthode et protocole
- Déterminer des conditions des comportements collectifs
- Faire expliciter les stratégies individuelles
- Explorer les protocoles de résolution de problèmes
- Valider des modèles de comportements collectifs
- Extraire automatiquement des motifs d'interaction
- Faire émerger des solutions plus efficaces

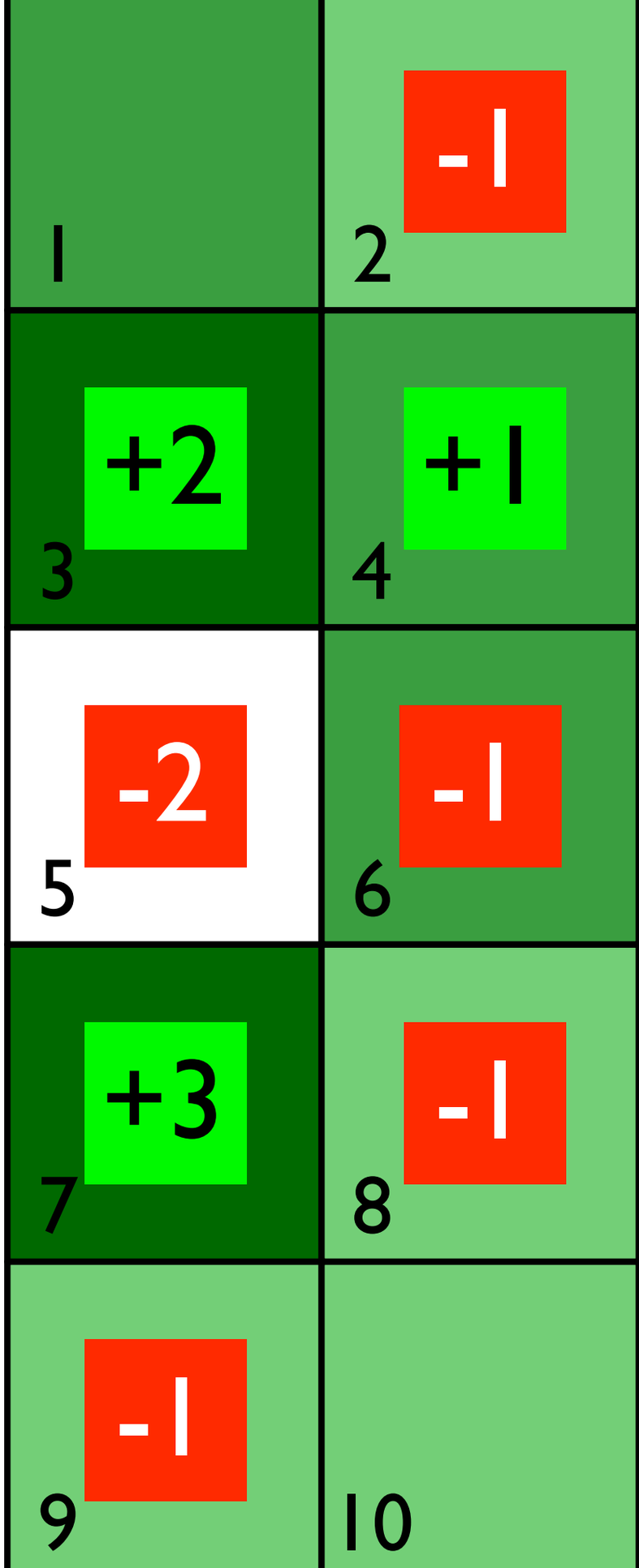
Négociation dans SimCommod

- L'environnementaliste et les exploitants discutent et placent des jetons.
- Les jetons rouges valent -1 (protéger), les verts +1 (exploiter).
- Les valeurs sont additionnées.



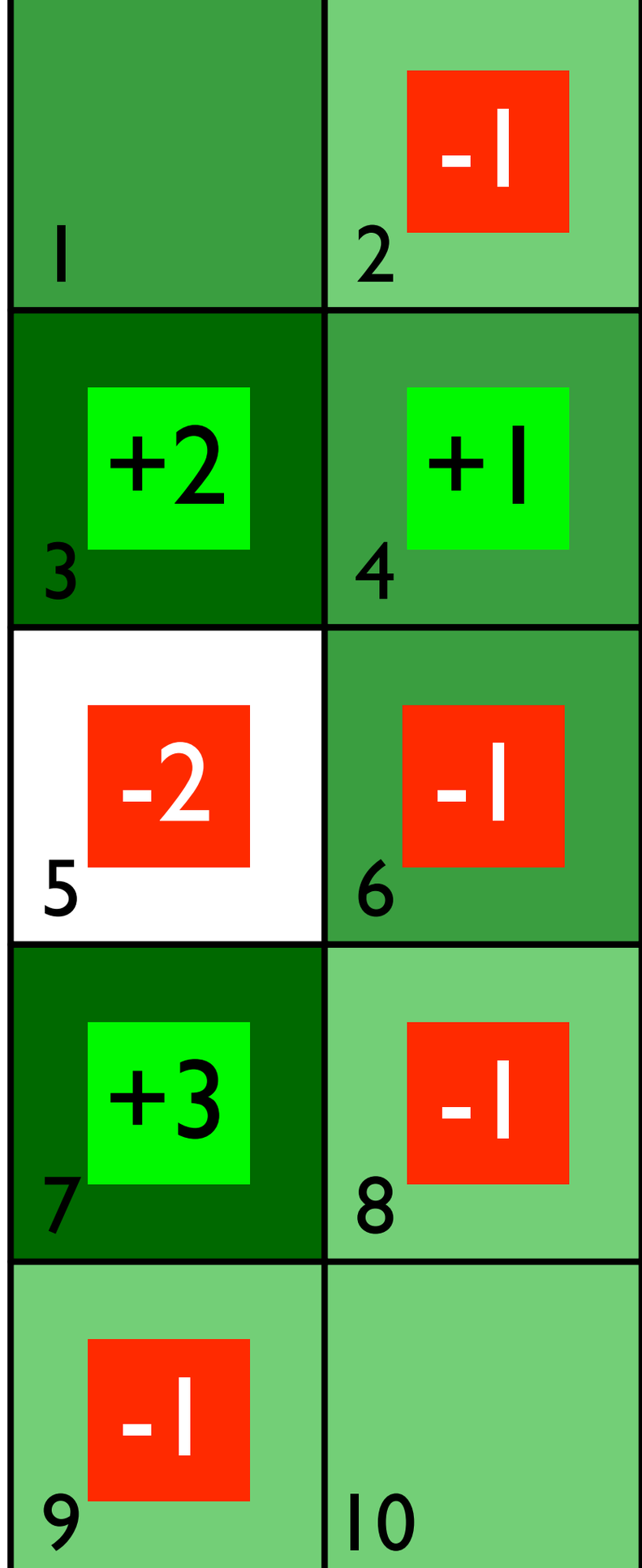
Pouvoir comme relation de dépendance

- Une solution du problème de SimCommod consisterait à ajouter une relation de pouvoir entre les agents.
- Le pouvoir dans les SMA est défini comme la "conscience" d'une relation de dépendance [Castelfranchi, 1989; Sichman, 1994; Carabelea, 2005]



