

Organisation dynamique d'équipes d'engins autonomes par écoute flottante

François Legras



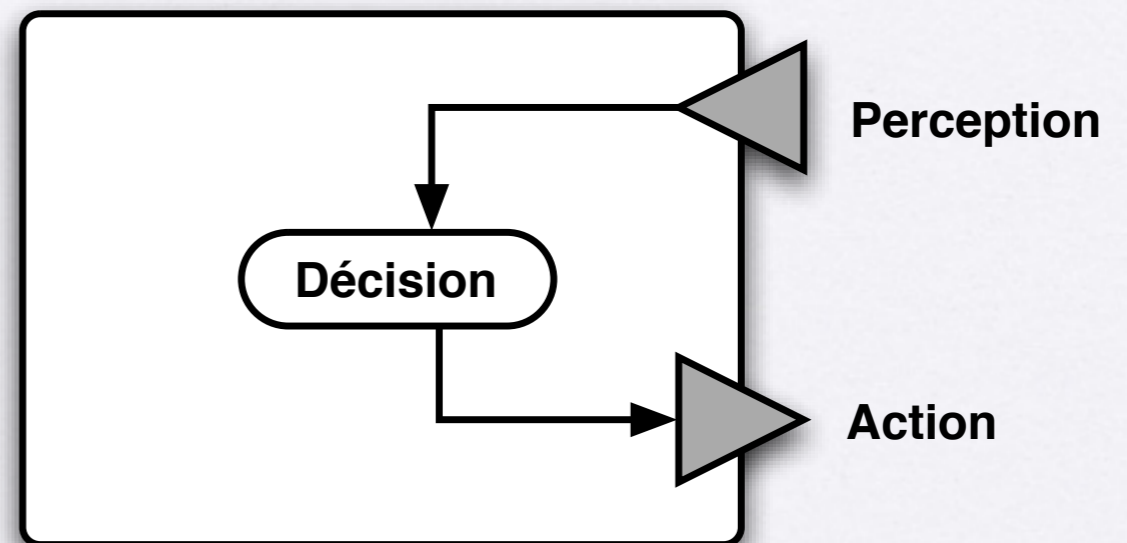
Plan de la présentation

1. Domaine de recherche
2. Modèle en étoile
3. Exploitation du modèle
4. Simulations OTTO
5. Simulations LOTTO
6. Conclusion et perspectives

Domaine de
recherche

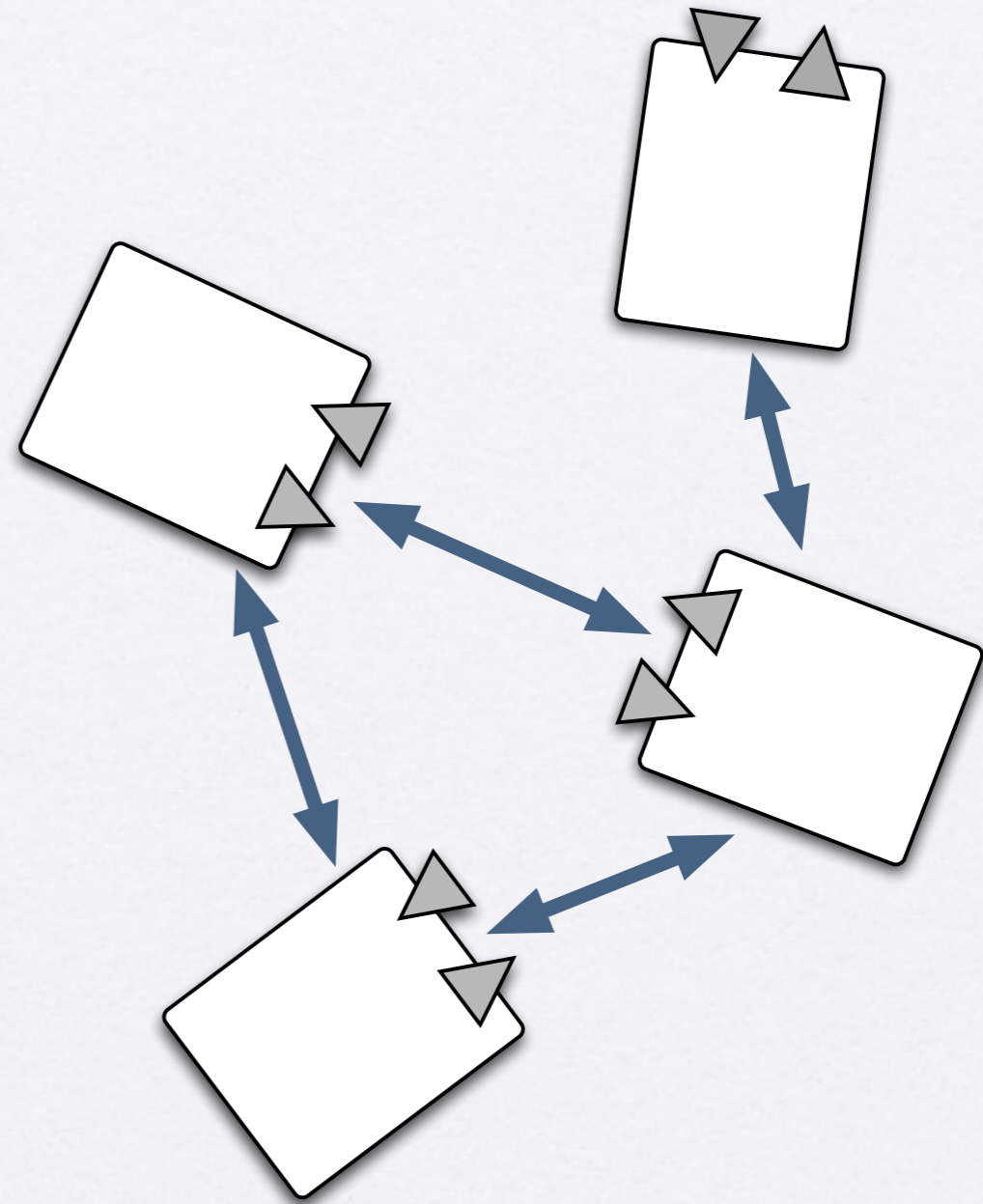
Modélisation agent

- Un agent est plongé dans un environnement.
- Il peut le percevoir.
- Il agit sur son environnement en fonction de ses perceptions.



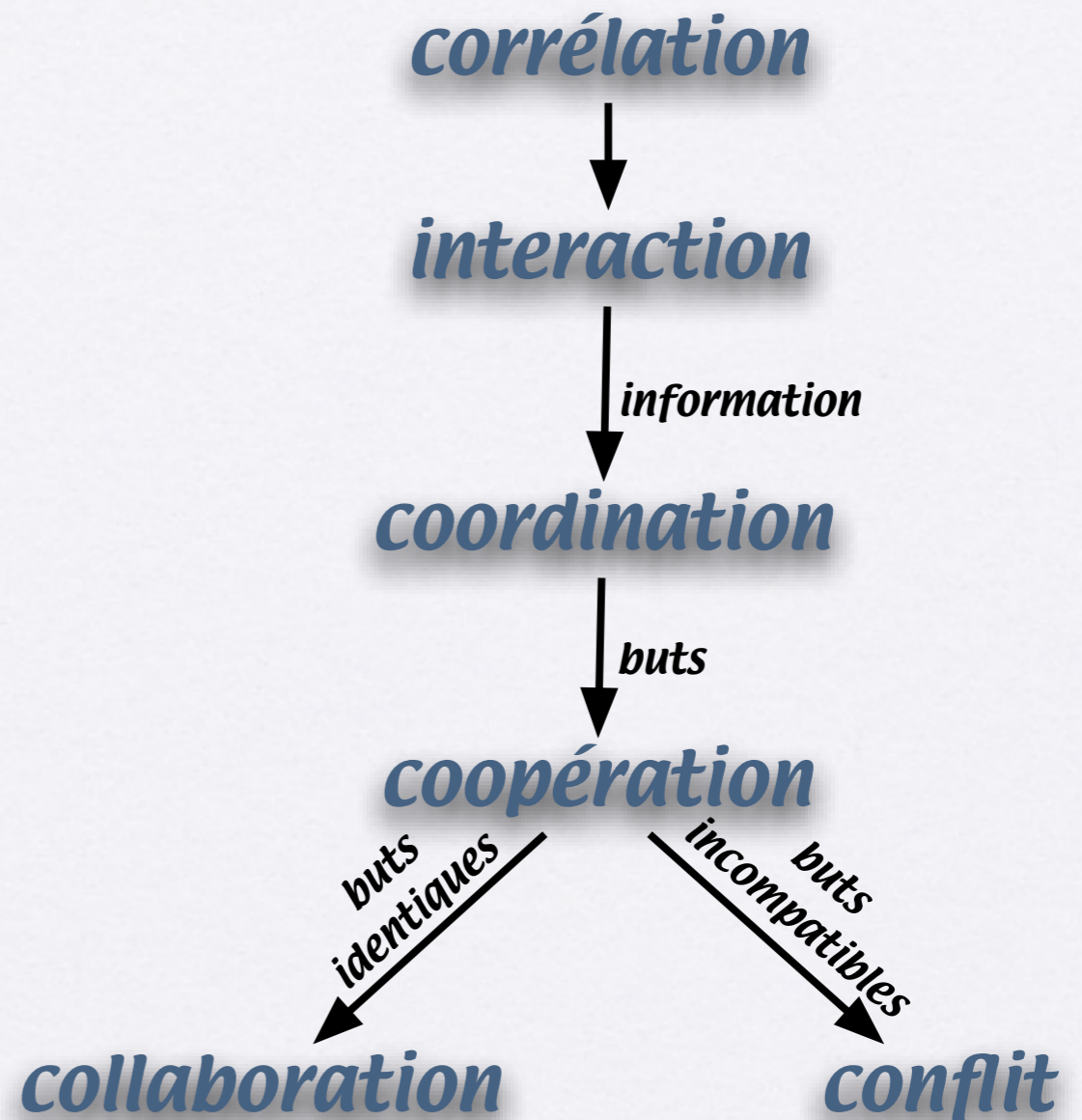
Systemes multiagents (SMA)

- L'environnement contient plusieurs agents.
- Ils sont susceptibles d'interagir.



Coopération dans un SMA

- Les agents sont dotés de **buts**.
- Ils doivent tenir compte de ceux des autres pour atteindre les leurs.



Coopération, collaboration

- Comment faire des choses ensemble

STEAM [Tambe], SharedPlan [Grosz]...

- Former des équipes

dialogues [Dignum], compétences [Tidhar]...

- Former des coalitions

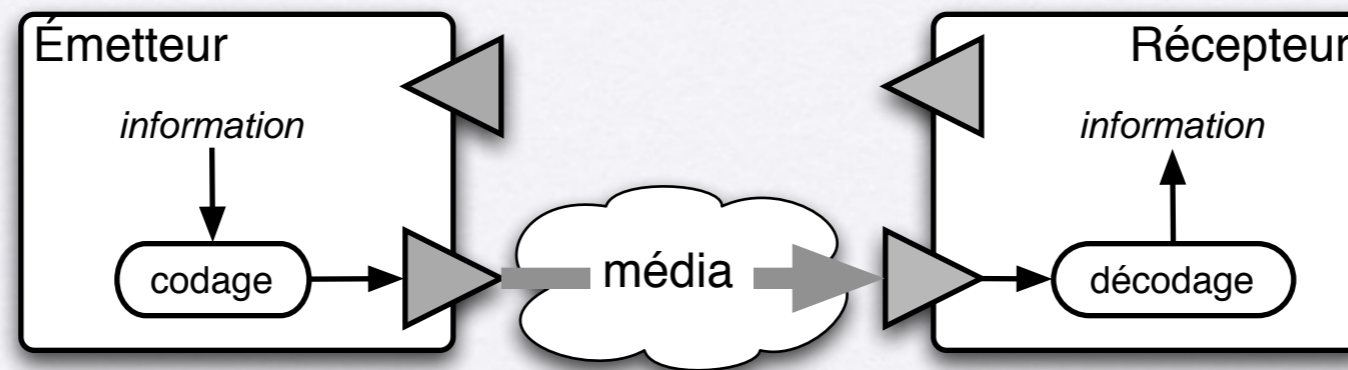
[Sheory&Kraus], agents libres [El Fallah-Segrouchni]

- etc.

