

Intelligence en essaim pour la distribution de simulations dans un écosystème computationnel

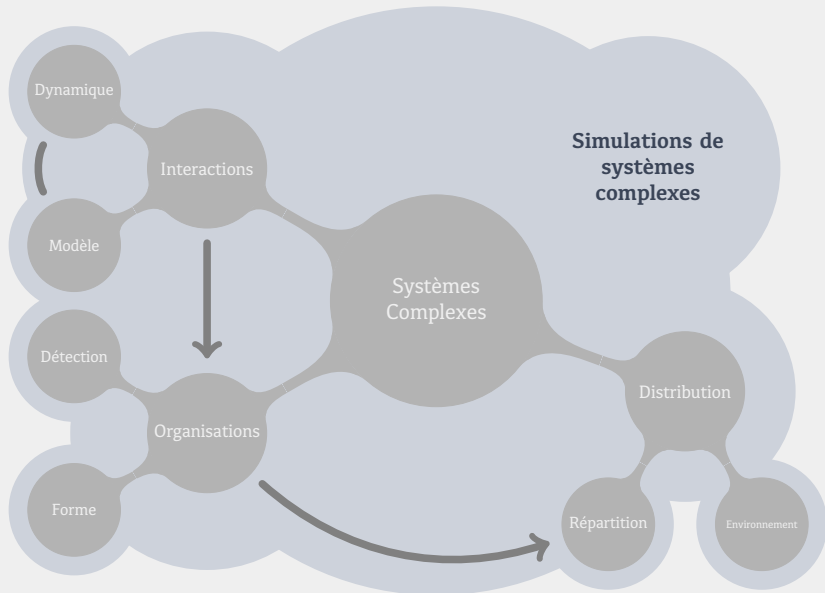
Guilhelm SAVIN

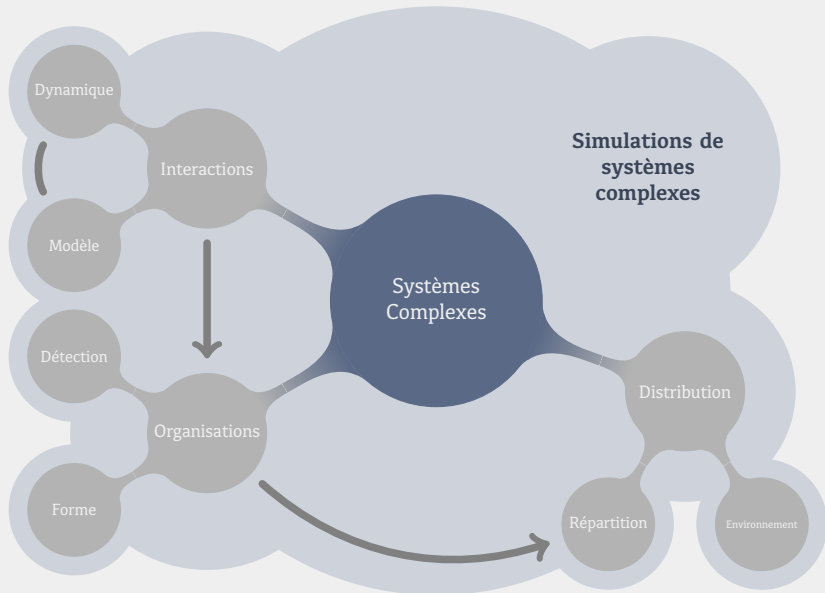
L.I.T.I.S.

Université du Havre

guilhelm.savin@litislab.fr

7 janvier 2014





Simulations de systèmes complexes

Systemes Complexes

```
graph TD; SC((Systemes Complexes)) --- I((Interactions)); SC --- O((Organisations)); SC --- D((Distribution)); SC --- R((Répartition)); I --- Dy((Dynamique)); I --- Mo((Modèle)); O --- De((Détection)); O --- Fo((Forme)); D --- Re((Répartition)); D --- En((Environnement)); I --> O; O -.-> R;
```