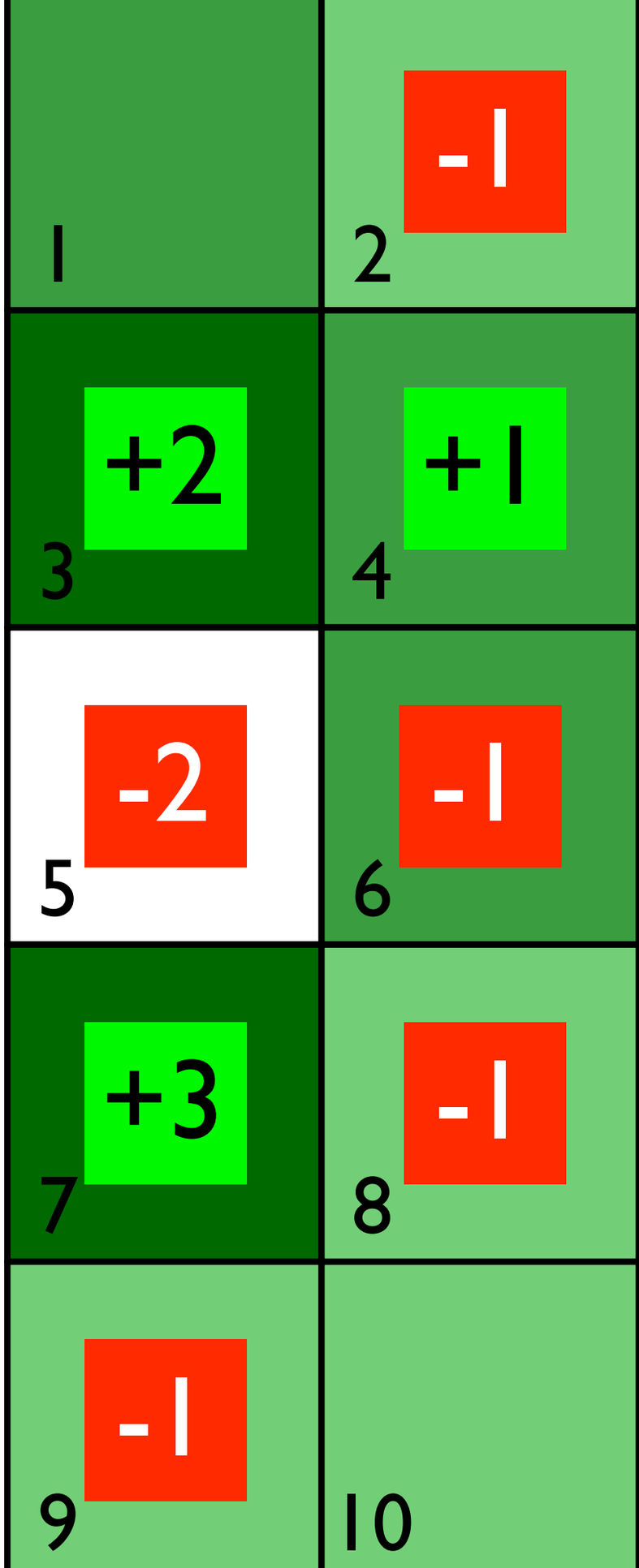
SimCommod-Tokyo

- Pour les expériences au NII, j'ai suivi les conseils méthodologiques de l'économie expérimentale sauf un :
  - l'ensemble du jeu est présenté avec des symboles abstraits
  - les joueurs sont anonymes
  - *mais ils peuvent discuter librement*



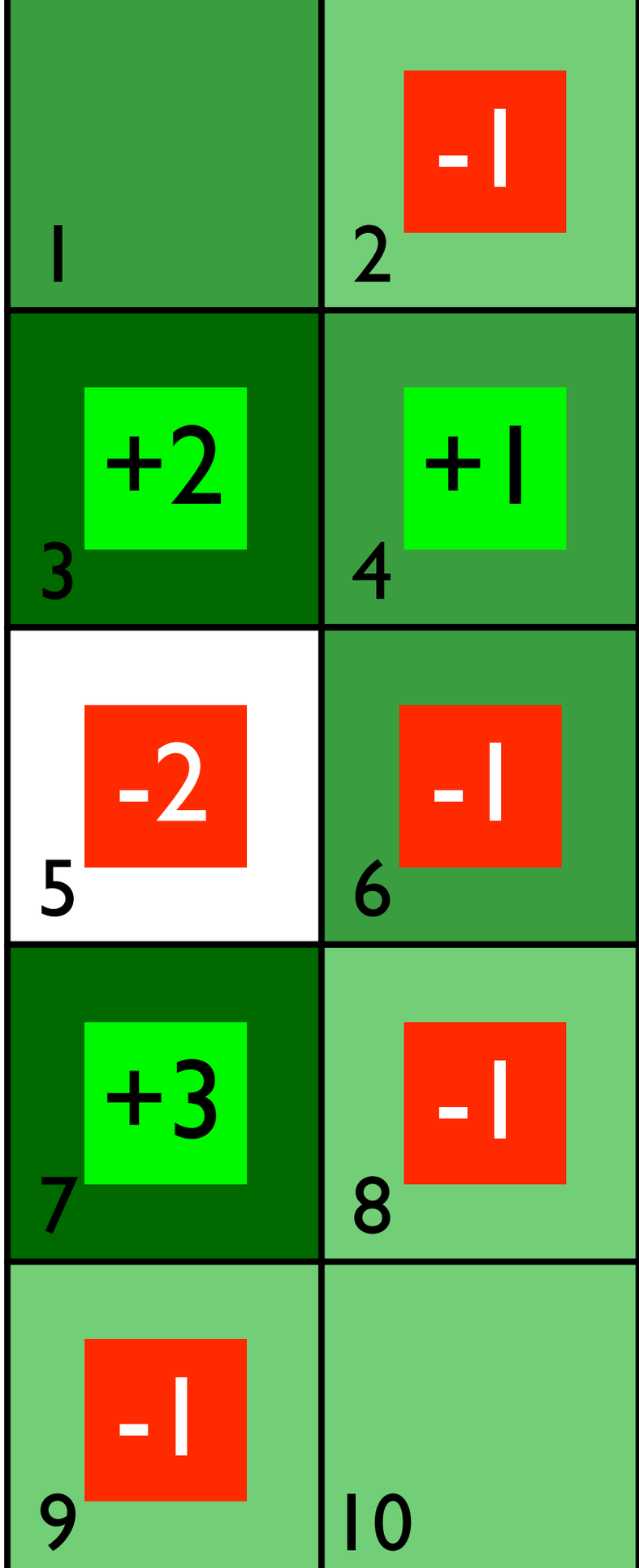
Haruko l'environnementaliste

- L'environnementaliste a convaincu des exploitants
  - de ne pas exploiter certaines cases ("il faut protéger la forêt")
  - d'exploiter des cases blanches, sans ressource ("il y a de l'or sur les cases blanches")



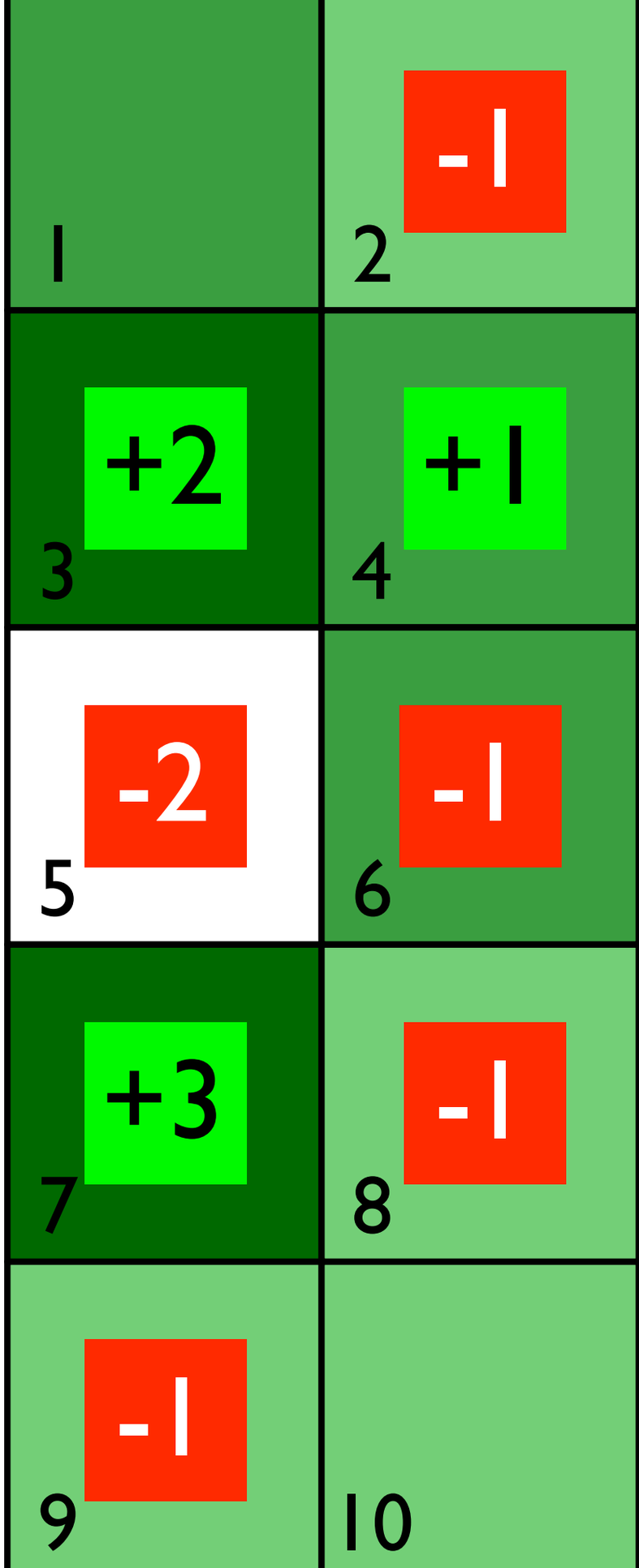
Enseignements pour les protocoles

- La notion de pouvoir dans la résolution de problèmes par des agents ne se limite pas à une relation de dépendance. Elle est aussi large que la définition de Dahl [1961]
- L'alignement des ontologies confère du pouvoir aux agents, bien qu'il soit clairement séparé de la négociation elle-même dans les protocoles classiques [Wang, 2002]