 Communication

Communication

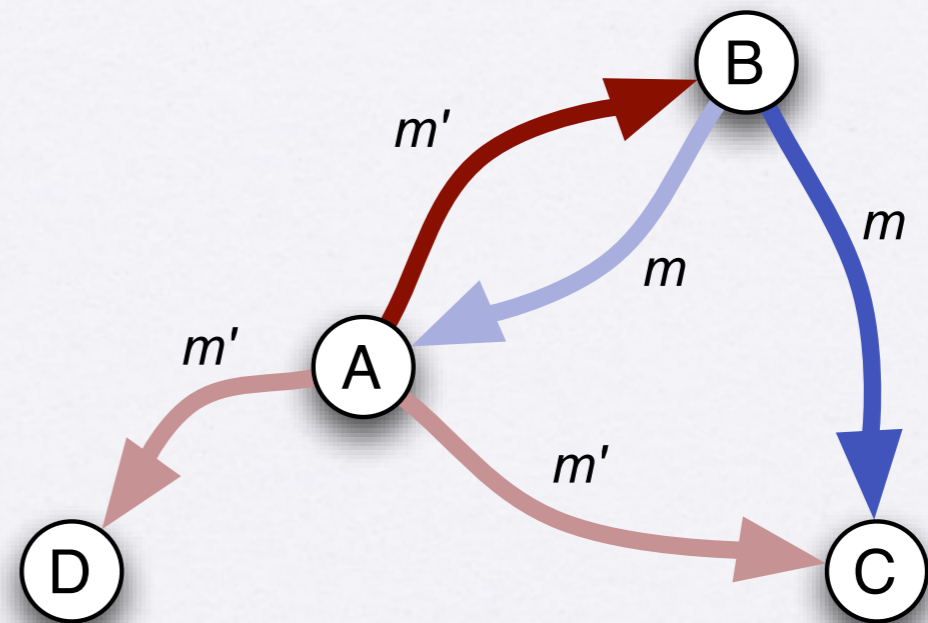
- Approche dyadique classique [Shannon]



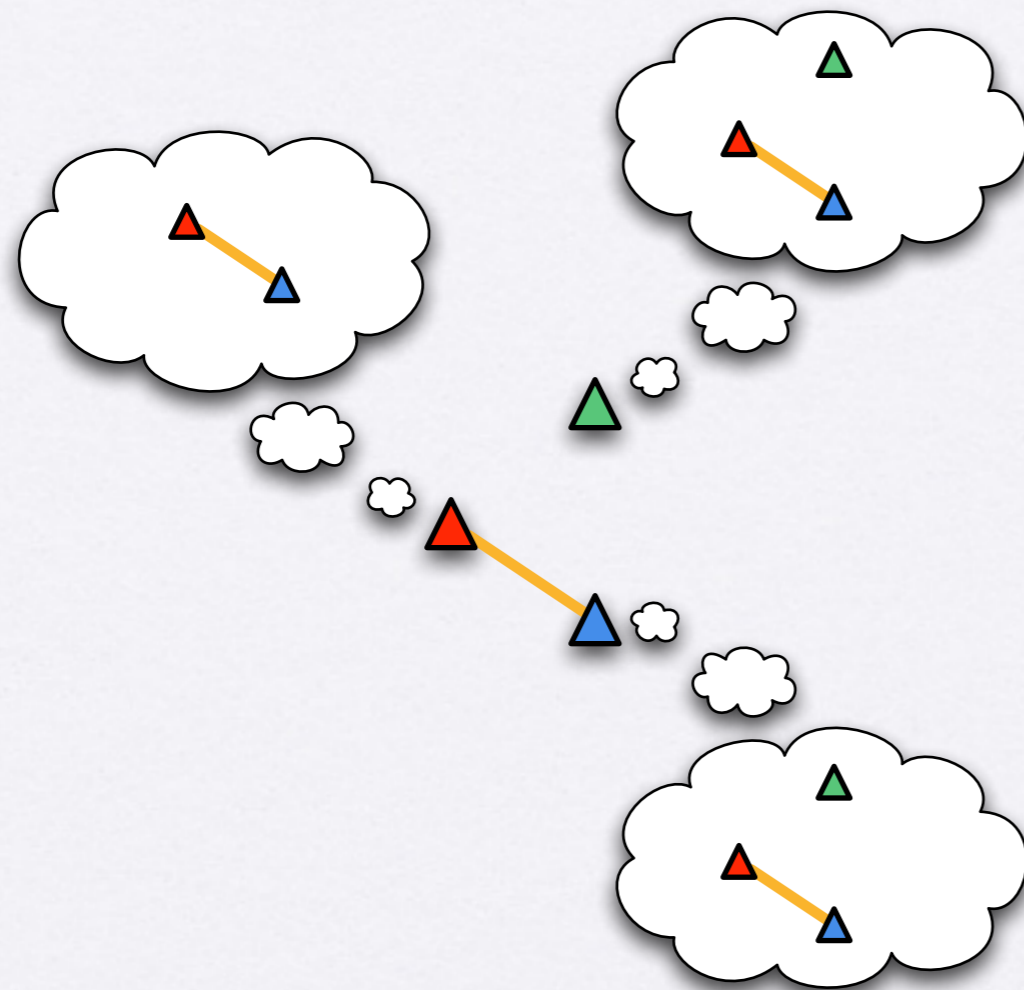
- Méthodes indirectes
Via l'environnement [Balbo et Pinson], facilitators KQML, blackboards...
- Écoute flottante (overhearing)
LoudVoice [Busetta], SAM [Tambe], ergonomie [Pavard], réseaux...

Écoute flottante

- Communications « à la cantonade. »
- L'émetteur ne connaît pas les récepteurs (pas tous).
- Modes d'interaction opportunistes.