Dynamique

Interactions

Modèle

Détection

Organisations

Forme

Distribution

Répartition

Environnement

Simulations de systèmes complexes

Systemes Complexes

Dynamique

Interactions

Modèle

Détection

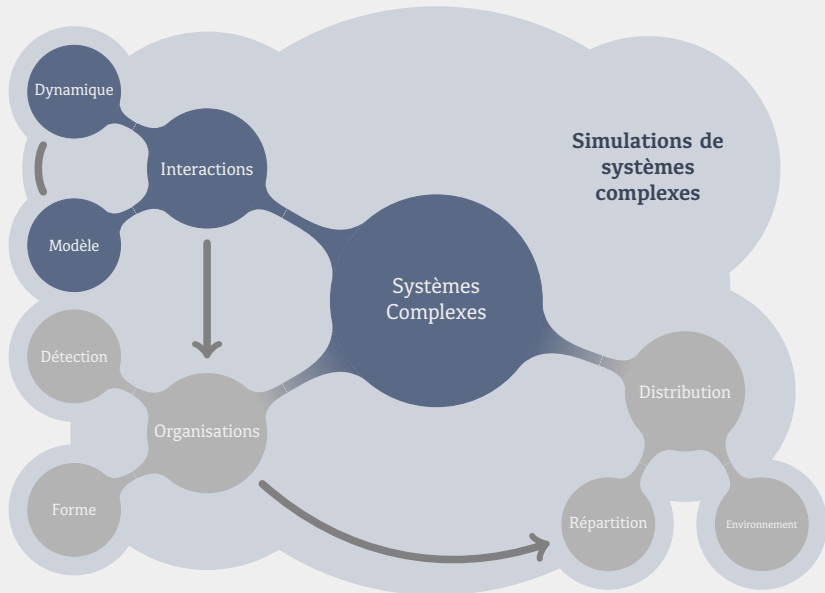
Organisations

Forme

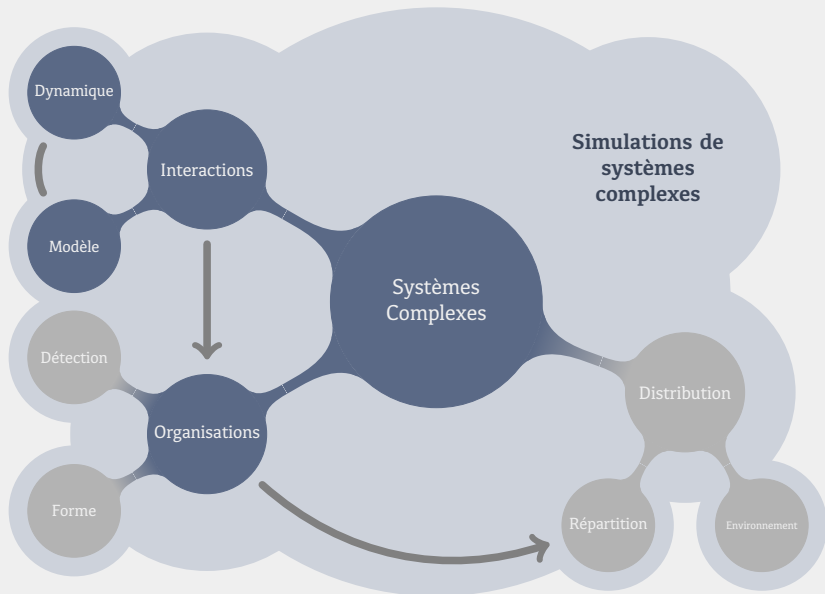
Distribution

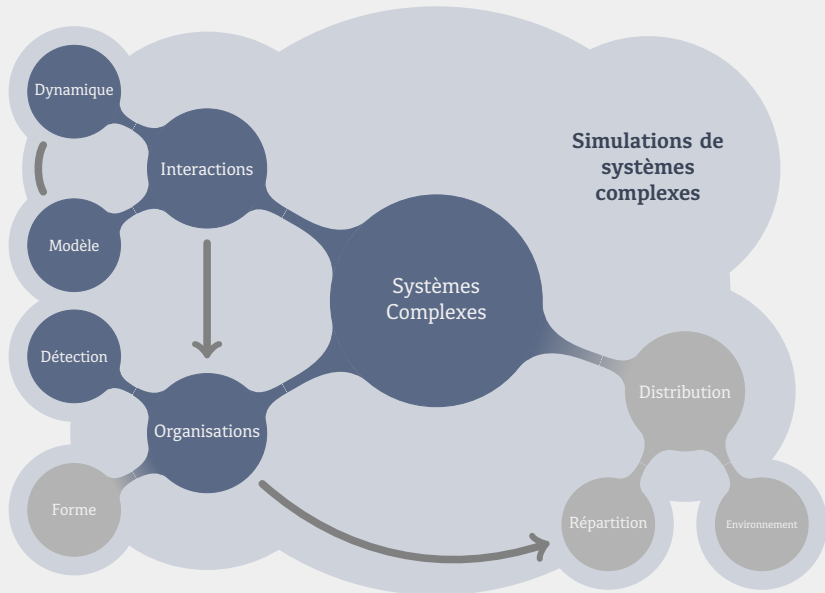
Répartition

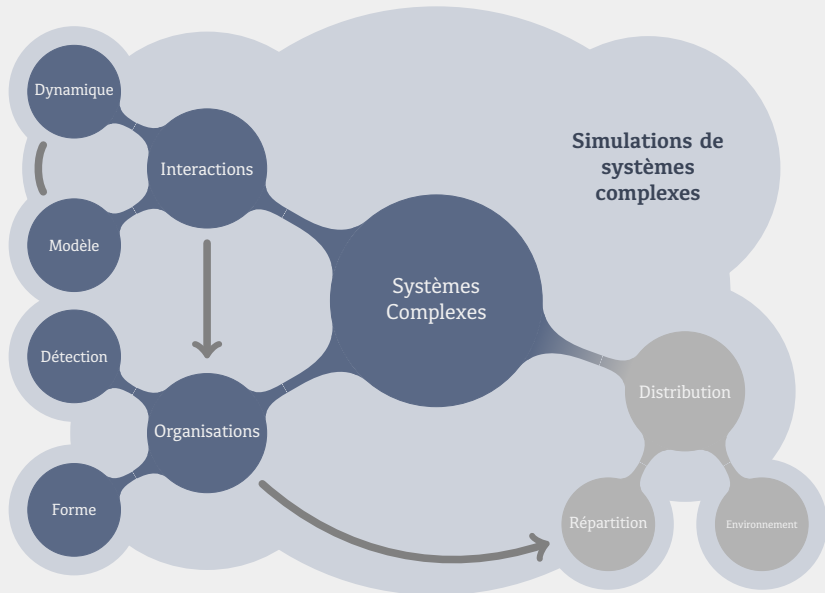
Environnement

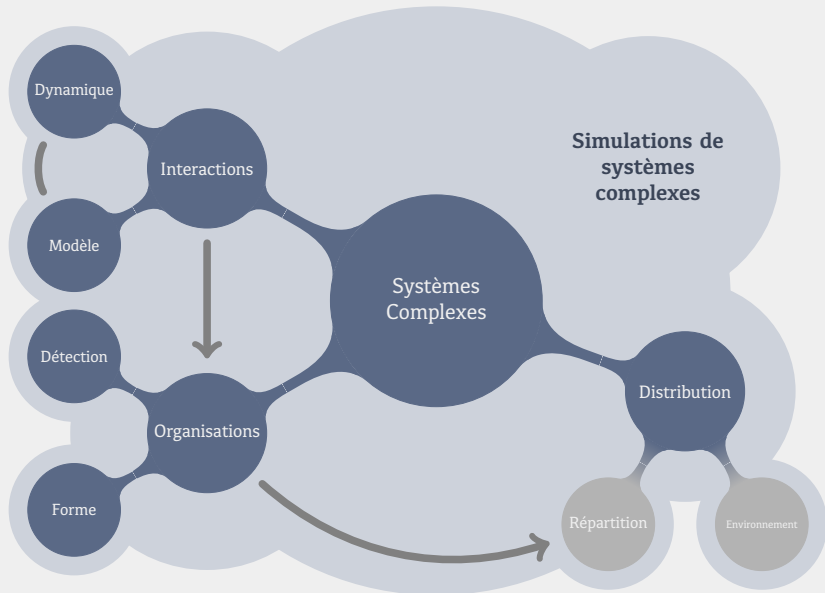


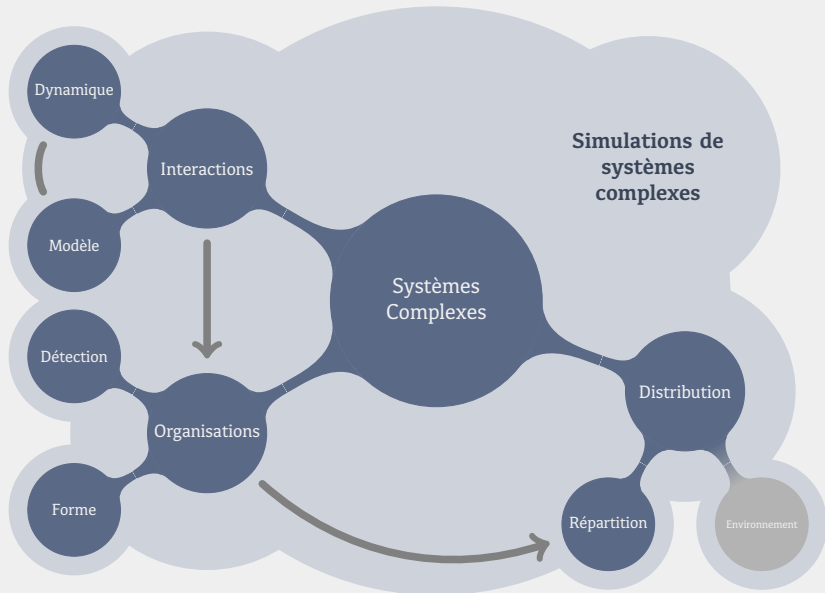
Simulations de systèmes complexes

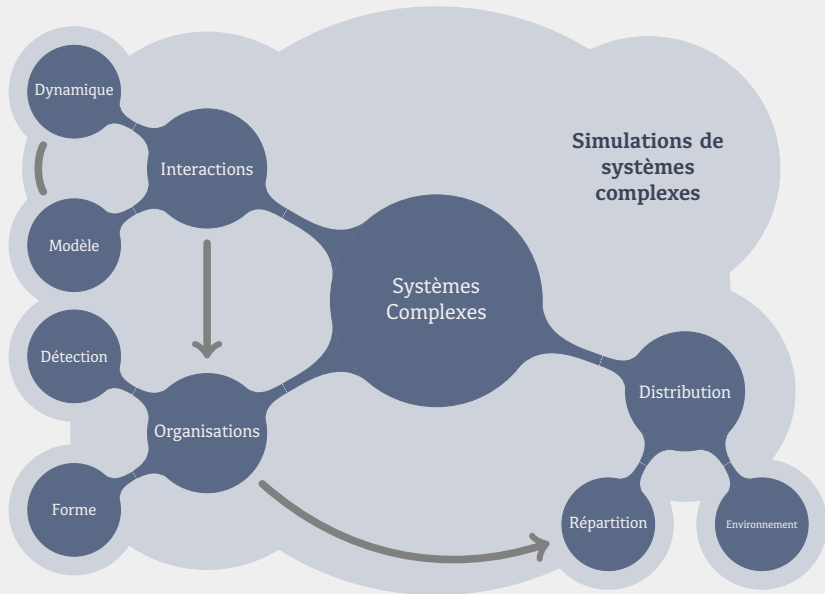












1 Il était une fois l'interaction

- Les systèmes
- Exemples
- Modélisation

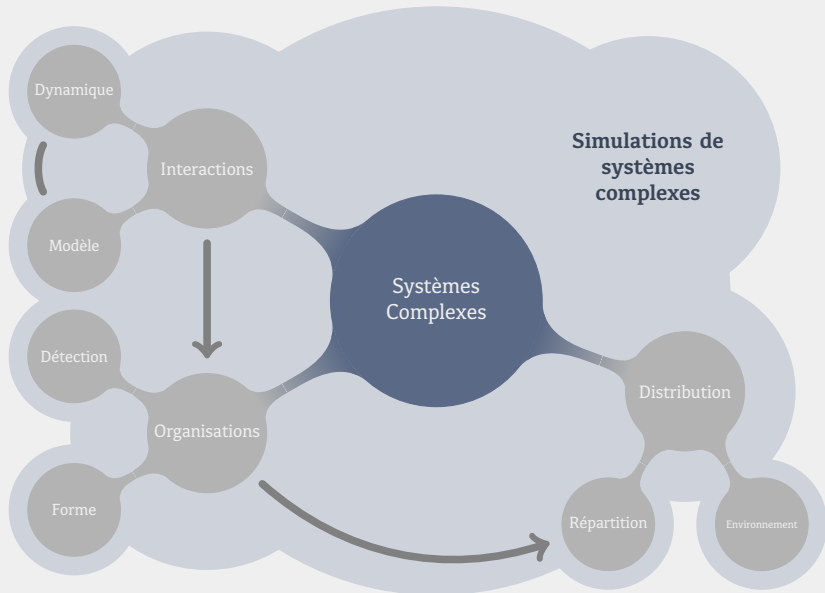
2 L'apparition d'un tout

- Structures
- Détection des organisations
- Amélioration de la robustesse

3 Distribution

- Architecture d'un système distribué
- Application à la répartition de charges
- Environnement de distribution

4 Conclusion



Systeme, interactions entre des entités

1. une délimitation
2. des entités
3. des interactions



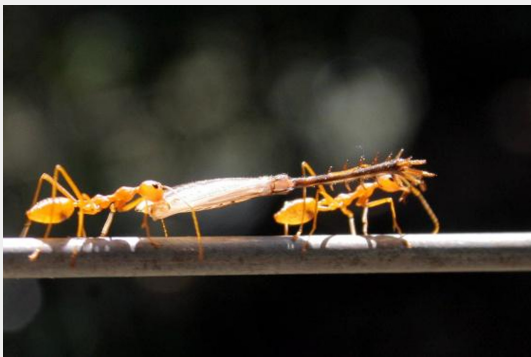
Systeme, interactions entre des entités

1. une délimitation
2. des entités
3. des interactions



Systeme, interactions entre des entités

1. une délimitation
2. des entités
3. des interactions



Systemes complexes

- forte quantité d'entités et d'interactions
- ouverture du système
- dynamique
- auto-organisation
- plusieurs niveaux de représentation