Enseignement méthodologique

Les simulations multi-agents participatives permettent de comparer les mécanismes mis en œuvre par les humains pour résoudre des problèmes avec les protocoles classiques de résolutions par des agents
[Guyot, 2006]



Plan

- Méthode et protocole
- Déterminer des conditions des comportements collectifs
- Faire expliciter les stratégies individuelles
- Explorer les protocoles de résolution de problèmes
- **Valider des modèles de comportements collectifs**
- Extraire automatiquement des motifs d'interaction
- Faire émerger des solutions plus efficaces

Objectif :

– Explorer

✓ Modéliser

– Reproduire

Modèle :

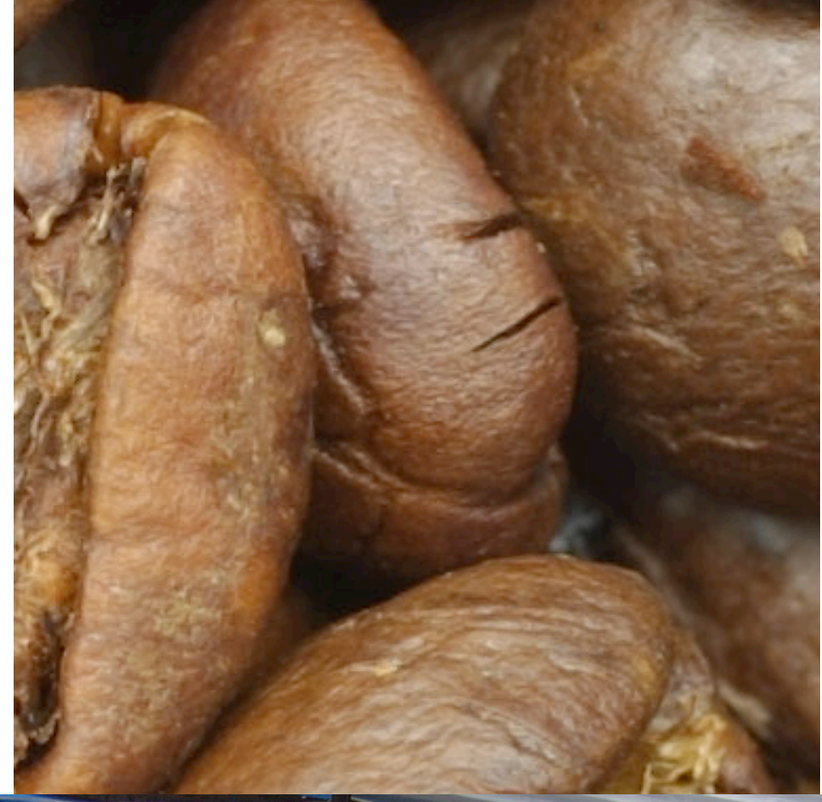
– SimBar

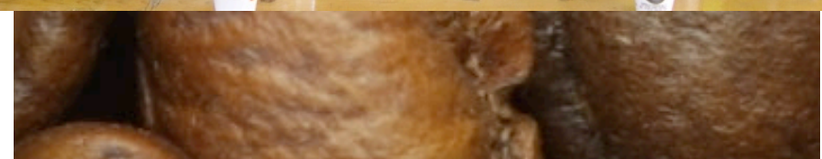
– SimCommod

✓ SimCafé

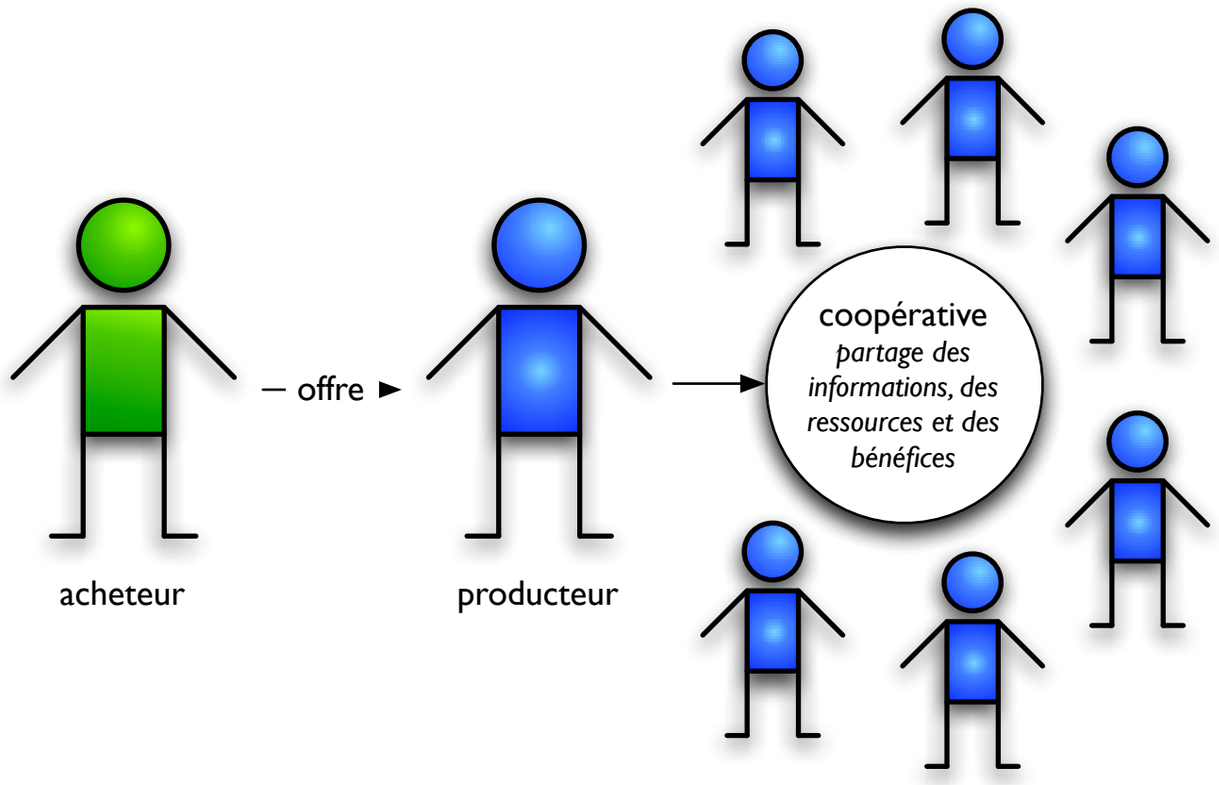
SimCafé

- Domaine : production de café et marché du café dans l'état de Veracruz (Mexique)
- On suppose que les producteurs forment des coalitions pour satisfaire des offres d'achat (à terme), même s'ils refusent de l'admettre