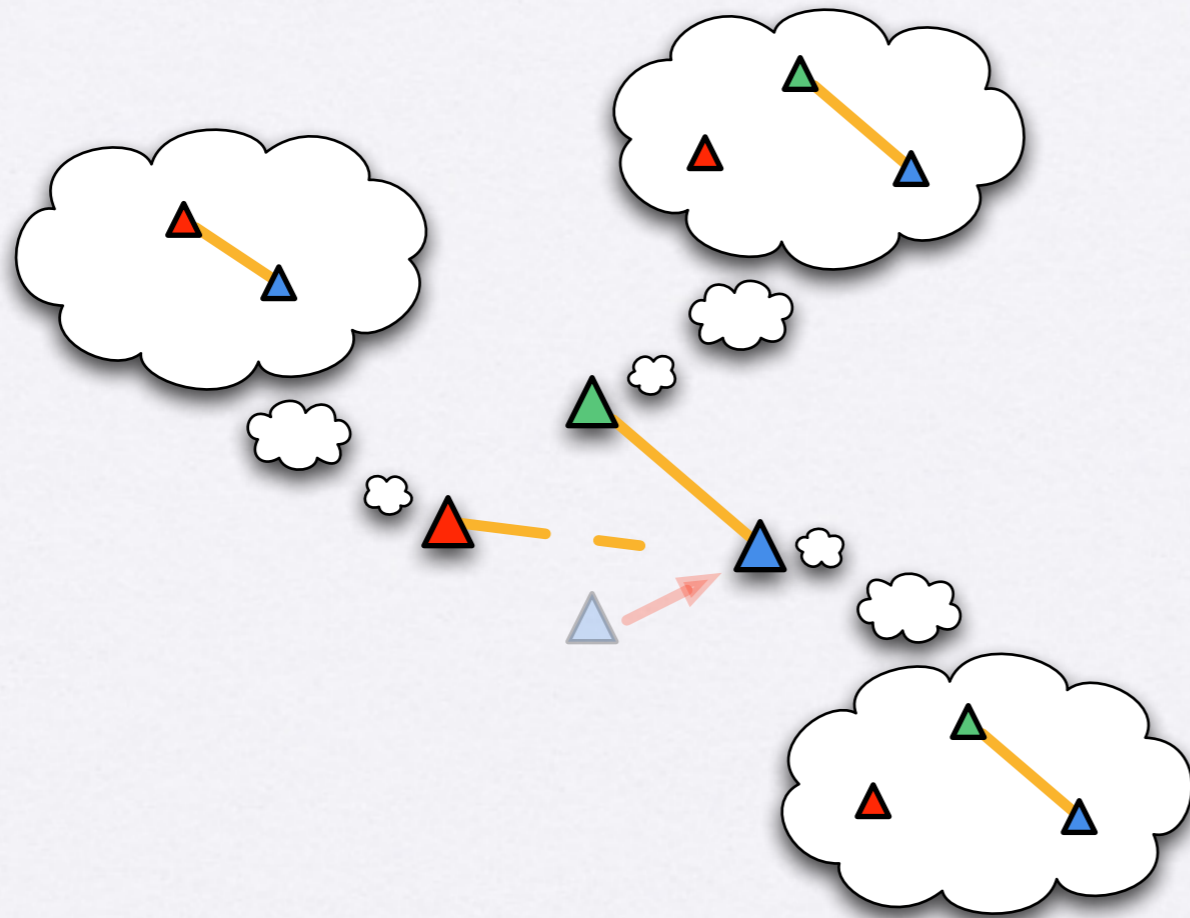


Exemple



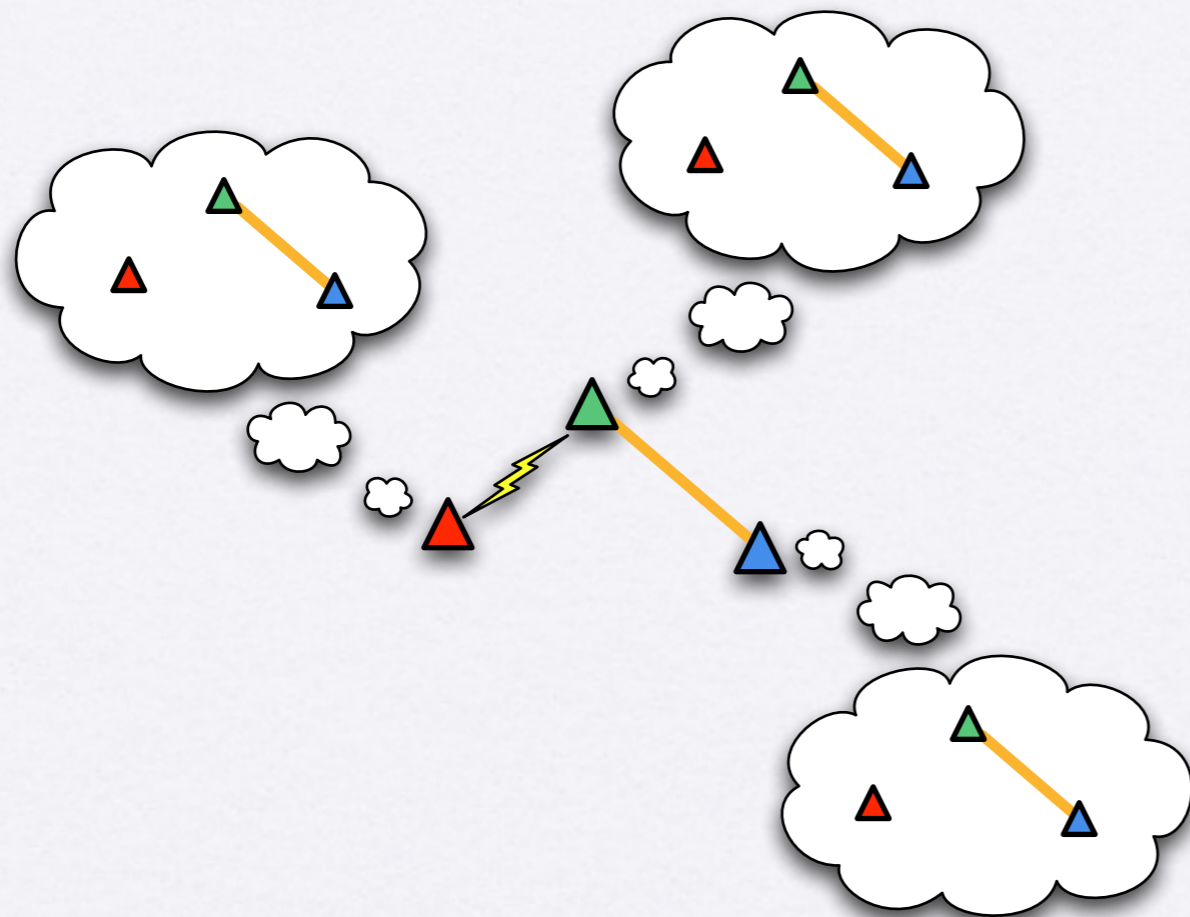
- 3 agents **R**, **V** et **B**.
- **R** et **B** collaborent.
- Les représentations sont cohérentes.

Exemple



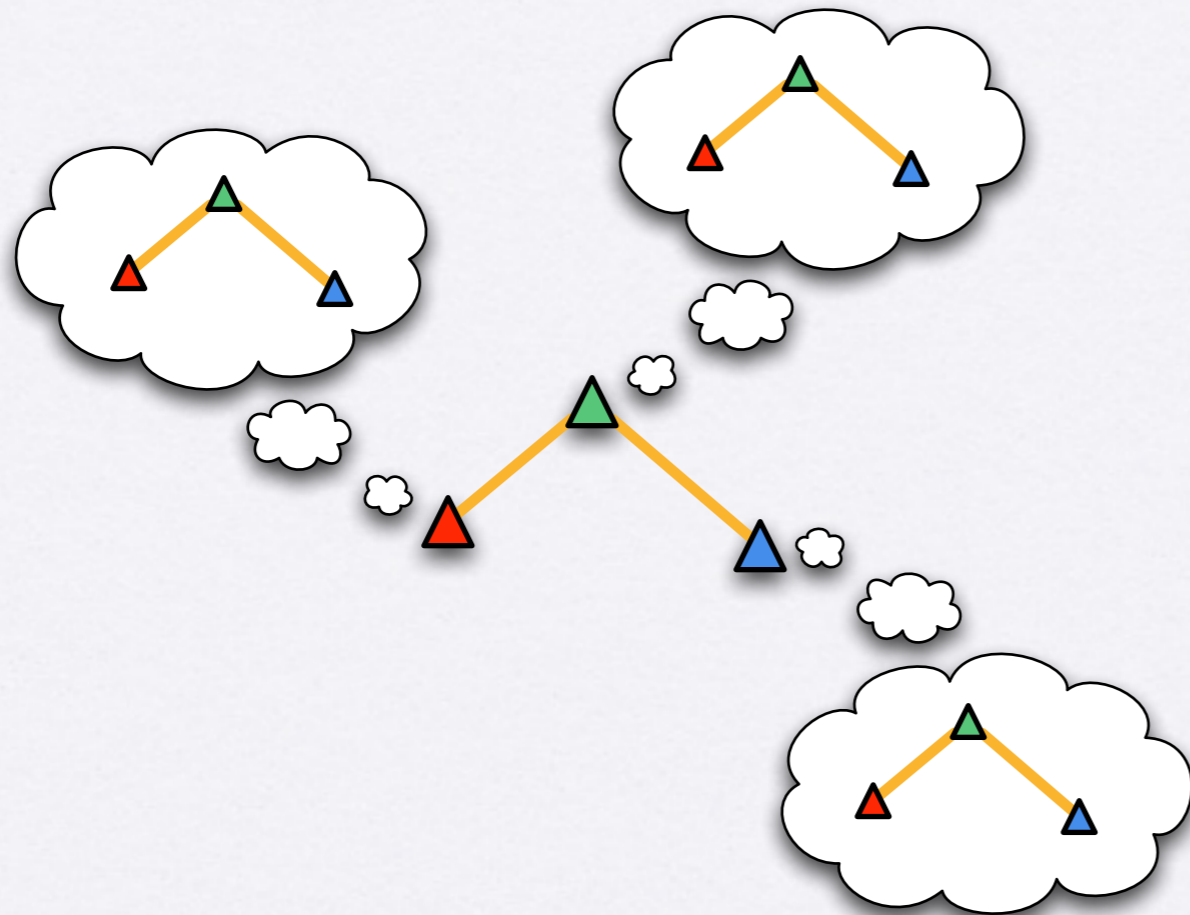
- **B** se déplace, ne collabore plus avec **R** mais avec **V**.
- **R** n'est pas au courant du changement.
- Les représentations sont incohérentes.

Exemple



- **B** ne peut pas communiquer avec **R**.
- Mais **V** peut prendre cette initiative.
- Les représentations redeviennent cohérentes.

Exemple

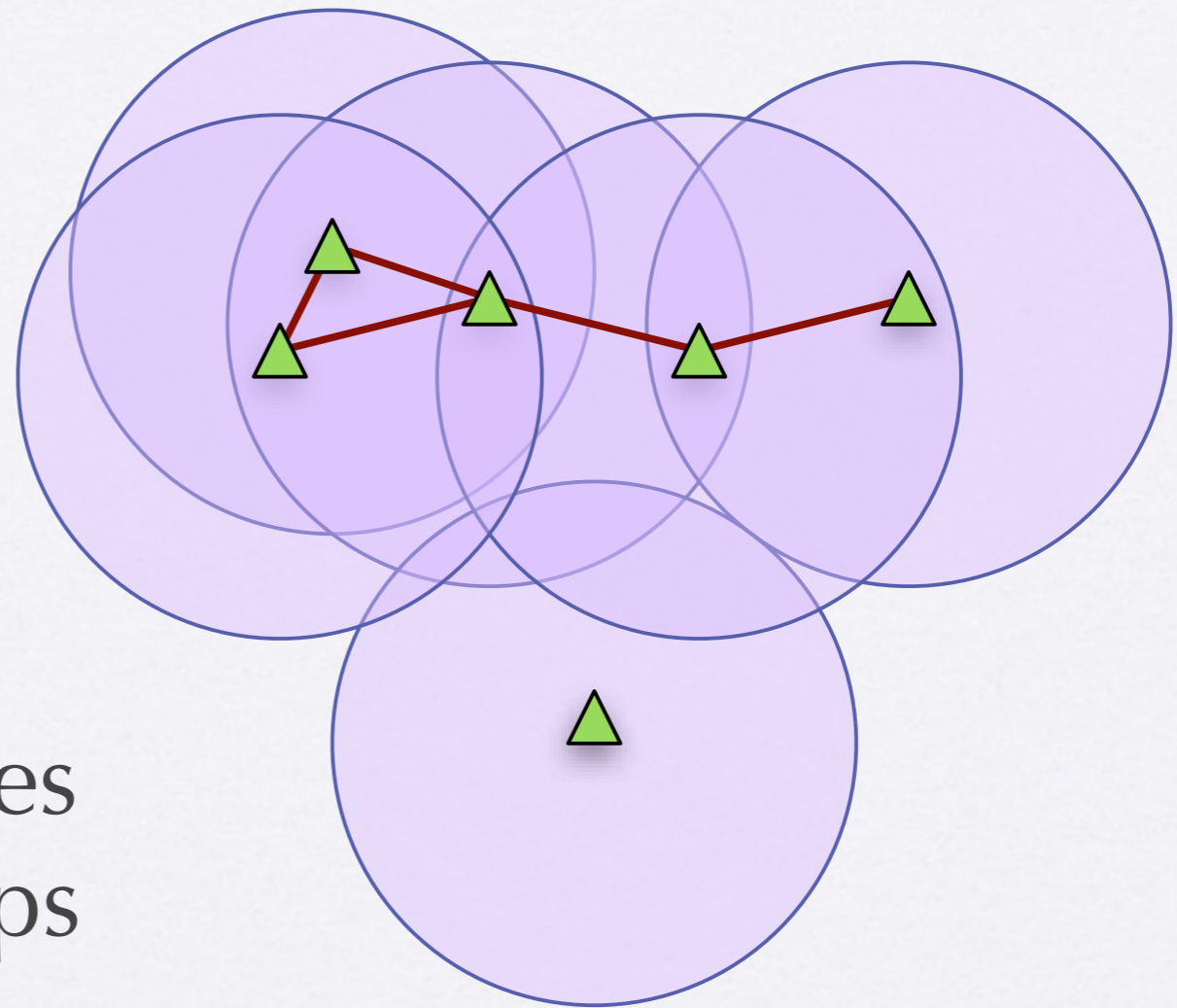


- Et enfin, **R** peut en profiter pour coopérer avec **V**.

Modèle en étoile

Communications locales

- Portée limitée, superposition de fréquences...
- Dynamiques et imprévisibles...
- Mais stables sur des intervalles de temps (courts).



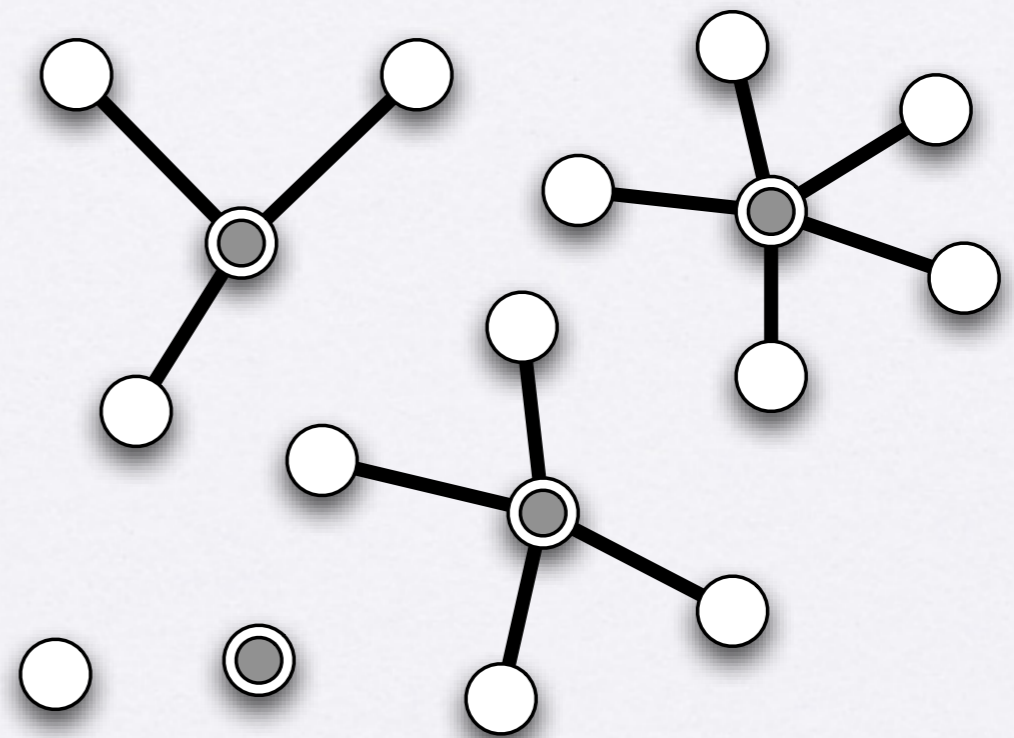
Modèle en étoile

Un cadre qui permet aux agents de :

- Former localement des groupes pouvant coopérer.
- Faire évoluer ces groupes en fonction des conditions de communication.