Monde du vivant

Oiseaux



Monde du vivant

Poissons



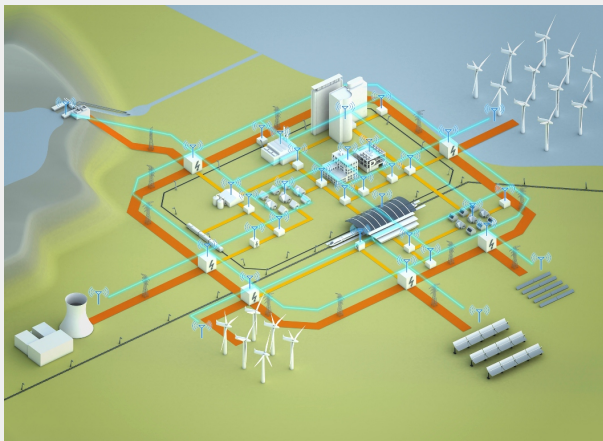
Monde du vivant

À toutes les échelles



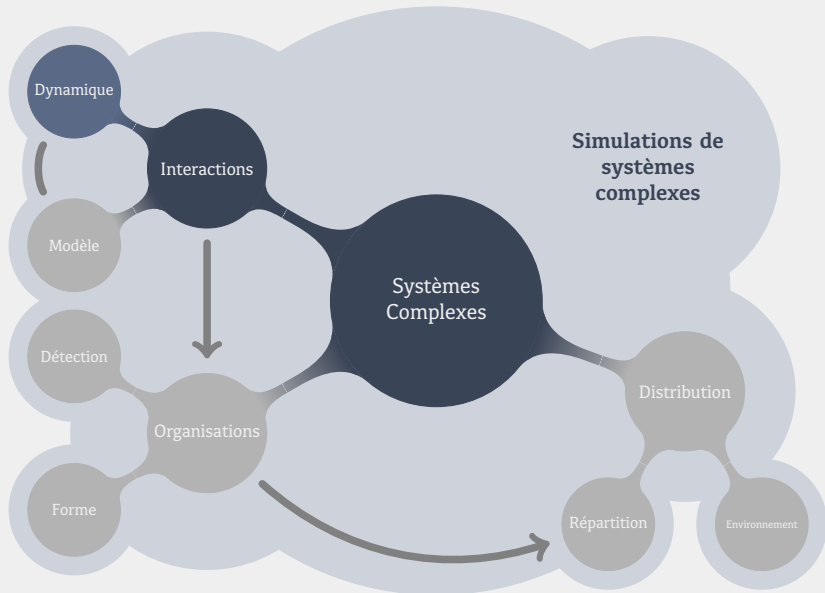
Systemes artificiels

Réseau électrique



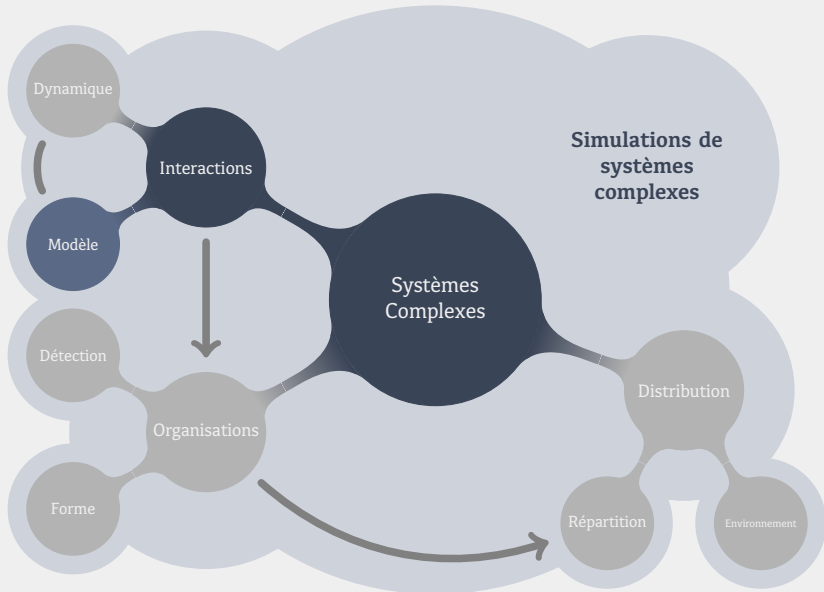
Vivant & Numérique





Dynamique

- apparition/disparition d'entités
- évolution des interactions
- modification des propriétés



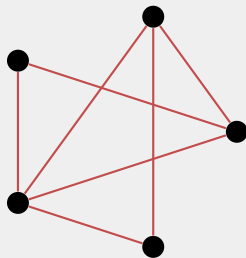
Modèle : graphe dynamique

- entités → nœuds
- interactions → arêtes
- dynamique ?



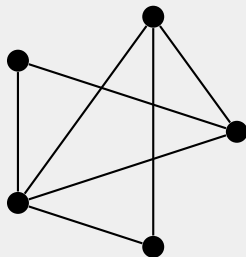
Modèle : graphe dynamique

- entités → nœuds
- interactions → arêtes
- dynamique ?



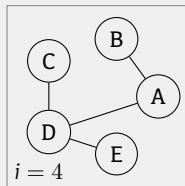
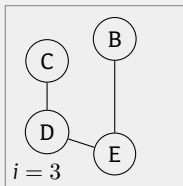
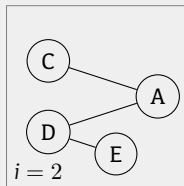
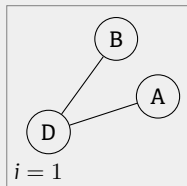
Modèle : graphe dynamique

- entités → nœuds
- interactions → arêtes
- dynamique ?



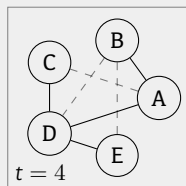
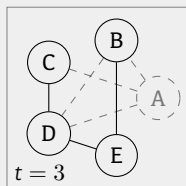
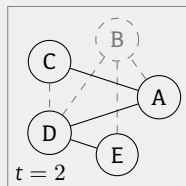
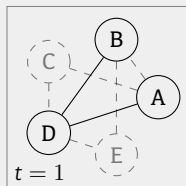
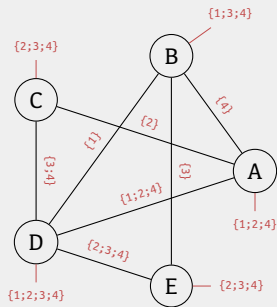
Différents modèles de dynamique

Modèle séquentiel



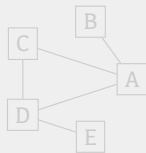
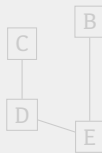
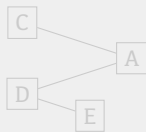
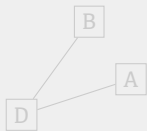
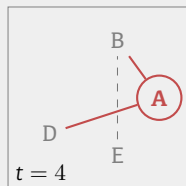
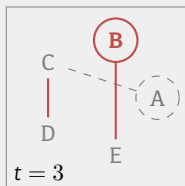
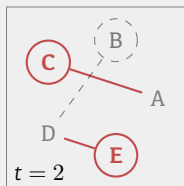
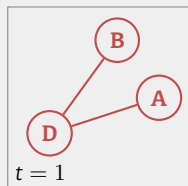
Différents modèles de dynamique