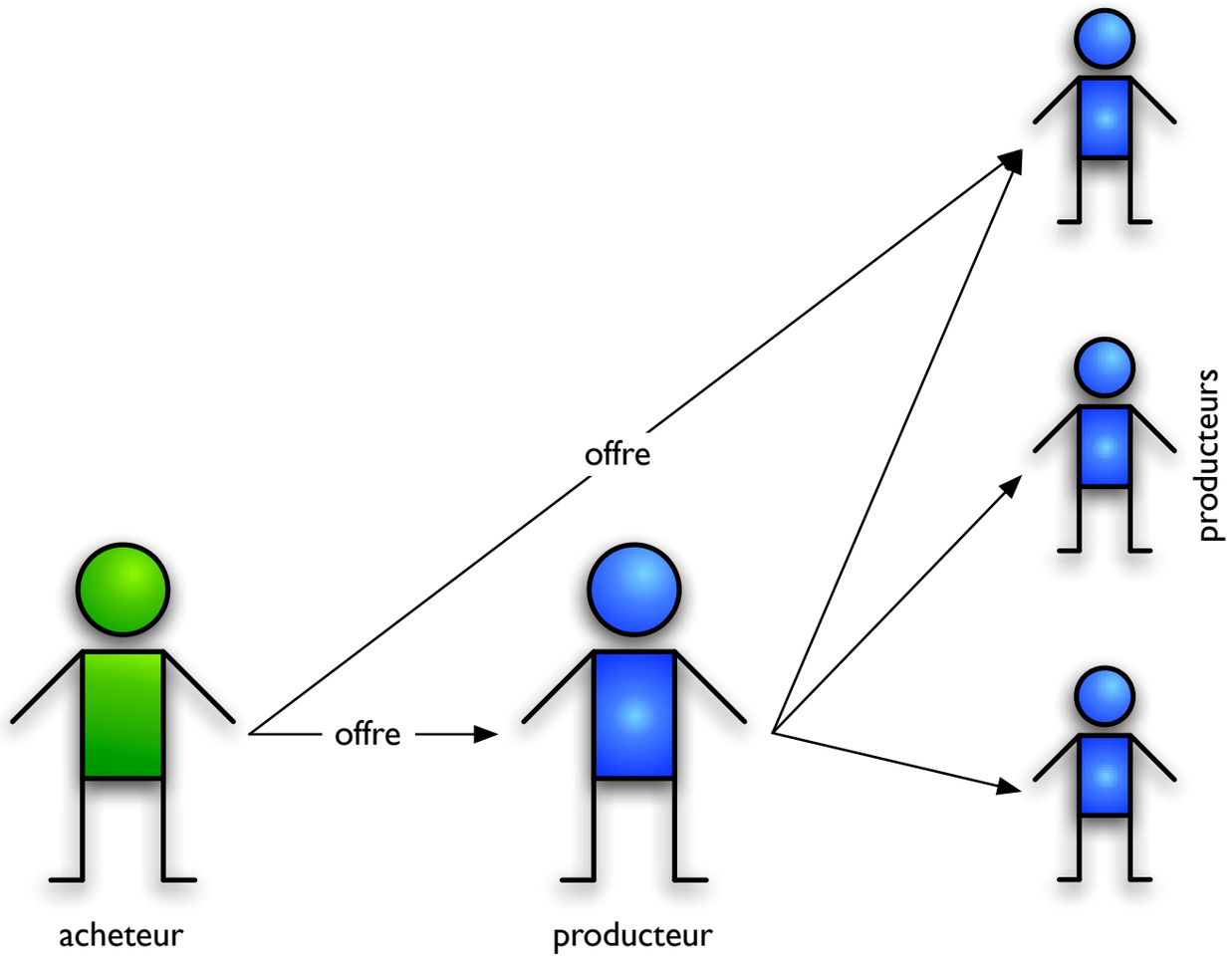


SimCafé : coalitions



Coopératives

SimCafé : coalitions



Coalitions directes

SimCafé

- Agents :
  - Un acheteur omniscient (organisateur)
  - Des producteurs de café (participants)
- Offres d'achat à terme (durée, quantité)
- Les producteurs peuvent s'échanger des messages, du café, de l'argent

SimCafé

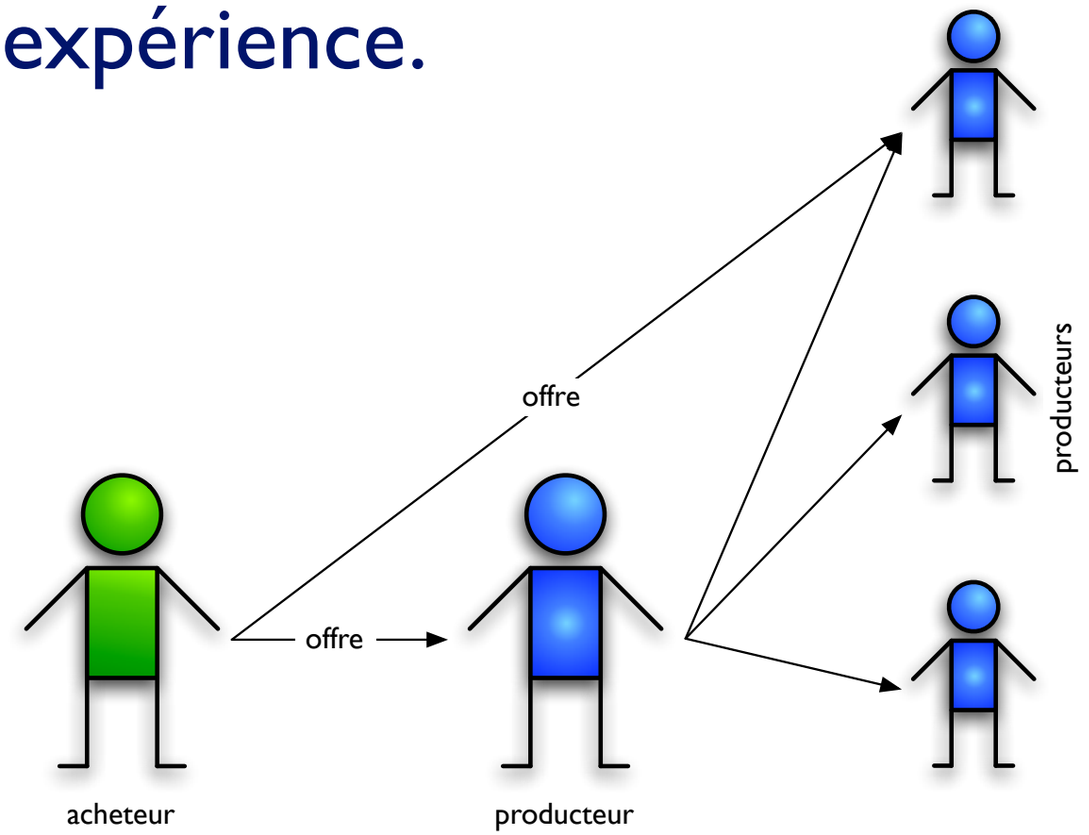
- Modèle : marché international du café
- Résolution : arriver à s'organiser pour satisfaire des offres d'achat
- Question : comment faire émerger et valider des modèles de résolution?

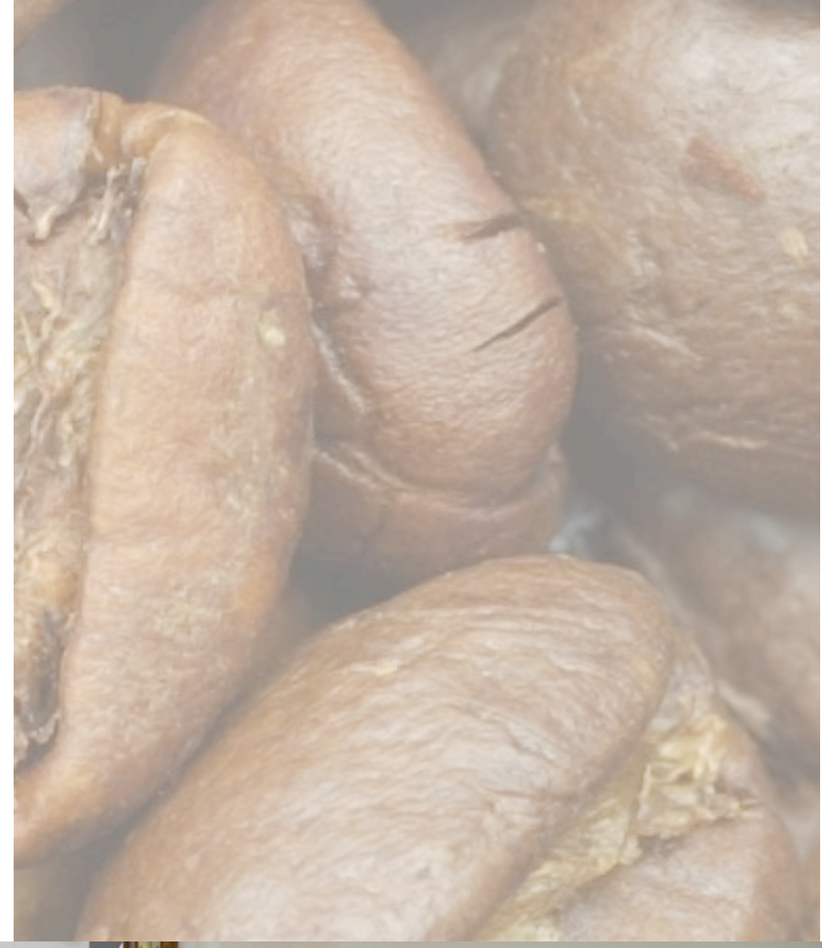
SimCafé : expériences

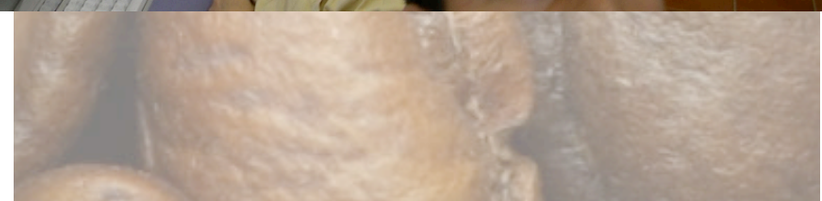
- 3 expériences 05/2003, LANIA, espagnol

Observation

- Comme prévu, des coalitions se sont formées.
- Un participant a créé deux coalitions lors de la troisième expérience.