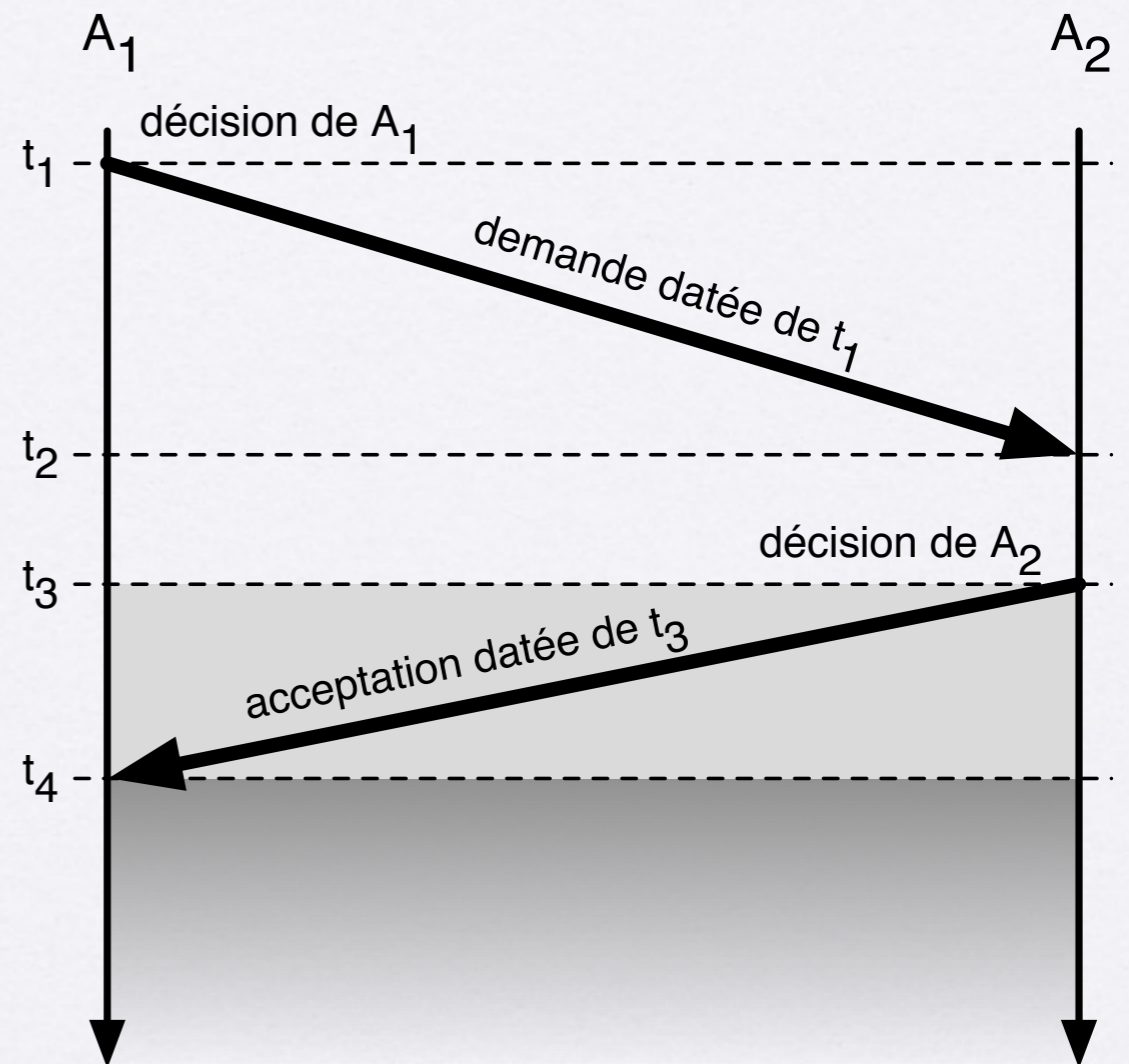
Groupes en étoiles

- Un leader en est à l'origine.
- Un agent appartient au plus à un groupe.
- Leader et membre doivent être d'accord.



Aspect temporel

- A_1 se réfère à t_3 .
- A_2 se réfère à t_1 .
- Leur croyance commune est fondée sur le passé.



Désirs, croyances...

- On identifie un groupe par son leader et sa date de création : $[A_L, t_0]$.
- Désir (exemple) : $D_{A_i}(A_i \in [A_L, t_0]^t)$.
- Le leader le sait : $K_{A_L} D_{A_i}(A_i \in [A_L, t_0]^t)$.
- Un agent y croit : $B_{A_j}(A_i \in [A_L, t_0]^t)$.

Note : $K_{A_i} \varphi \supset \varphi$.

Formation des croyances

Formation des connaissances :

$$K_{A_L} D_{A_i} (A_i \in [A_L, t_0]^t) \\ \wedge D_{A_L} (A_i \in [A_L, t_0]^t) \supset K_{A_L} (A_i \in [A_L, t_0]^t)$$

Formation des croyances :

$$K_{A_j} (A_i \in [A_L, t_0]^t) \supset B_{A_j} (A_i \in [A_L, t_0]^{t'}), \quad t' > t$$

Exploitation du modèle

Langage

- Les agents doivent pouvoir communiquer « à propos » des groupes.
- Ils forment des attitudes envers les groupes.
- La sémantique du langage permet de traduire les messages en informations de type croyance, connaissance ou désir.

Attitudes propositionnelles (AP)

- Sujet : un agent A_e .
- Date d'émission : T_e .
- Attitude : parmi AFF, BEL, JOIN, CHK, BRK et QUIT.
- Contenu propositionnel : un groupe $[A_L, T_L]$ et sa composition $\{(A_j, d_j), \dots\}$.

$$AP(A_e, T_e, [A_L, T_L], \{(A_j, d_j), \dots\})$$

Types d'AP

AFF (leader) : créer ou décrire un groupe.

BEL : décrire un groupe.

JOIN : demander à rejoindre un groupe.

CHK : demander de l'information sur un groupe.

BRK (leader) : dissoudre un groupe.

QUIT : quitter un groupe.

Suivi d'organisation

L'ensemble des messages reçus permet à un agent de construire sa représentation de l'organisation de l'équipe.

- Chaque agent de l'équipe doit être suivi.
- Approche globale.
- Approche incrémentale.

Algorithme

- Mise à jour incrémentale d'une structure de donnée :

$$(\gamma_j, D_j, \{\bar{D}_j^1, \bar{D}_j^2 \dots \bar{D}_j^N\})$$

- Insensible à l'ordre d'arrivée des messages.
- Temps et mémoire constants.

Mécanisme global

À partir des informations $\mathcal{I}(A_k, t)$, A_k détermine sa croyance sur A_j .

$$\gamma_j = \arg \max_{\gamma} \{d \mid (A_j \in \gamma^d) \in \mathcal{I}(A_k, t)\}$$

$$D_j = \max_{\gamma} \{d \mid (A_j \in \gamma^d) \in \mathcal{I}(A_k, t)\}$$

$$\bar{D}_j^{\gamma_j} = \max_{\gamma} \{d \mid (A_j \notin \gamma_j^d) \in \mathcal{I}(A_k, t)\}$$

Si $D_j \geq \bar{D}_j^{\gamma_j}$ alors $K_{A_k}(A_j \in \gamma_j^{D_j}) \supset B_{A_k}(A_j \in \gamma_j^t)$

Sinon $B_{A_k}(A_j \in \emptyset^t)$

Mécanisme incrémental

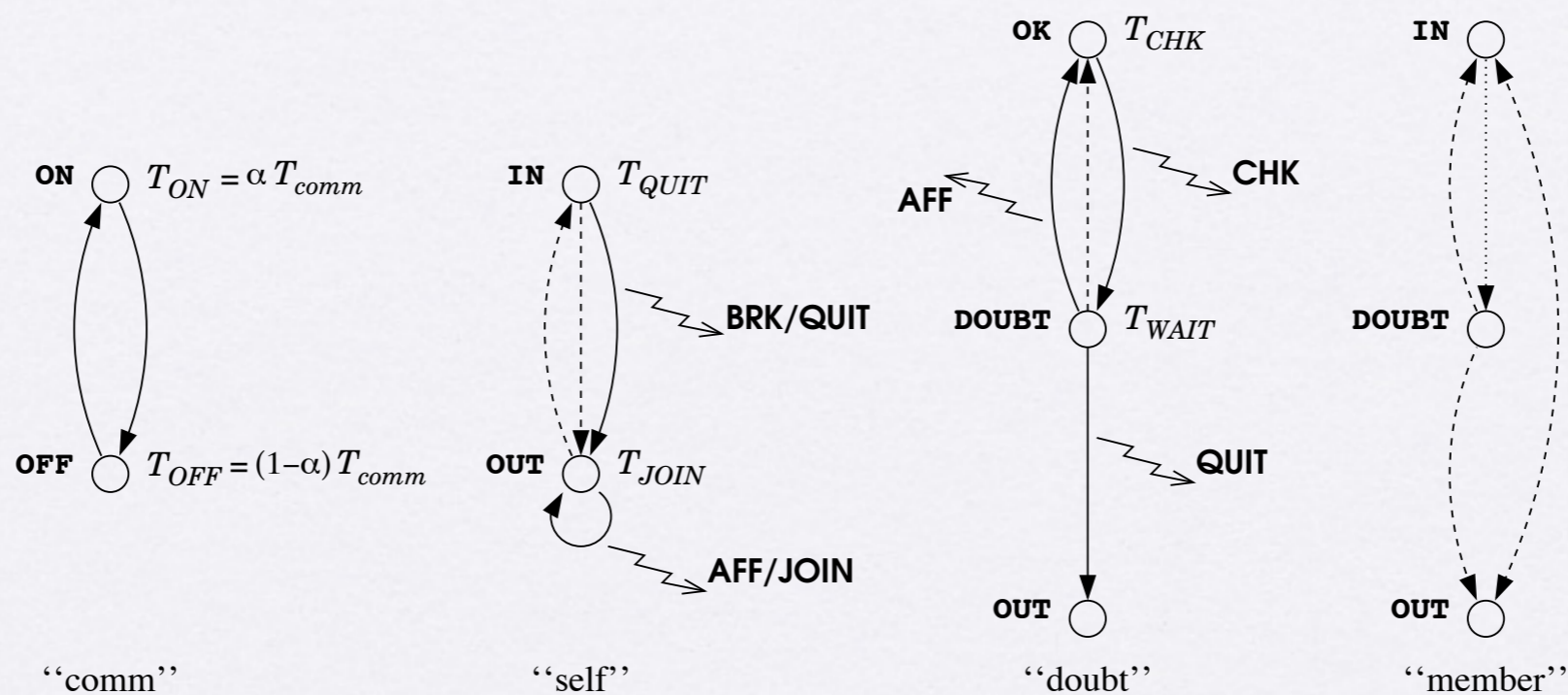
1. Si $T > T_L$ alors $T_L \leftarrow T$ et $\bar{D}_j^L \leftarrow T$.
2. Si info. $A_j \in [A_L, T]^d$ et $d > D_j$
alors $\gamma_j \leftarrow [A_L, T]$ et $D_j \leftarrow d$.
3. Si info. $A_j \notin [A_L, T]^d$ et $d > \bar{D}_j^L$ et $T = T_L$
alors $\bar{D}_j^L \leftarrow d$.