Modèle Cumulatif



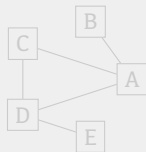
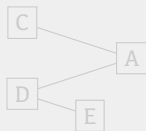
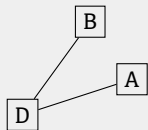
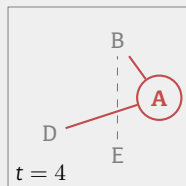
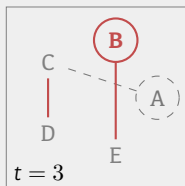
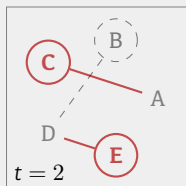
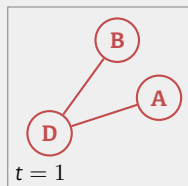
Différents modèles de dynamique

Modèle événementiel



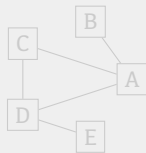
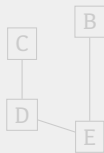
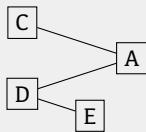
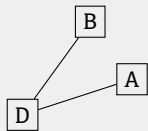
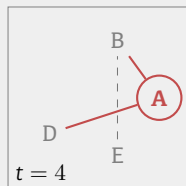
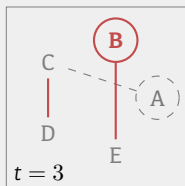
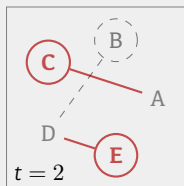
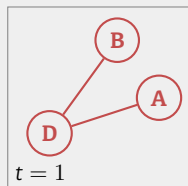
Différents modèles de dynamique

Modèle événementiel



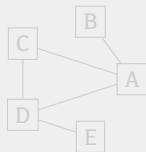
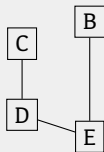
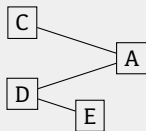
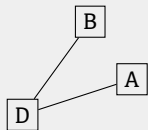
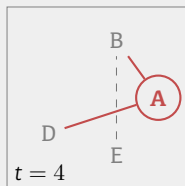
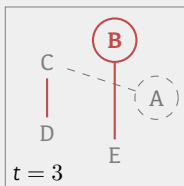
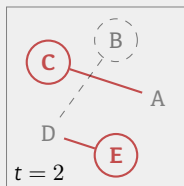
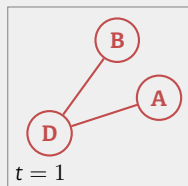
Différents modèles de dynamique

Modèle événementiel



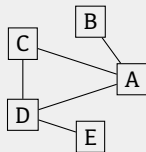
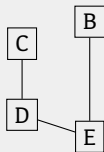
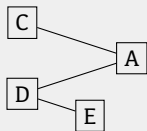
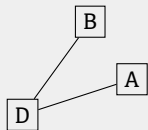
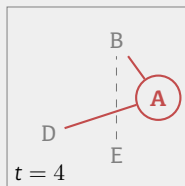
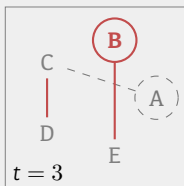
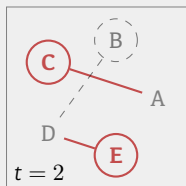
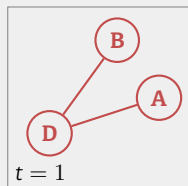
Différents modèles de dynamique

Modèle événementiel



Différents modèles de dynamique

Modèle événementiel



Un formalisme pour les représenter tous

Graphe dynamique $G = (v, e, \mathbb{T})$

$$\begin{aligned} v &: \mathbb{T} \rightarrow \mathcal{P}(\mathbb{N}) \\ t &\rightarrow V_t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &: \mathbb{T} \rightarrow \mathcal{P}(\mathbb{N} \times \mathbb{N}) \\ t &\rightarrow E_t, \quad E_t \subseteq (V_t \times V_t) \end{aligned}$$