Conclusion

Les simulations multi-agents participatives permettent de valider des modèles de comportements collectifs si [Guyot, 2003] :

- les participants sont libres de ne pas interagir strictement comme dans le modèle initial
- les participants sont incités à élaborer des solutions innovantes.

Plan

- Méthode et protocole
- Déterminer des conditions des comportements collectifs
- Faire expliciter les stratégies individuelles
- Explorer les protocoles de résolution de problèmes
- Valider des modèles de comportements collectifs
- **Extraire automatiquement des motifs d'interaction**
- Faire émerger des solutions plus efficaces

Objectifs :

– Explorer

✓ Modéliser

✓ Reproduire

Modèle :

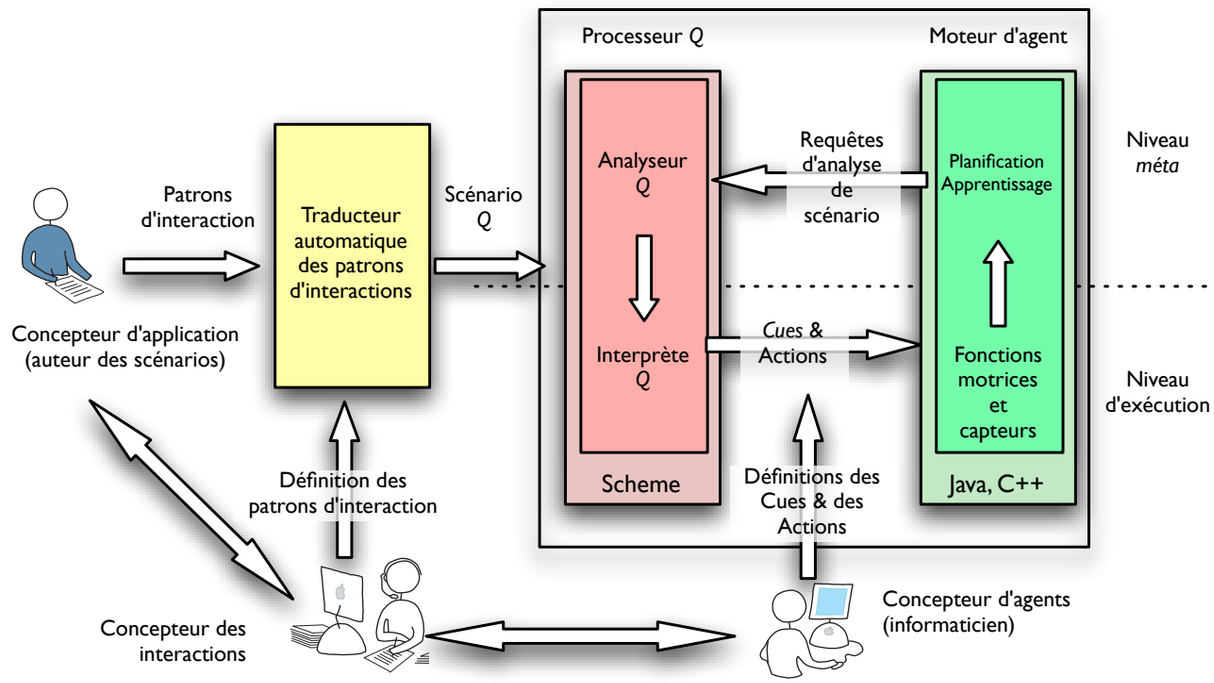
– SimBar

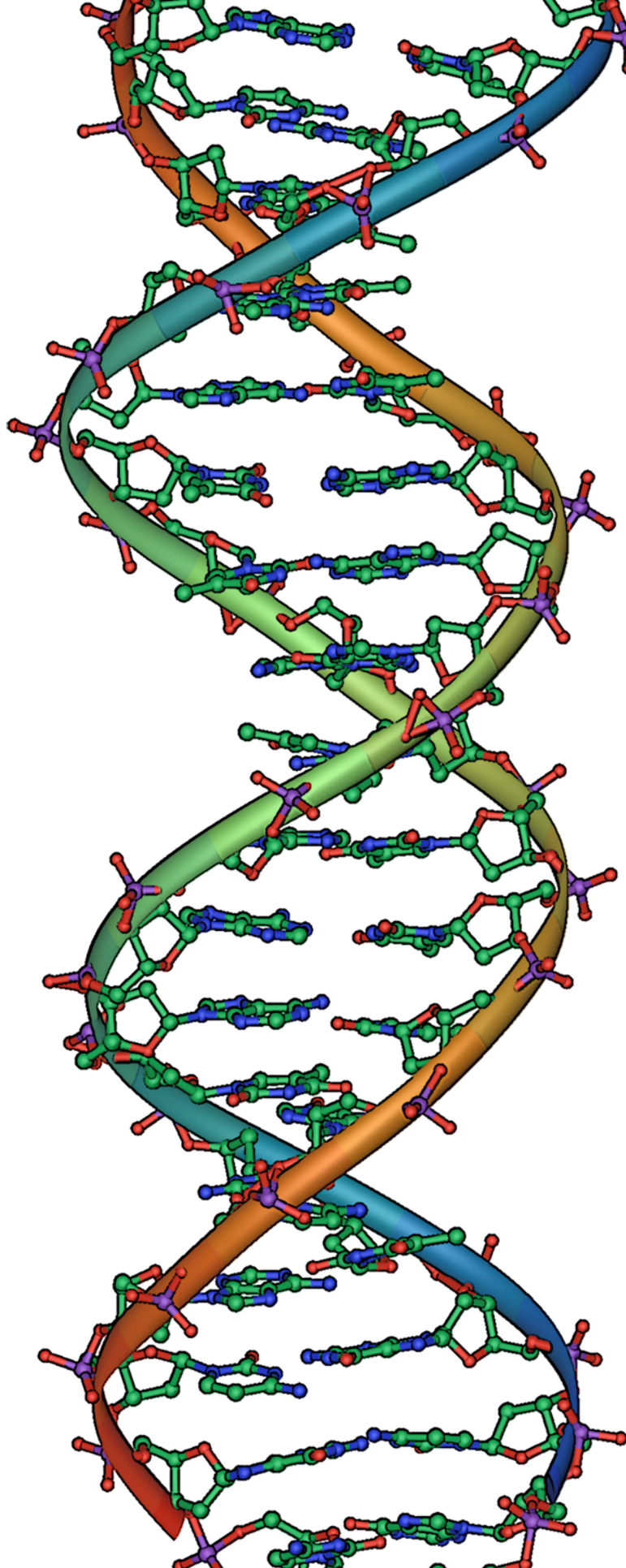
– SimCommod

✓ SimCafé

Description des interactions avec Q

- Le langage *Q* permet à des experts non informaticiens de décrire les interactions entre agents
- *Q* dissocie interactions et raisonnement [Ishida, 2002]