Simulations

OTTO

OTTO

- Organizing Teams Through Overhearing.
- Étudier le comportement du modèle.
- Agents modélisés par des machines à états.



Paramètres

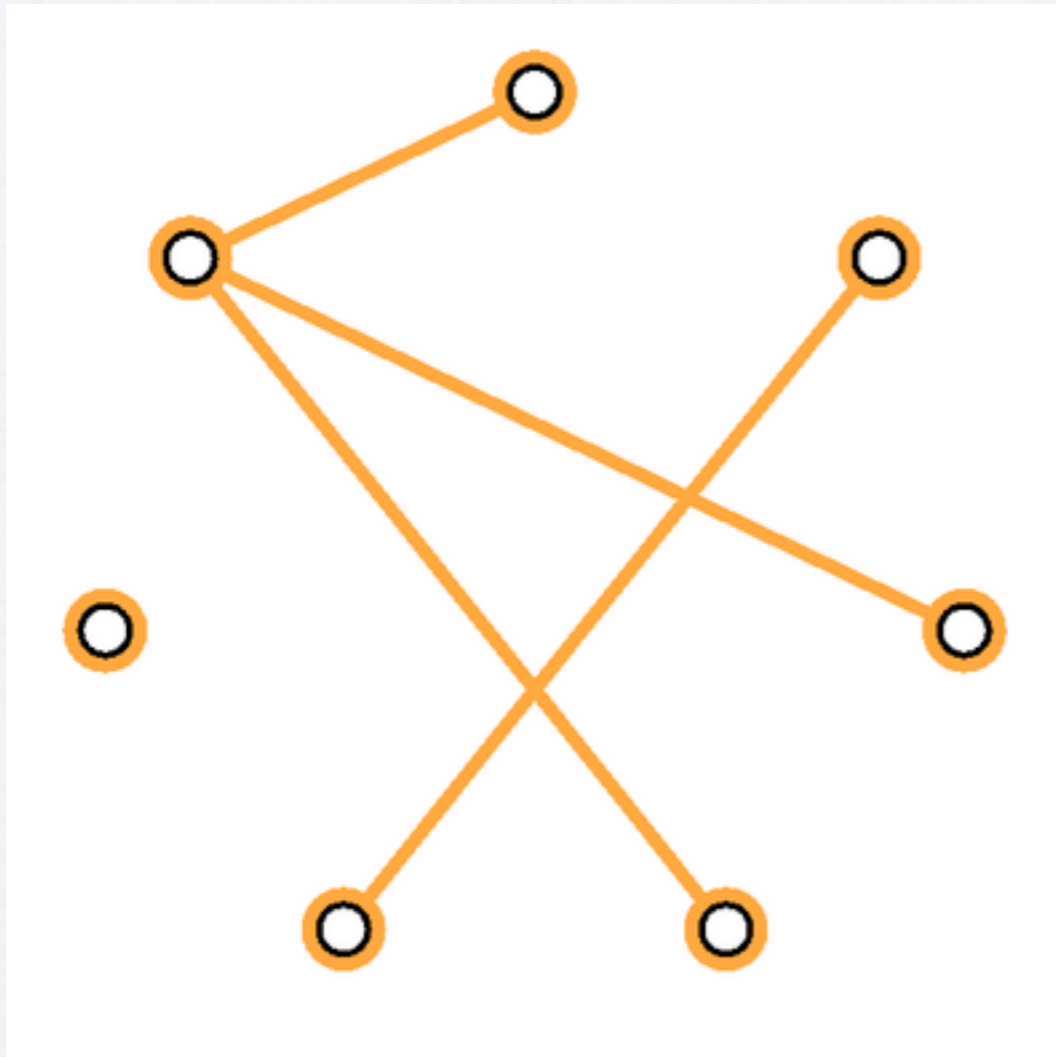
- Communication (fiabilité et stabilité).
- Nombre d'agents.
- Fréquence des vérifications.

Paramètre	Nom	Valeur par défaut	Plage
Fiabilité des communications	α	0,5	0,05 – 0,95
Stabilité des communications	T_{comm}	120s	1 – 1000s
Nombre d'agents	N	6	2 – 16
Période entre les tentatives de JOIN ou avant d'émettre un AFF	T_{JOIN}	5s	1 – 1000s
Temps passé dans un groupe avant d'émettre un QUIT / BRK	T_{QUIT}	360s	1 – 1000s
Périodicité des CHKs	T_{CHK}	30s	1 – 1000s
Rectification	<i>Rectify</i>	Oui	Oui – Non
Délai d'attente après un CHK	T_{WAIT}	2s	
Durée d'une simulation		7200s	

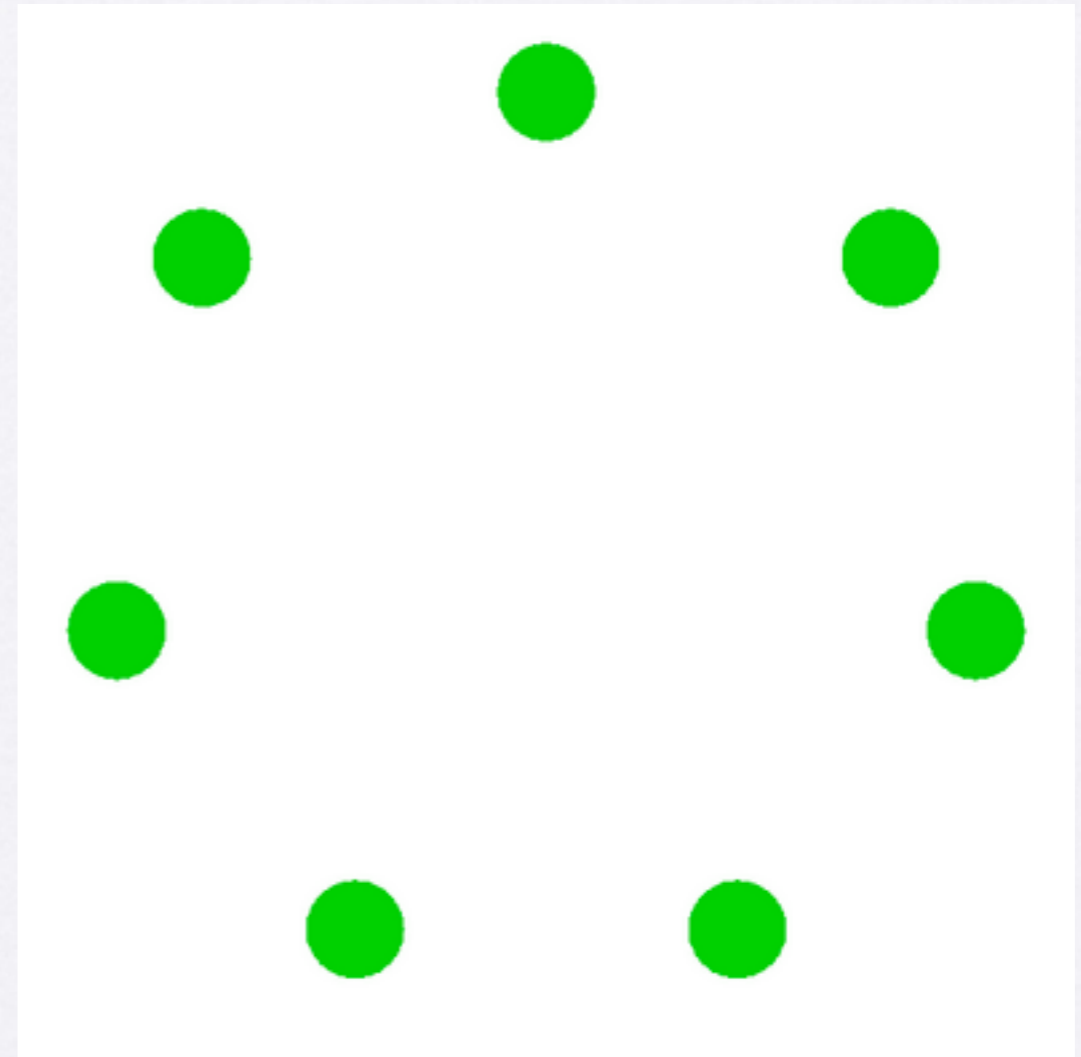
Mesures

- **Cohérence faible** : pas de « malentendu » dans l'équipe.
- **Cohérence forte** : cohérence faible + communication leader-membre.
- **Cohésion** : proportion d'agents simples membres.

Simulations

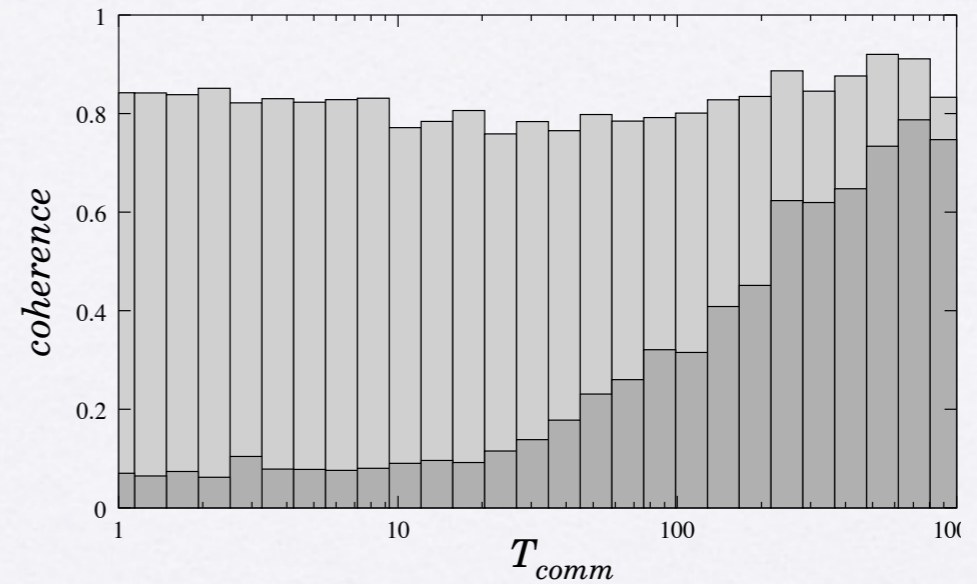
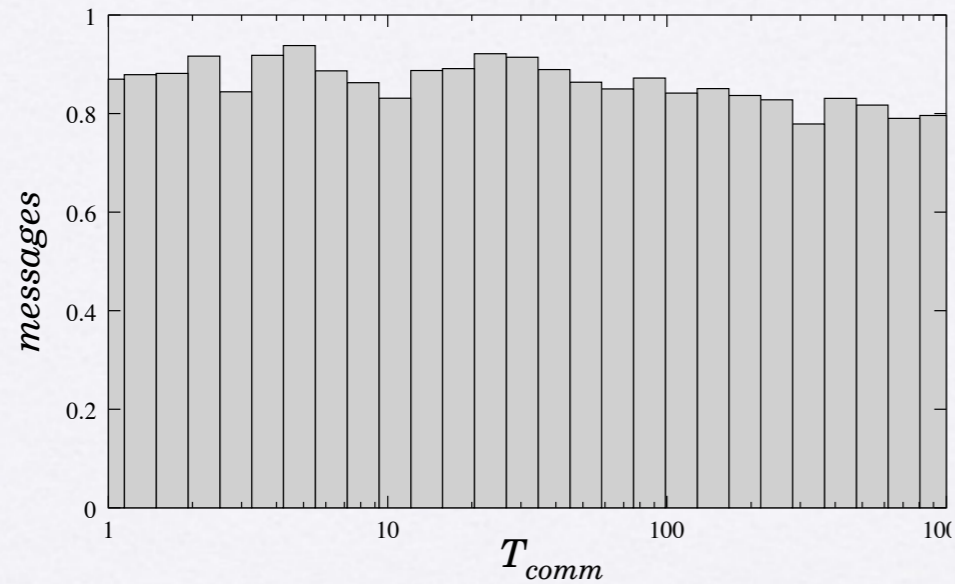