L'outil GraphStream



L'outil GraphStream

Source

- génère les événements
- connectée à des puits

Puits

- traite les événements

Canal

source + puits

L'outil GraphStream

Source

- génère les événements
- connectée à des puits

Puits

- traite les événements

Canal

source + puits

L'outil GraphStream

Source

- génère les événements
- connectée à des puits

Puits

- traite les événements

Canal

source + puits

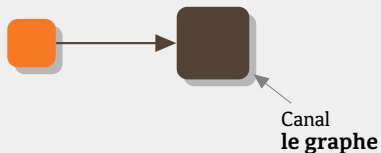
L'outil GraphStream

Exemple



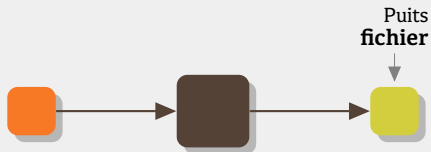
L'outil GraphStream

Exemple



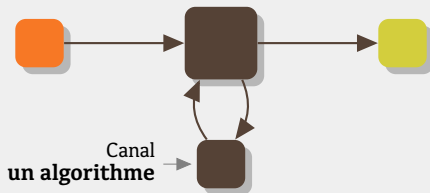
L'outil GraphStream

Exemple



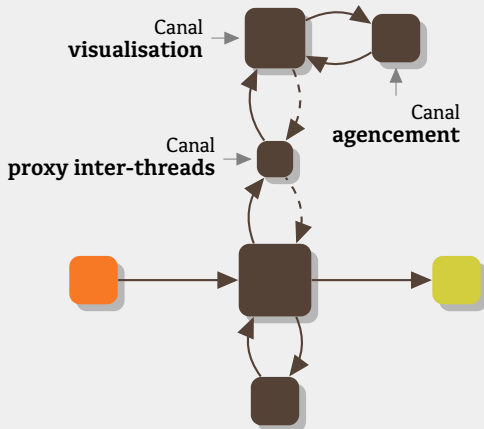
L'outil GraphStream

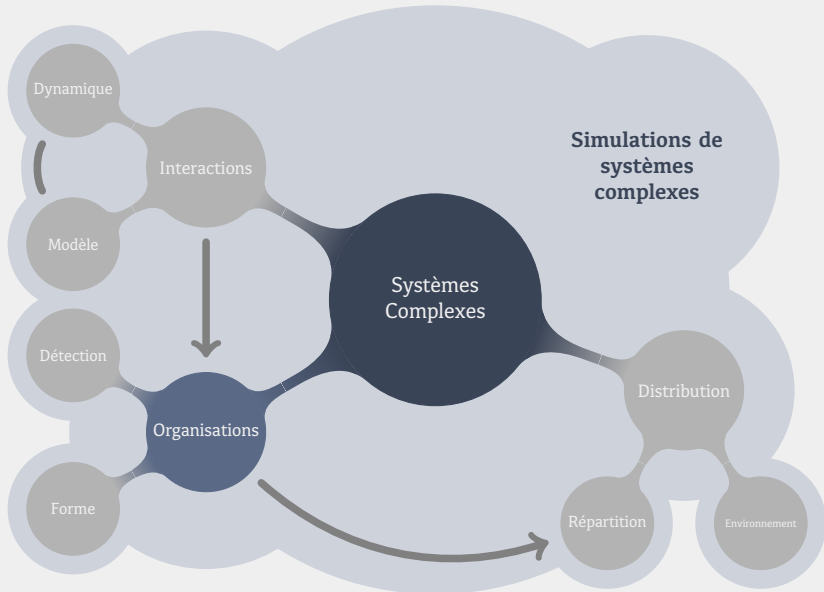
Exemple



L'outil GraphStream

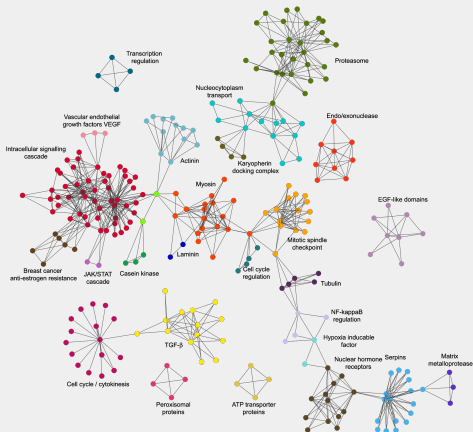
Exemple





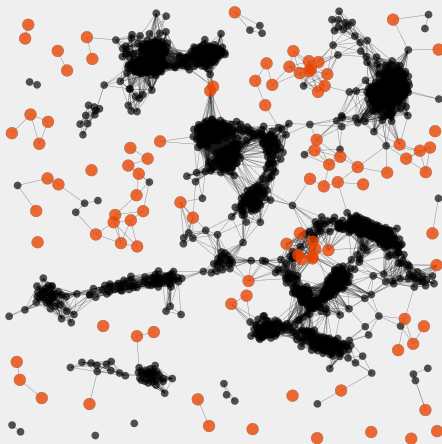
Communautés

- un groupe d'entités
- à l'intérieur
→ forte interaction
- avec l'extérieur
→ faible interaction



S. FORTUNATO. Community detection in graphs. In, *Physics reports*, 2010.

(auto-)organisations



Simulations de systèmes complexes

Systemes Complexes

```
graph LR; SC((Systemes Complexes)) --- I((Interactions)); SC --- O((Organisations)); SC --- D((Distribution)); I --- M((Modèle)); I --- De((Détection)); O --- F((Forme)); D --- R((Répartition)); D --- E((Environnement)); I --> O; O --> R;
```

Dynamique

Interactions

Modèle

Détection

Organisations

Forme

Distribution

Répartition

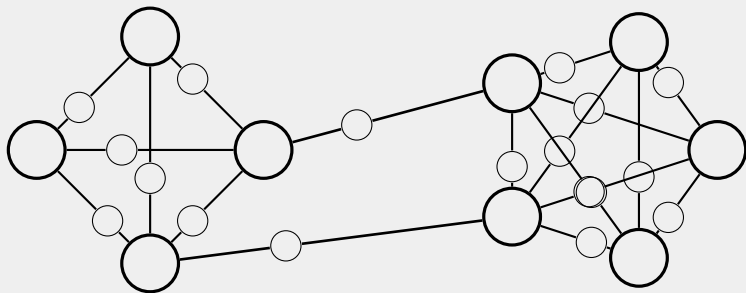
Environnement

AntCo²

- intelligence en essaim
- colonies de fourmis
- collaboration & compétition
- marche aléatoire biaisée
- adaptatif

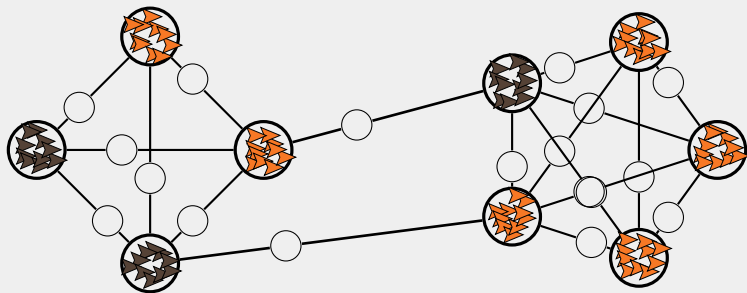
AntCo²

Fonctionnement



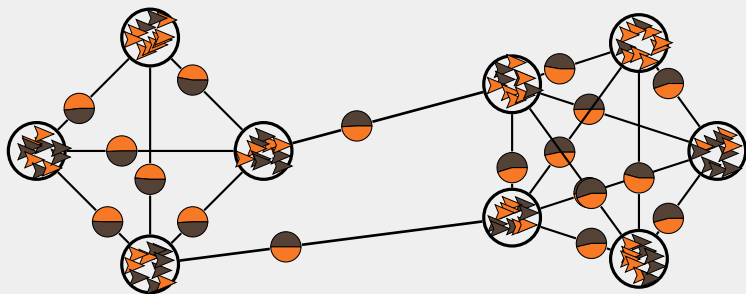
AntCo²

Fonctionnement



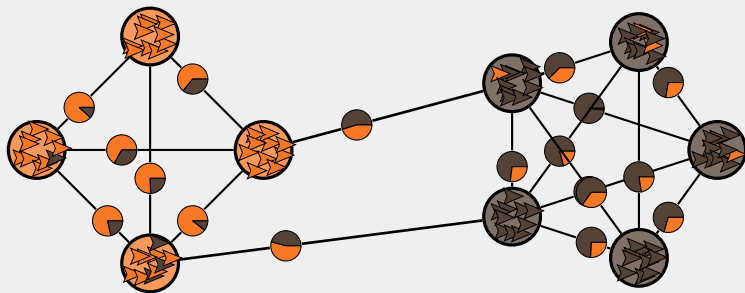
AntCo²

Fonctionnement



AntCo²

Fonctionnement



AntCo²

Problème

oscillation

un nœud peut osciller entre deux colonies ou plus

→ migrations intempestives



AntCo²

Problème

oscillation

un nœud peut osciller entre deux colonies ou plus

→ migrations intempestives



AntCo²

Problème

lissage

- réduction de l'oscillation
- différentes méthodes
 - inertie temporelle
 - cohésion