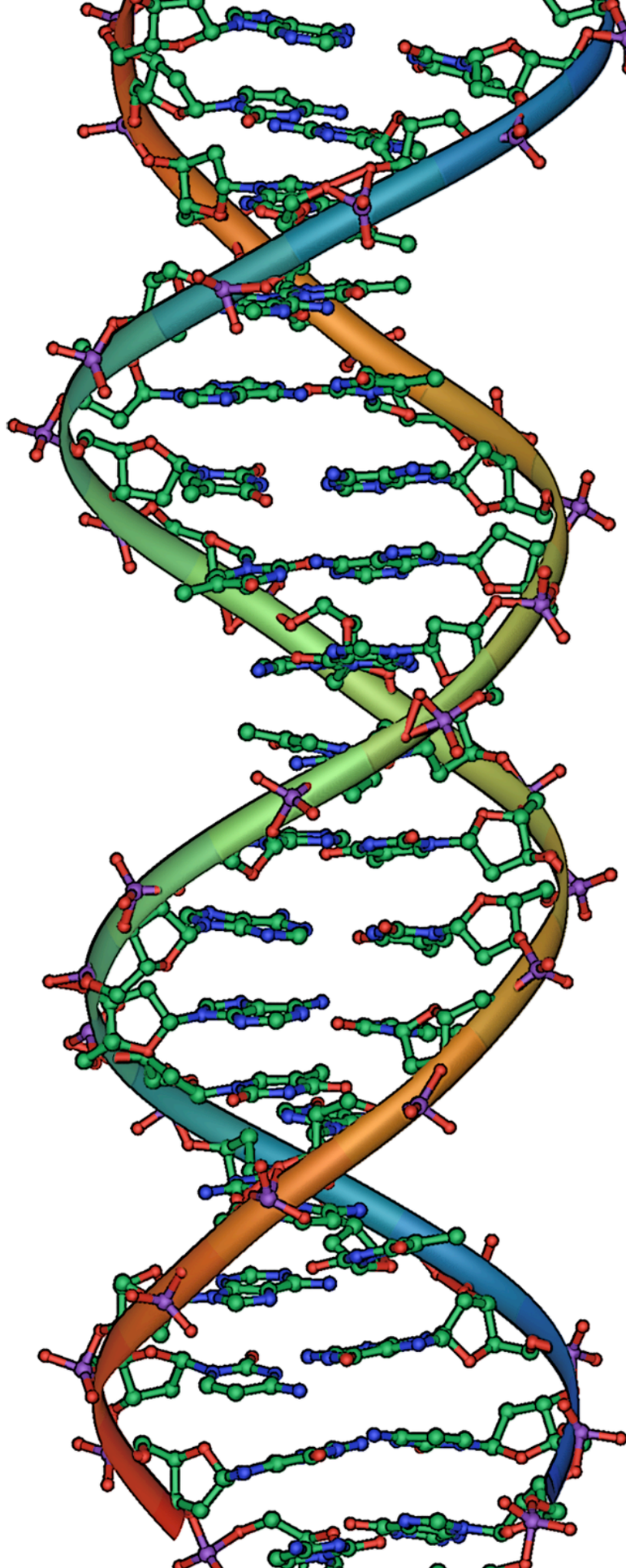




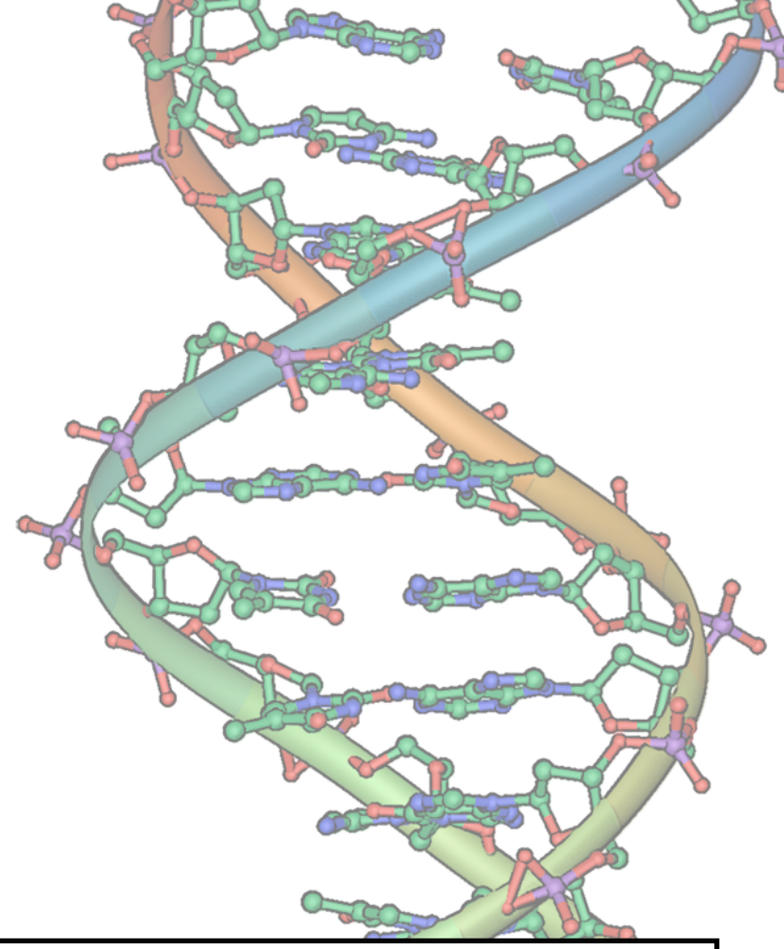
Description des interactions avec Q

- Q est dérivé de LISP
- Chaque carte d'interaction se limite à une situation

Card ID	14	Card Name	Visiting Kimono Web site	Card Type	User initiative
Opening	Action				
	Hm-hum, you are so enthusiastic. Then, how about this page? http://www.kimono.com/index.htm				
Reactions to Users' Mouse Click (Repeat)	Mouse Click	Cue	Action		
		http://kimono.com/type.htm	There are many types of obi. Can you tell the difference?		
		http://kimono.com/fukuro.htm	(GestureLeft) Fukuro obi is for a ceremonial dress. Use it at a dress-up party!		
		http://kimono.com/maru.htm	(Evaluate Card42)		
	No Reaction	Seconds	Action		
		20	(End of Repeat)		
Closing	Action				
	Did you enjoy Japanese Kimono? OK, let's move on to the next subject.				



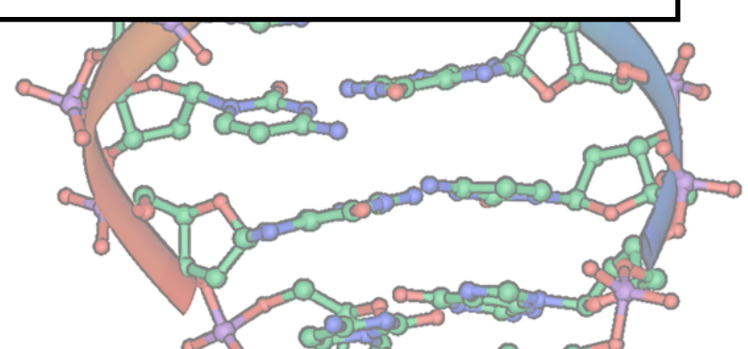
Extraction automatique avec *Analyseur*



- La programmation génétique fortement typée [Montana, 1993] permet de générer des programmes *Q*
- *Analyseur* permet d'extraire des motifs d'interaction en *Q* automatiquement à partir des enregistrements XML [Guyot, 2005]

  (C++, 85 classes, 24 KLC)