Possibilités de communication

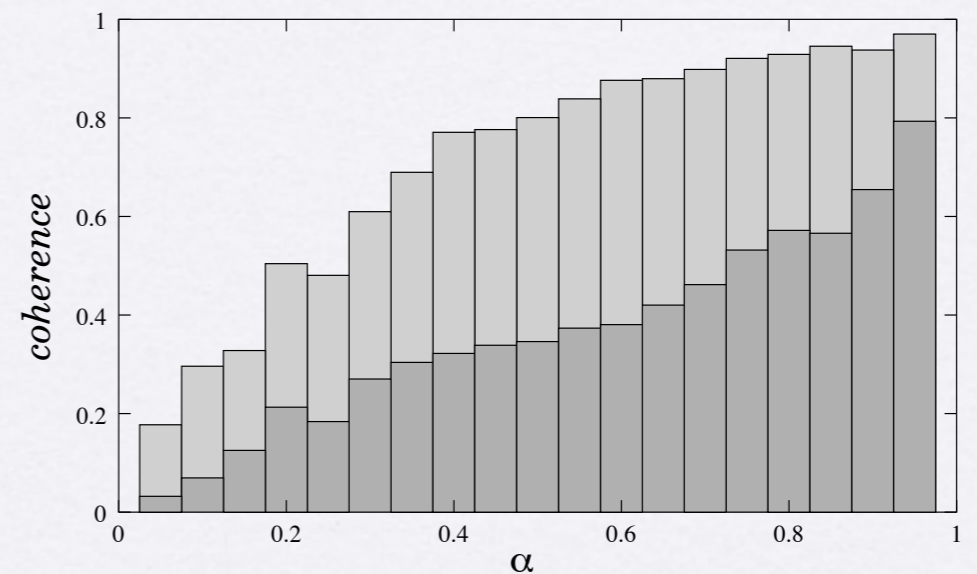
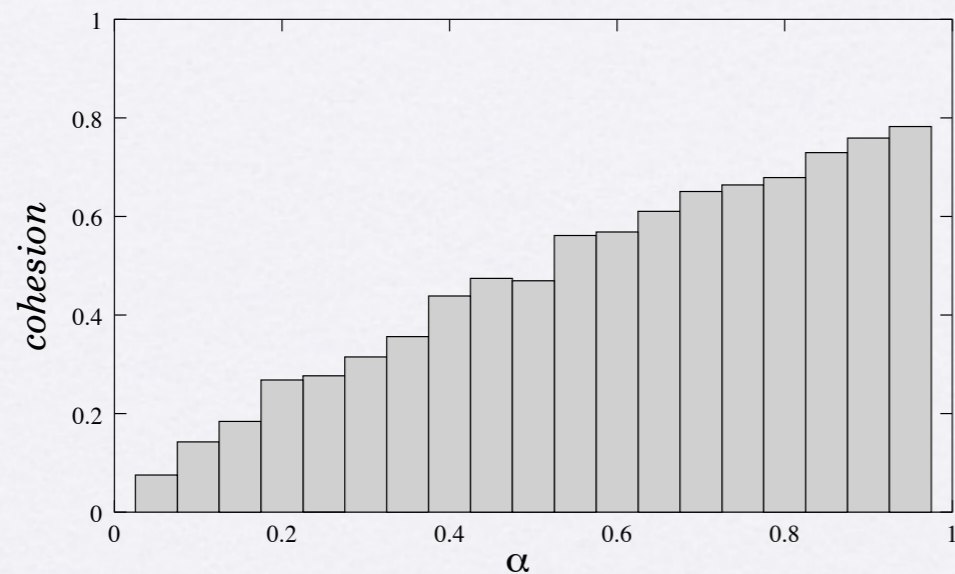


Évolution des groupes

Résultats - communication

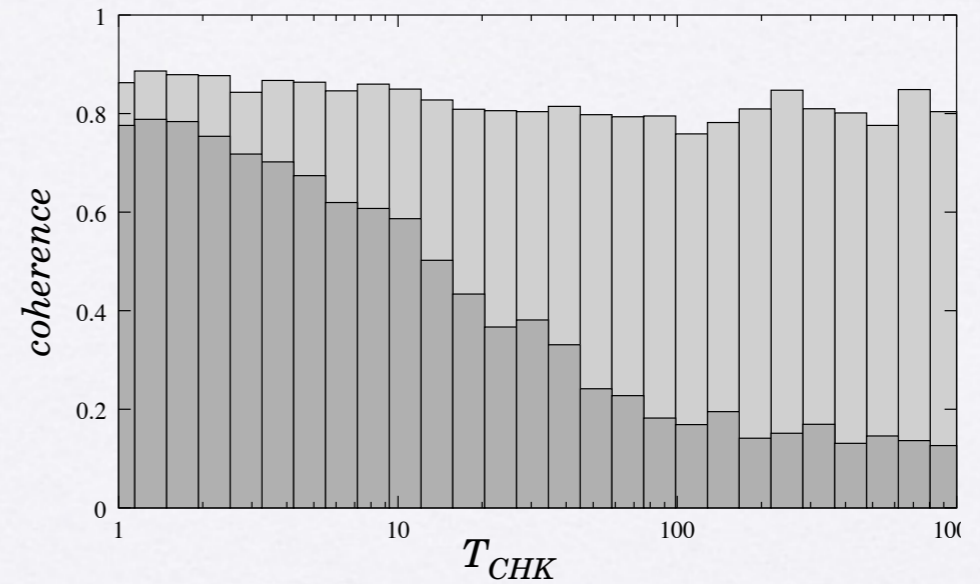
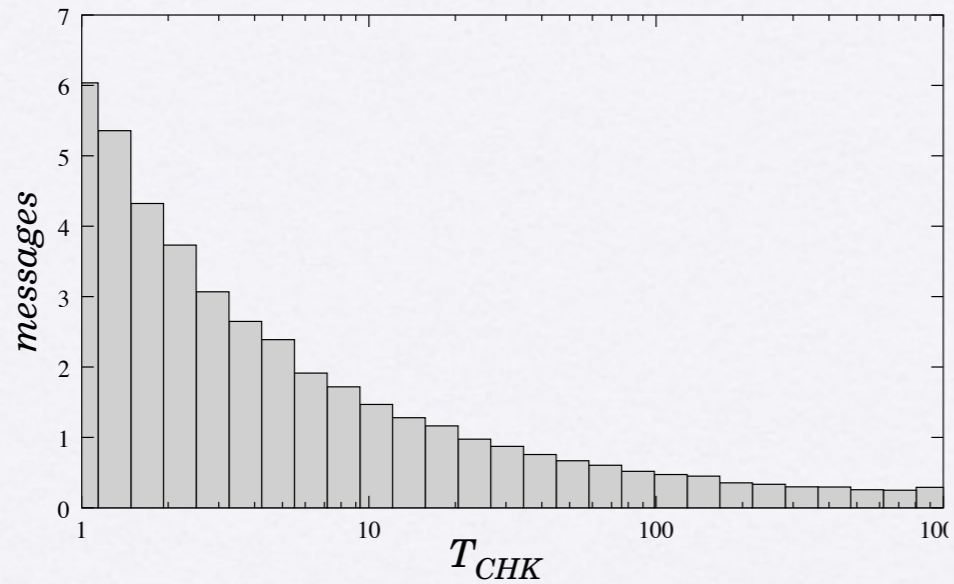


Stabilité des communications

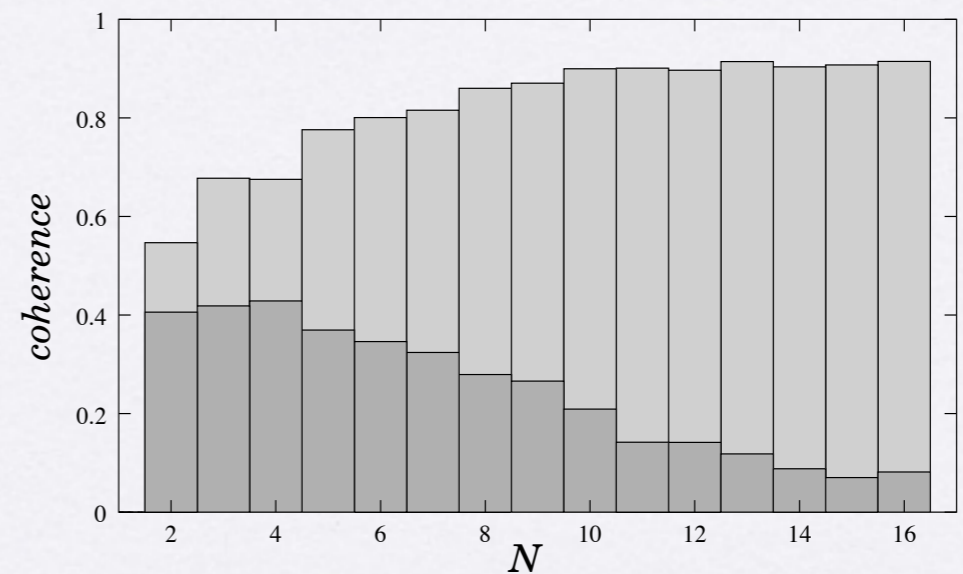
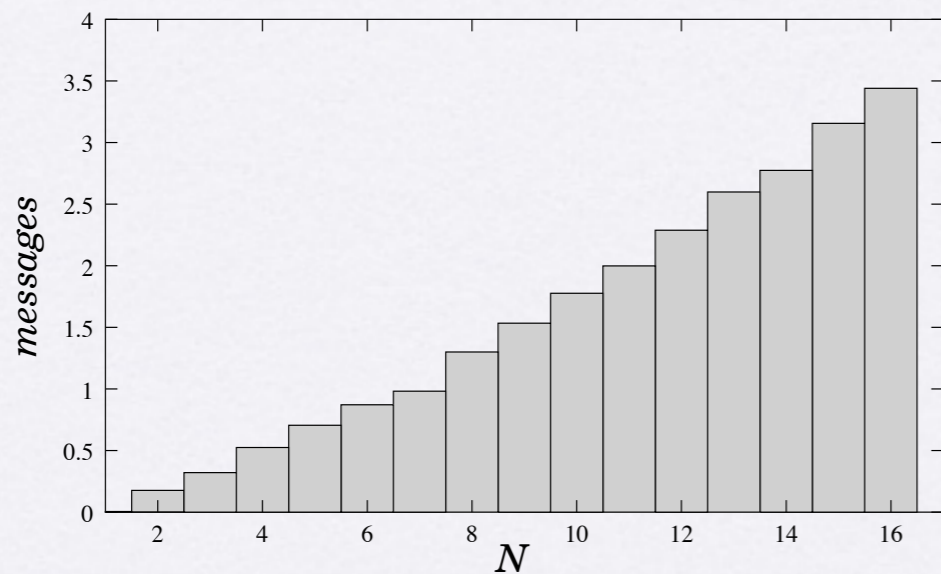