AntCo²

Résultats

Conditions

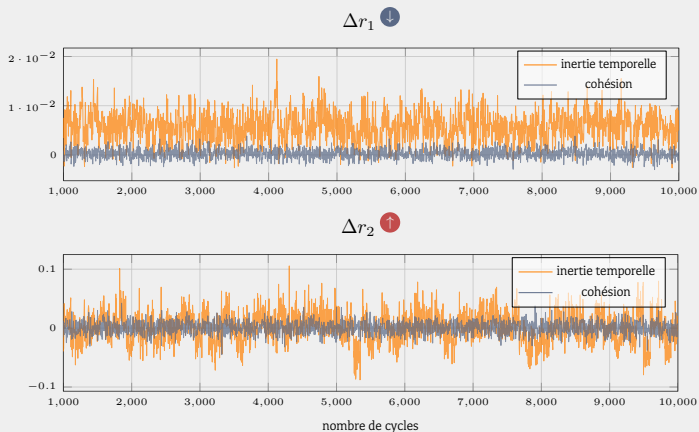
- simulation de boids
- 10000 entités
- 10000 cycles

Mesures

- r_1
- r_2
- migrations
- communications

AntCo²

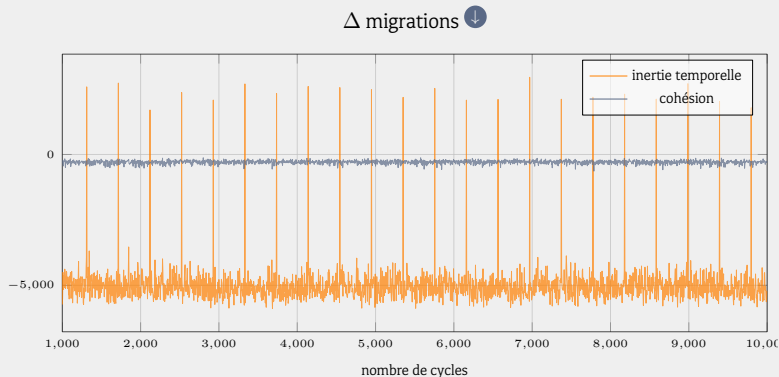
Résultats : impact sur r_1 et r_2



↑ higher is better ↓ lower is better

AntCo²

Résultats : impact sur les migrations

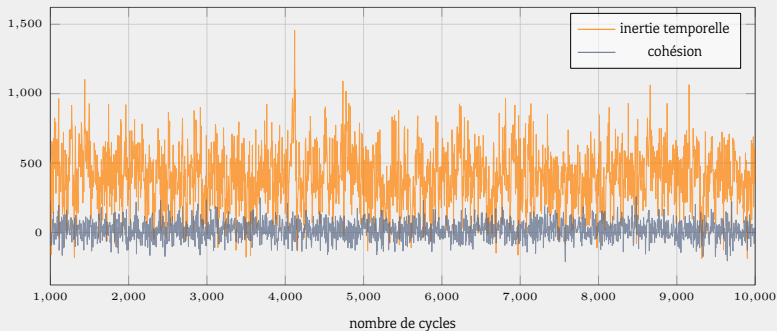


↑ higher is better ↓ lower is better

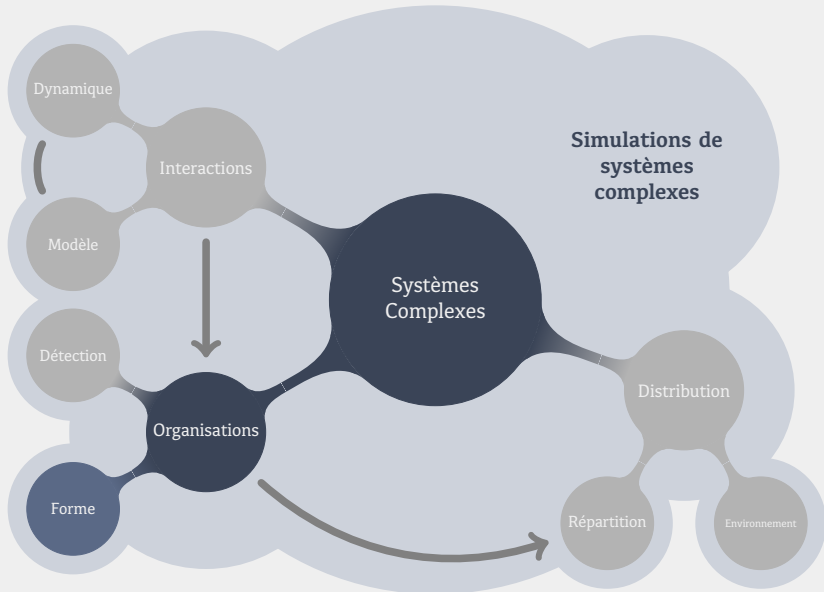
AntCo²

Résultats : impact sur les communications

Δ communications ↓



↑ higher is better ↓ lower is better



Composition

1. noyau
2. membrane



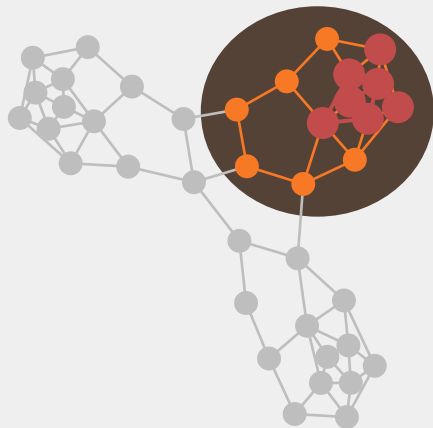
Composition

1. noyau
2. membrane



Composition

1. noyau
2. membrane



Composition

1. noyau
2. membrane



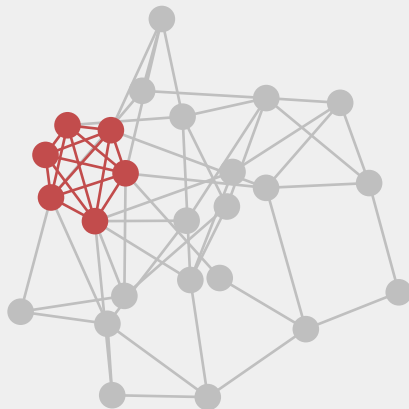
Différentes formes

1. chemins
2. cliques
3. ...



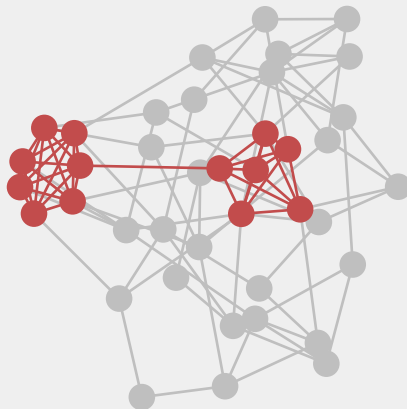
Différentes formes

1. chemins
2. cliques
3. ...