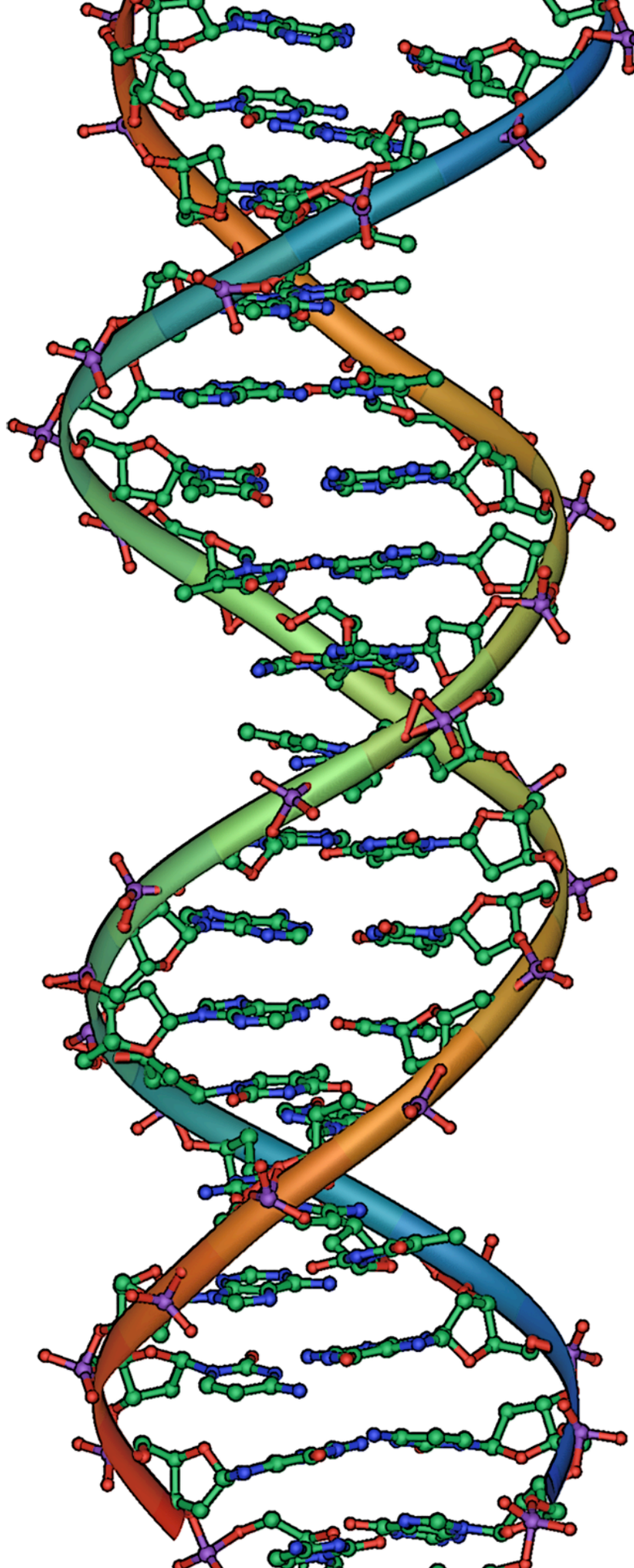
```
(guard
   (#f (...))
   ((?receive_pergamino :qty $Int-X :from $Agent-Z)
     (do
       (!accept_offer :contract
         (if
           (?have_less_pergamino :than
             get_cereza_bags_count)
           (if
             (?transformation_process_completed)
             $Contract-1
             $Contract-2)
           (if #t $Contract-2 $Contract-2)))
       (do
         (!send_message :to $Agent-X)
         (do
           (!transform_cereza :amount
             (if #t $Int-Y (get_budget)))
           (!send_message :to $Agent-Y)))))
   (#f (...))
   (otherwise (go (if #f 3 1))))
```



Conclusion

Il est possible d'extraire de manière automatique ou semi-automatique des motifs d'interactions à partir des enregistrements des expériences

Ces motifs peuvent être lus par les participants pour nourrir la séance de verbalisation [Grosz, 2004]



Plan

- Méthode et protocole
- Déterminer des conditions des comportements collectifs
- Faire expliciter les stratégies individuelles
- Explorer les protocoles de résolution de problèmes
- Valider des modèles de comportements collectifs
- Extraire automatiquement des motifs d'interaction
- Faire émerger des solutions plus efficaces

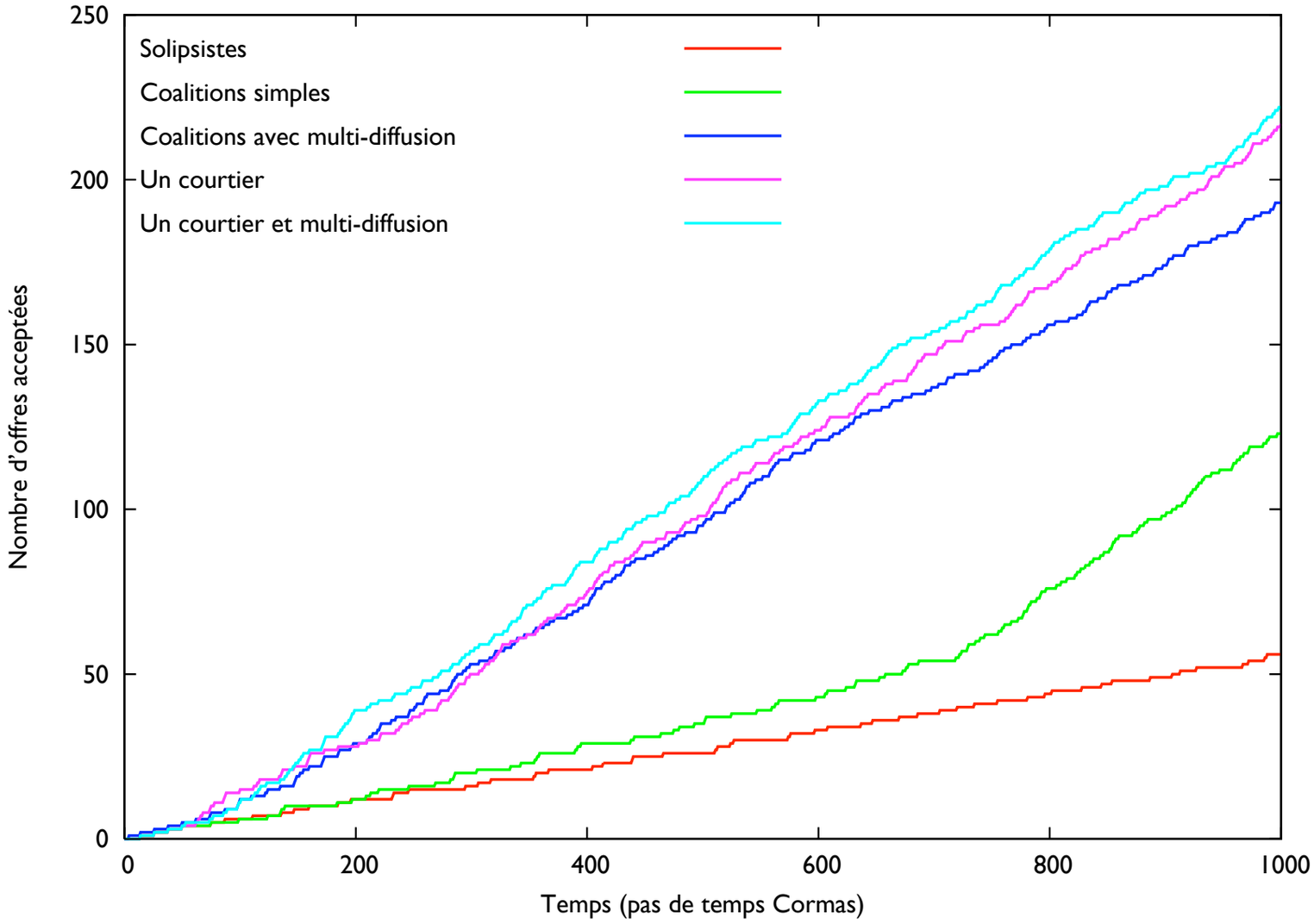
Objectif :
– Explorer
– Modéliser
✓ Reproduire

Modèle :
– SimBar
– SimCommod
✓ SimCafé

Le rôle du courtier

- Émergence d'un rôle absent du modèle initial
- Un des producteurs de café s'est comporté comme un courtier :
  - il proposait d'acheter et de revendre du café
  - il proposait aux autres producteurs de les payer après la revente

Le courtier comme solution plus efficace



Faire émerger des solutions plus efficaces

Conclusion

Les simulations multi-agents participatives permettent de faire émerger des solutions collectives plus efficaces [Guyot, 2005]

Résumé

- Méthode et protocole
- Déterminer des conditions des comportements collectifs
- Faire expliciter les stratégies individuelles
- Explorer les protocoles de résolution de problèmes
- Valider des modèles de comportements collectifs
- Extraire automatiquement des motifs d'interaction
- Faire émerger des solutions plus efficaces