Fiabilité des communications

Résultats - suite



Fréquence des vérifications

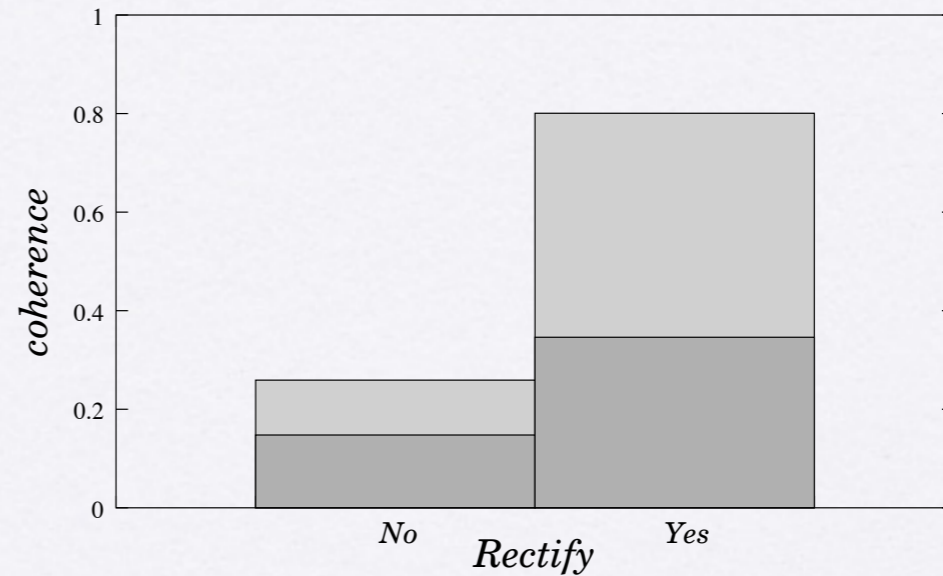
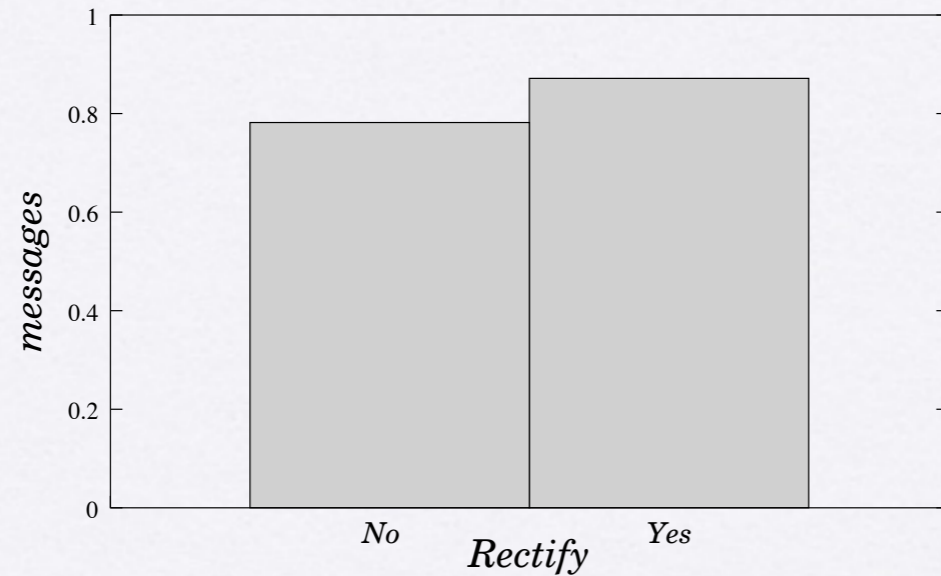


Nombre d'agents

Rectification

- Ne fait pas partie du modèle en étoile car liée aux processus de décision des agents.
- La comparaison des dates permet de départager des informations contradictoires.
- S'il reçoit une information qu'il juge fausse, un agent émet un BEL/AFF correctif.

Rectification - résultats



- Amélioration conséquente des cohérences forte et faible.
- Coût très faible en nombre de messages.

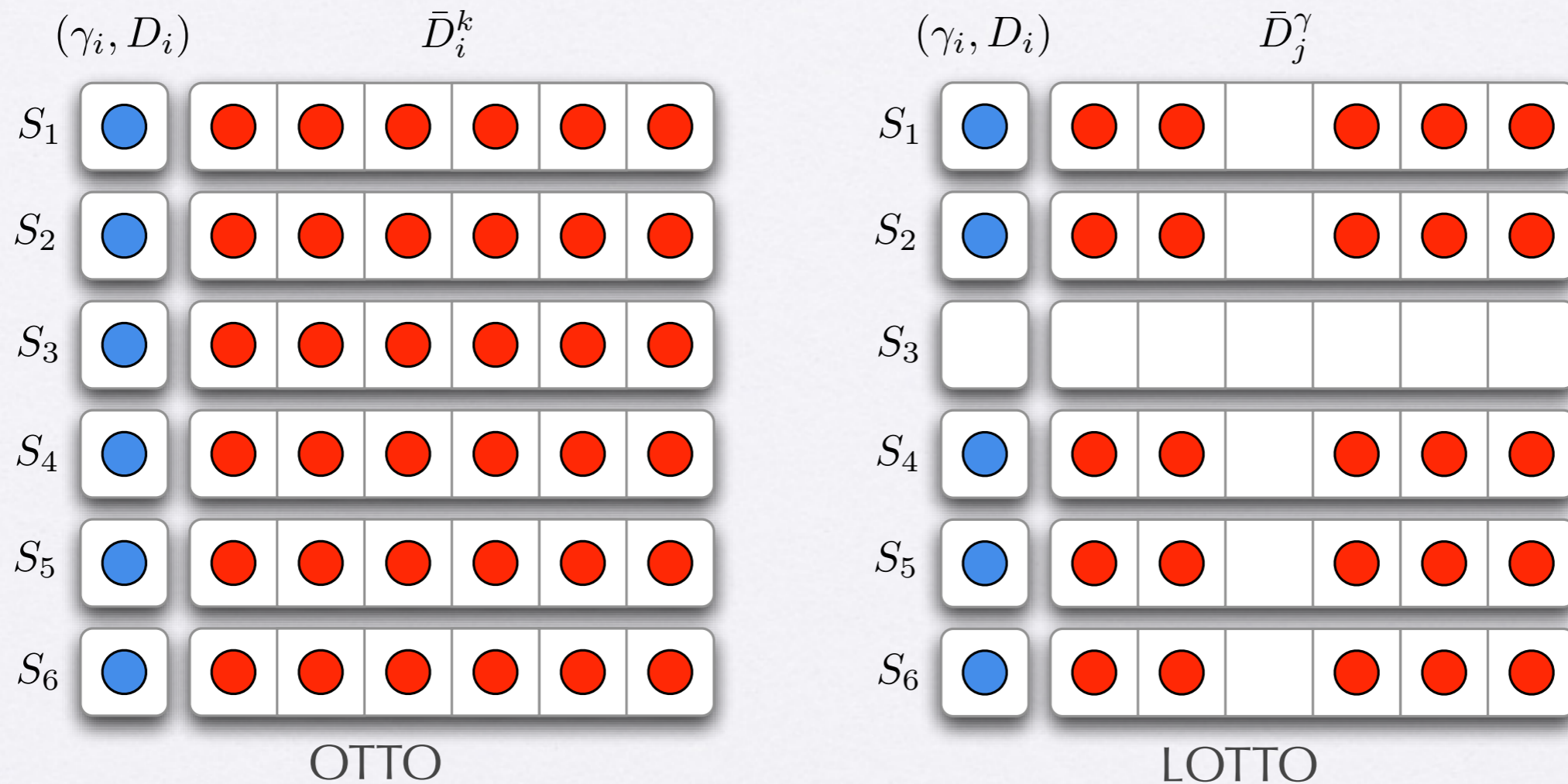
Simulations

LOTTO

LOTTO

- Large team - OTTO.
- L'espace mémoire croît avec le carré de la taille de l'équipe car on suit chaque agent.
- Limiter l'utilisation de la mémoire ?

Gestion de la mémoire



L'espace mémoire varie avec le carré de la proportion de l'équipe suivie dans LOTTO.

Classification des S_j

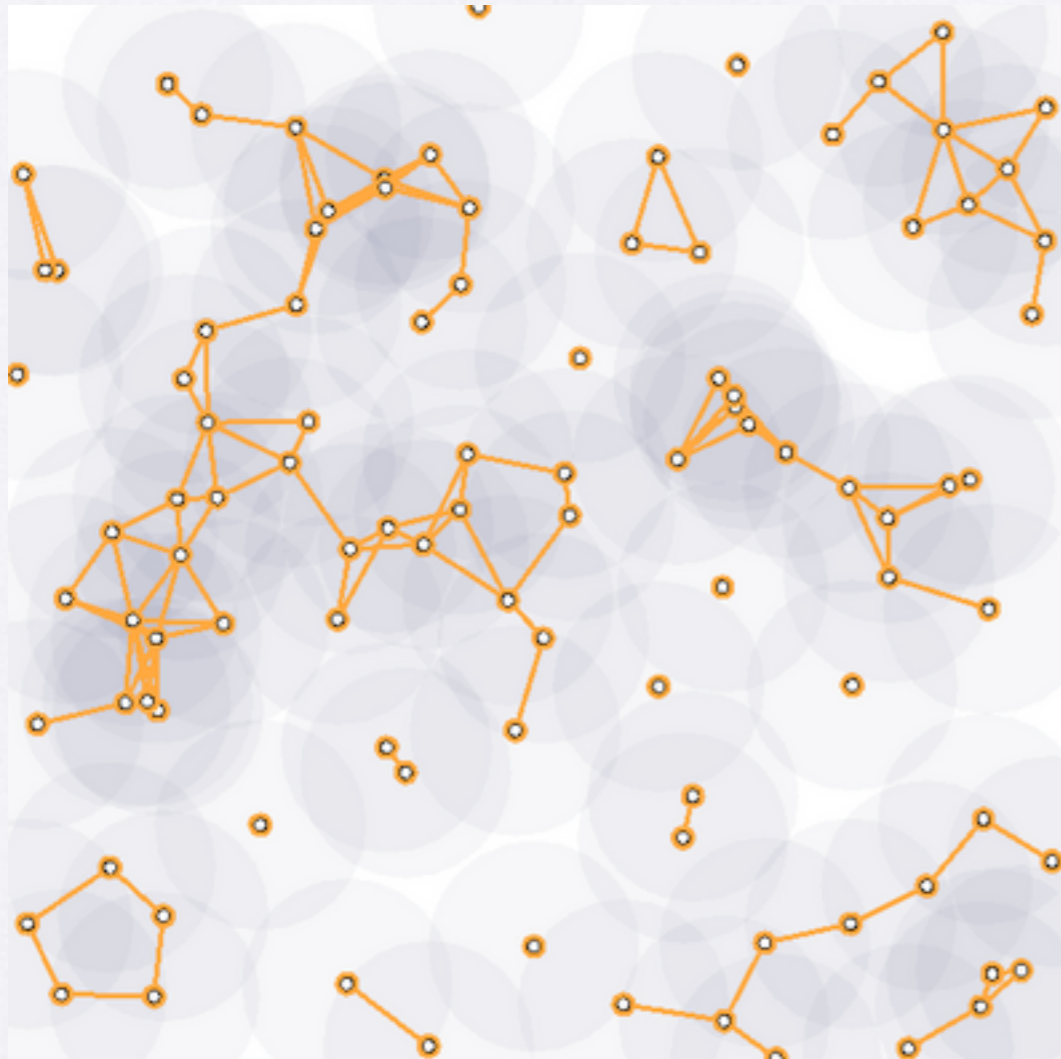
1. $\{S_i\}$, les informations sur A_i lui-même.
2. $\{S_j \mid \gamma_j = \gamma_i\}$, les autres membres du groupe de A_i .
3. $\{S_j \mid \text{lead}(\gamma_j) = A_j\}$, les leaders.
4. Le reste de l'équipe.