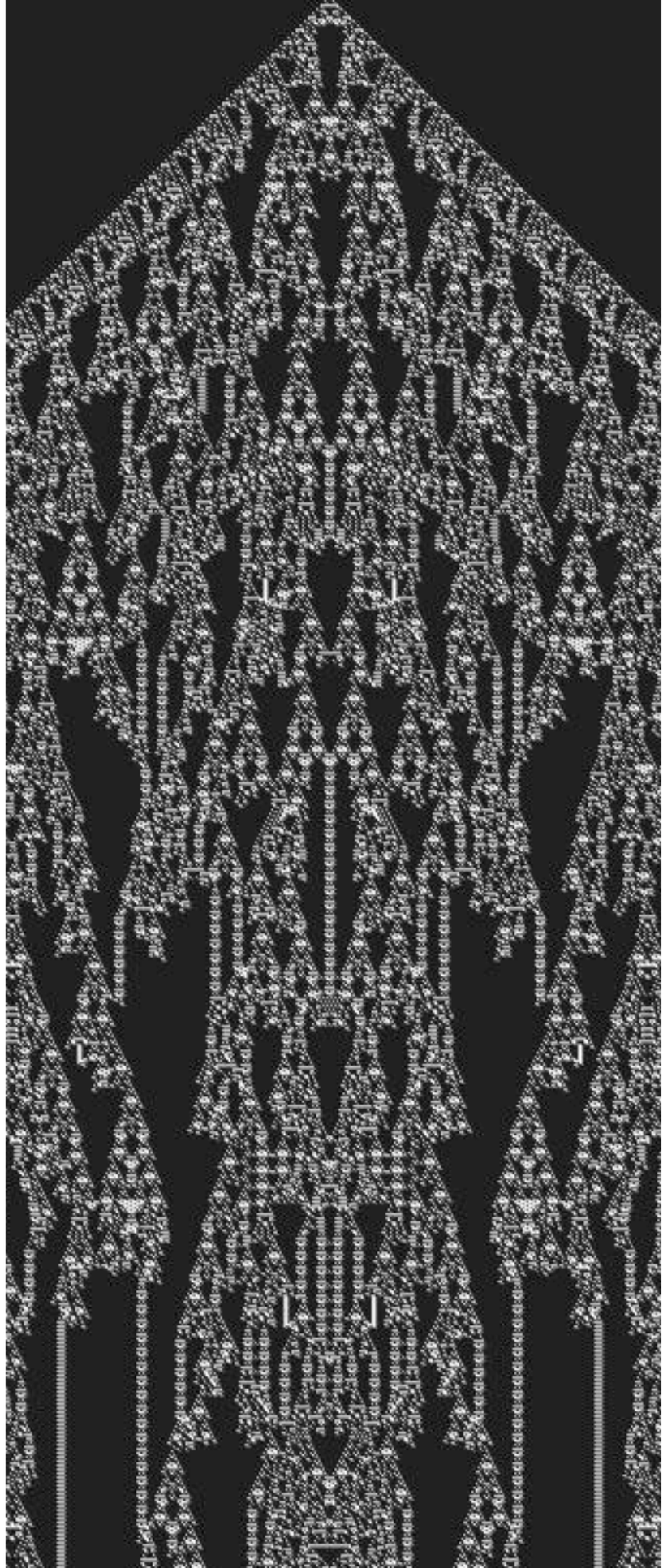
Objectifs :
– Explorer
– Modéliser
– Reproduire

Modèles :
– SimBar
– SimCommod
– SimCafé

Conclusion :
Ingénierie de l'émergence
ou
"pourquoi ça marche?"

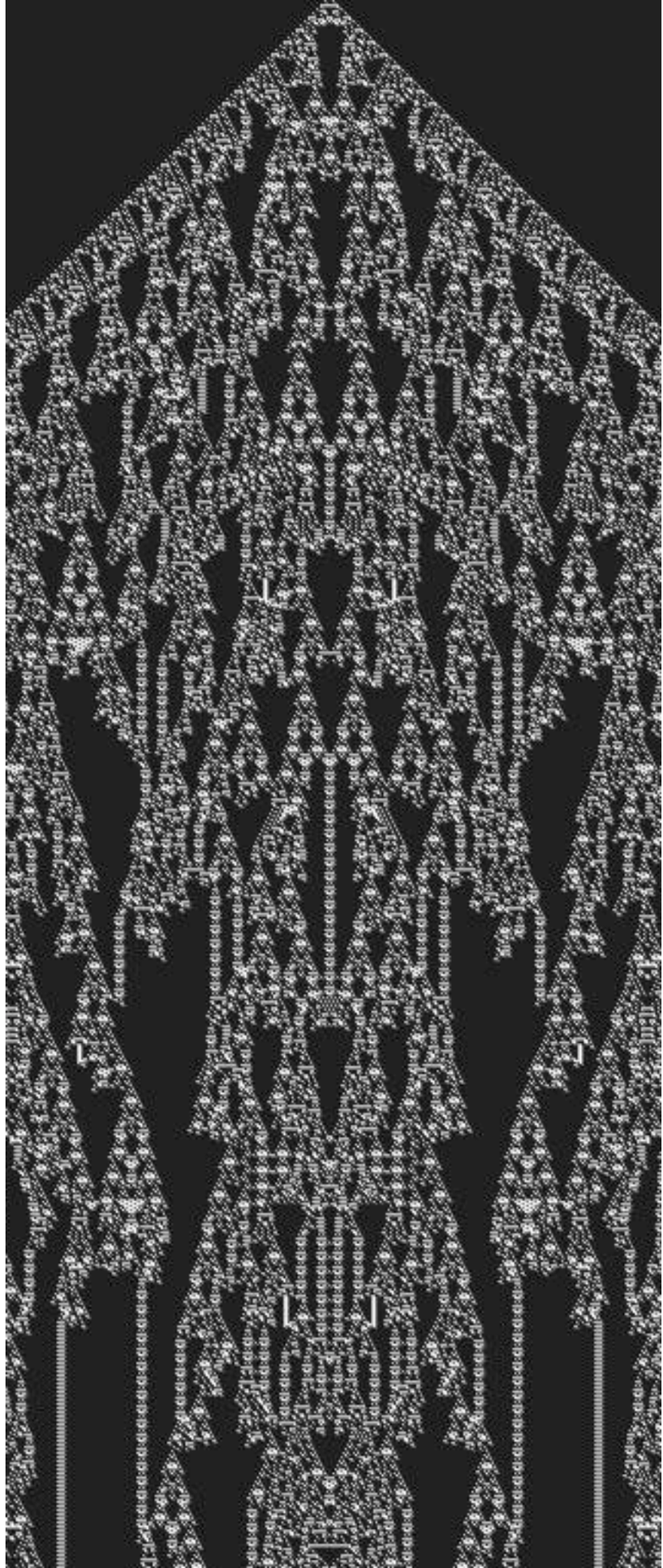
Définition épistémique de l'émergence

- Impossibilité de dériver analytiquement les propriétés de l'ensemble à partir des propriétés des composants [Guyot, 2003]
- Cette définition épistémique correspond à l'utilisation de simulations et de systèmes multi-agents



Ingénierie de l'émergence

- Pour concevoir un système dans lequel émerge un comportement collectif, il est nécessaire de procéder par tâtonnement
- En donnant le contrôle des composants à des humains, on évite une grande part du tâtonnement en se reposant sur les capacités d'innovation des participants



Perspectives

De nouveaux modèles

- Simplicité nécessaire des modèles SimCafé, SimCommod et SimBar pour tirer des leçons des expériences
- Les expériences sont lourdes à organiser
- De nouveaux modèles sont nécessaires pour explorer, modéliser et reproduire des mécanismes plus complexes de résolution de problèmes

Étude des comportements collectifs

- Validation de modèles de comportements
  - séances de verbalisation
  - agent assistant maïeutique
  - enregistrement des interactions
- Contrainte des interactions agents

Simulations multi-agents participatives et approche MAS/RPG

- Alternative crédible à l'approche MAS/RPG : fusion du jeu de rôles et de la simulation
  - étude des comportements
  - approche pédagogique
  - aide à la décision

Économie expérimentale

- Nécessité de libérer la communication pour qu'émergent des comportements collectifs
  - émergence de la monnaie [Kiyotaki & Wright, 1989; Duffy, 1999]
- Lien entre l'usage de symboles abstraits et l'interdiction de communiquer verbalement [Camerer, 2003]

Intelligence Artificielle

- Au lieu d'être *sujets*, les participants peuvent être utilisateurs d'un système collaboratif hybride [Schuler, 1993]
- Plusieurs problèmes subsistent :
  - très faible quantité de données pour l'apprentissage
  - utilité du système

Coopération Humain—Non-Humain

- Les simulations multi-agents participatives sont des systèmes hybrides
- Faire travailler ensemble agents et humains pour résoudre des problèmes

  Problème de la tolérance réciproque [Demazeau, 2000]

Financements

Bourses

- Ministère de la recherche (allocation)
- Université Pierre et Marie Curie (monitorat)
- Japan Society for the Promotion of Science

Accueil & missions

- Laboratoire d'Informatique de Paris VI
- National Institute of Informatics
- Institut de Recherche pour le Développement

Projets de recherche

- Laboratoire Franco-Mexicain d'Informatique (CNRS/CONACYT)
- Union Européenne (Programme ASIA IT&C)
- Électricité de France