On dispose d'un préordre total sur les S_j .

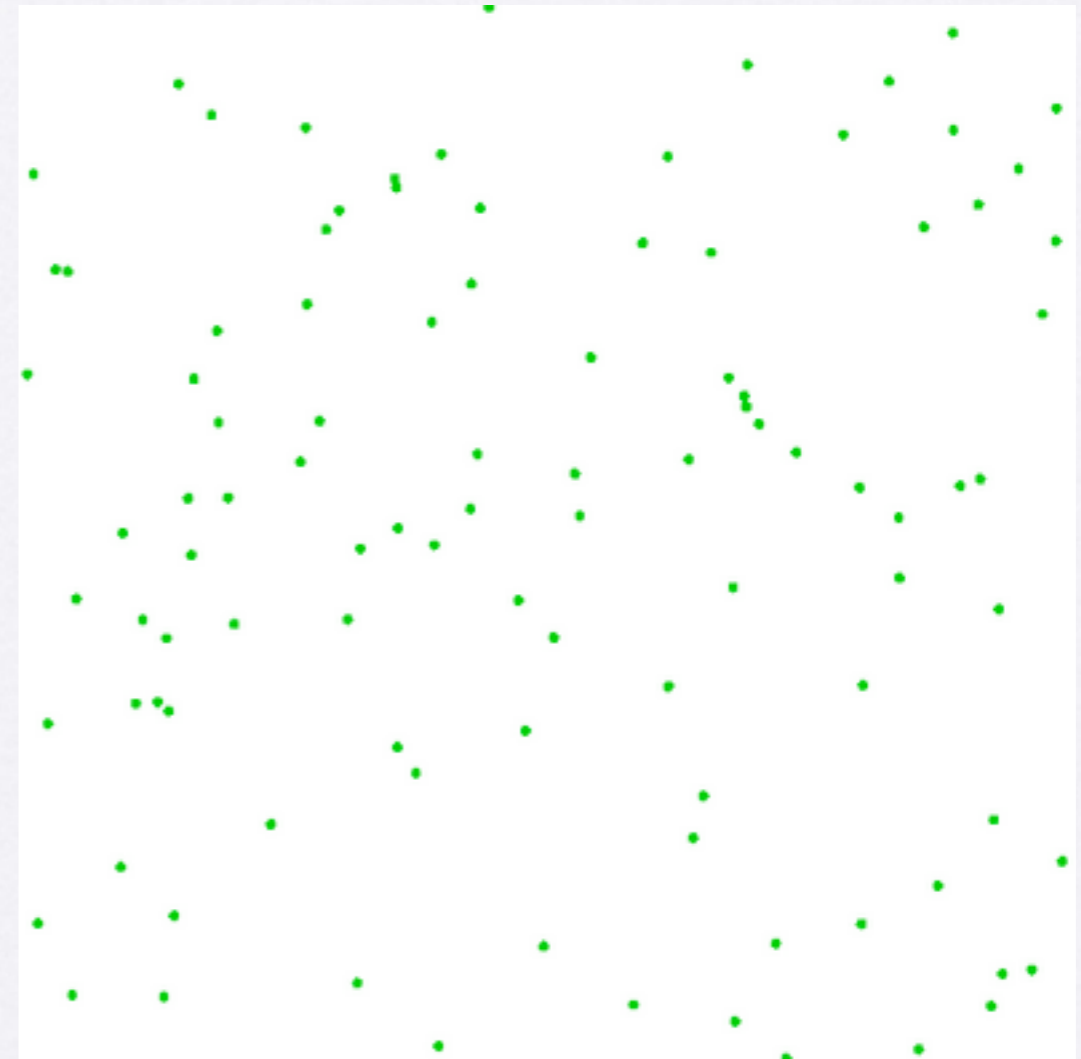
Paramètres et mesures

- Les mêmes agents que pour OTTO, mais se déplaçant dans un espace.
- Les possibilités de communication dépendent des déplacements des agents.
- On mesure la cohésion et le nombre d'incohérences.

Simulations

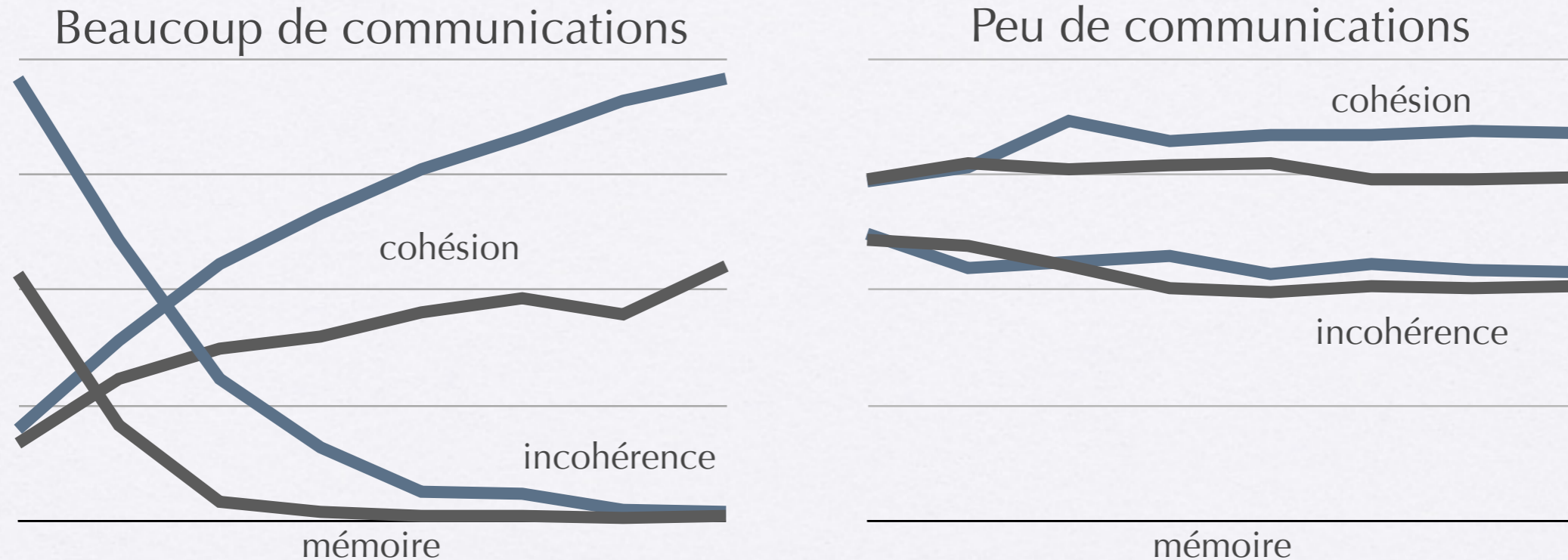


Possibilités de communication



Évolution des groupes

Résultats



- La limitation de mémoire est un problème s'il y a trop de possibilités de communication.
- En conditions « normales », il suffit de ne s'intéresser qu'à ses voisins.

Conclusion et perspectives

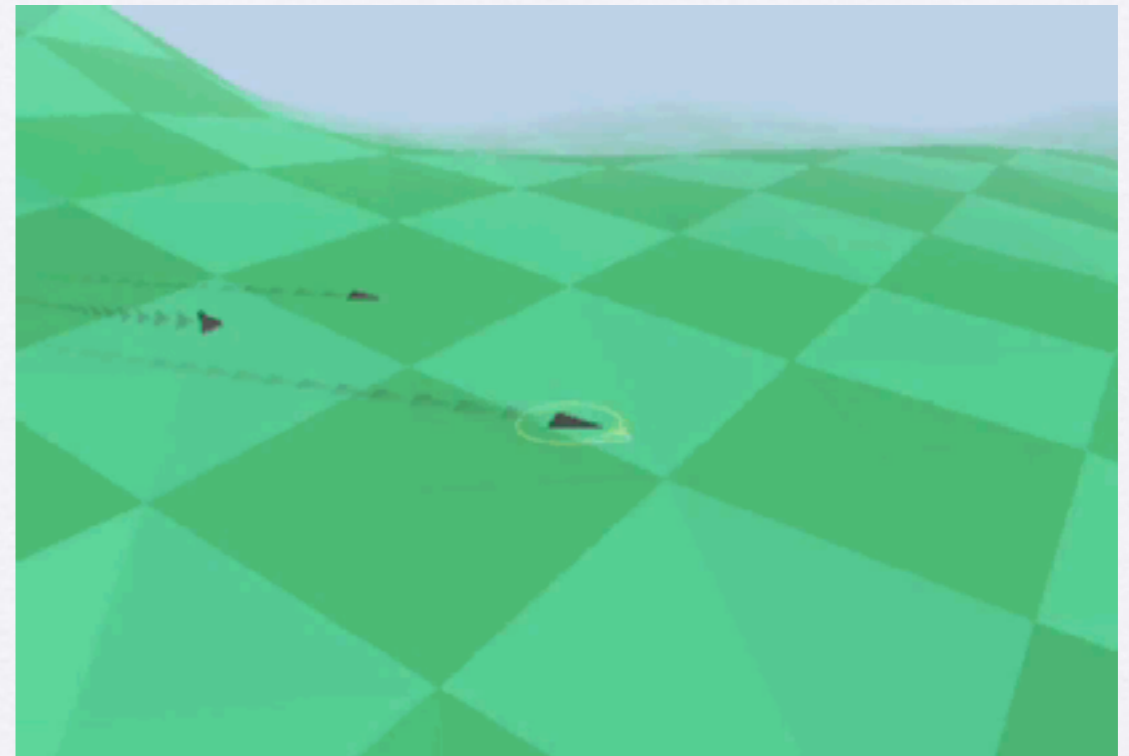
Conclusion

Le modèle en étoile fournit un cadre pour l'évolution de la structure d'une équipe.

- Il se fonde sur l'écoute flottante.
- Il permet d'adapter dynamiquement l'organisation aux communications.
- Il est accompagné d'outils (langage, mécanisme de mise à jour et algorithme).

Perspectives

- Utilisation pour des systèmes de drones ou d'engins terrestres autonomes.



Perspectives

- Utilisation pour des systèmes de drones ou d'engins terrestres autonomes.
- Lier le modèle à la notion d'engagement, et donc au futur.
- Étudier le lien avec la notion de co-présence.

Merci de
votre attention.