Différentes formes

1. chemins
2. cliques
3. ...



Centroïde

- centre de masse
- point d'équilibre des forces



Heuristique

Algorithme fourmis

1. chaque nœud possède une masse
2. les fourmis déplacent des fractions de masse
3. biais introduit par les phéromones et par la masse



A. DUTOT, D. OLIVIER et G. SAVIN. Centroids : a decentralized approach. In *EPNACS (ECCS)*, 2011.

Heuristique

Résultats

| topologie | arbre | scale-free | grille |
|-----------------------|--------|------------|--------|
| nœuds | 1001 | 1003 | 256 |
| arêtes | 1000 | 2003 | 480 |
| $\overline{\Delta t}$ | -99.0% | -99.0% | -96.7% |
| $\sigma(\Delta t)$ | 0.00% | 0.00% | 0.78% |
| $\overline{\Delta s}$ | +0.5 | +0.6 | +13.3 |
| $\sigma(\Delta s)$ | 0.87 | 0.68 | 9.69 |
| $\overline{\Gamma}$ | 4.0% | 3.7% | 13.8% |
| $\sigma(\Gamma)$ | 4.1% | 3.4% | 1.8% |

Heuristique

Résultats

| topologie | arbre | scale-free | grille |
|-----------------------|--------|------------|--------|
| nœuds | 1001 | 1003 | 256 |
| arêtes | 1000 | 2003 | 480 |
| $\overline{\Delta t}$ | -99.0% | -99.0% | -96.7% |
| $\sigma(\Delta t)$ | 0.00% | 0.00% | 0.78% |
| $\overline{\Delta s}$ | +0.5 | +0.6 | +13.3 |
| $\sigma(\Delta s)$ | 0.87 | 0.68 | 9.69 |
| $\overline{\Gamma}$ | 4.0% | 3.7% | 13.8% |
| $\sigma(\Gamma)$ | 4.1% | 3.4% | 1.8% |

Heuristique

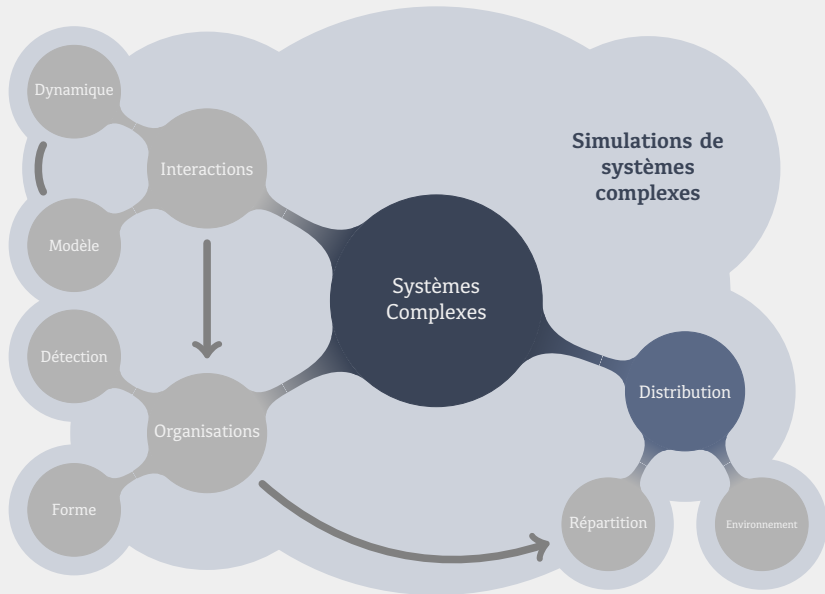
Résultats

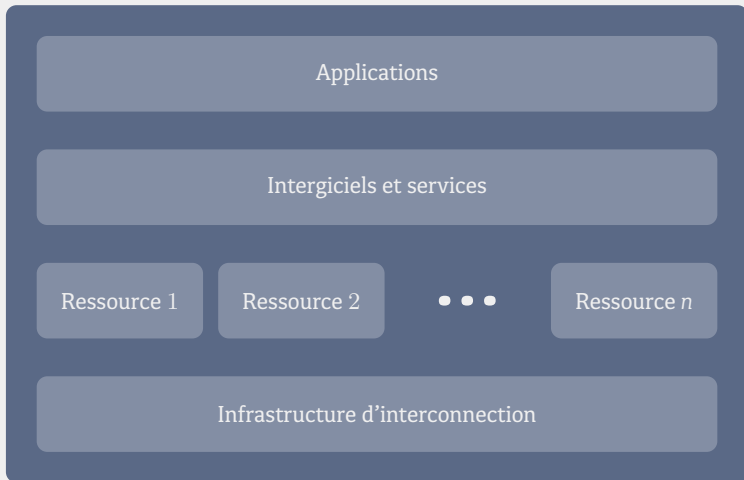
| topologie | arbre | scale-free | grille |
|-----------------------|--------|------------|--------|
| nœuds | 1001 | 1003 | 256 |
| arêtes | 1000 | 2003 | 480 |
| $\overline{\Delta t}$ | -99.0% | -99.0% | -96.7% |
| $\sigma(\Delta t)$ | 0.00% | 0.00% | 0.78% |
| $\overline{\Delta s}$ | +0.5 | +0.6 | +13.3 |
| $\sigma(\Delta s)$ | 0.87 | 0.68 | 9.69 |
| $\overline{\Gamma}$ | 4.0% | 3.7% | 13.8% |
| $\sigma(\Gamma)$ | 4.1% | 3.4% | 1.8% |

Heuristique

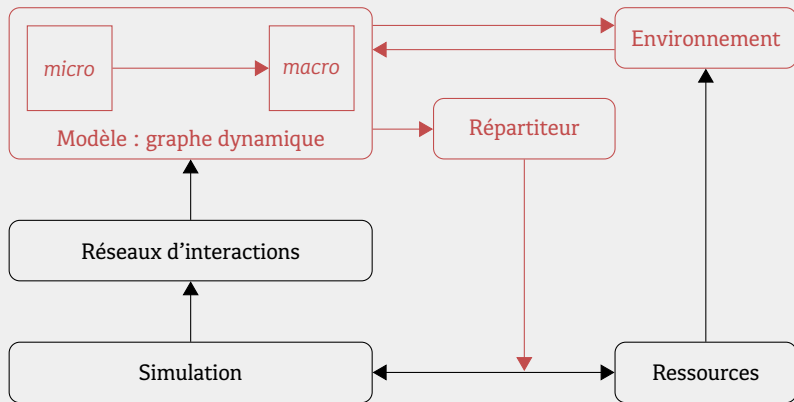
Résultats

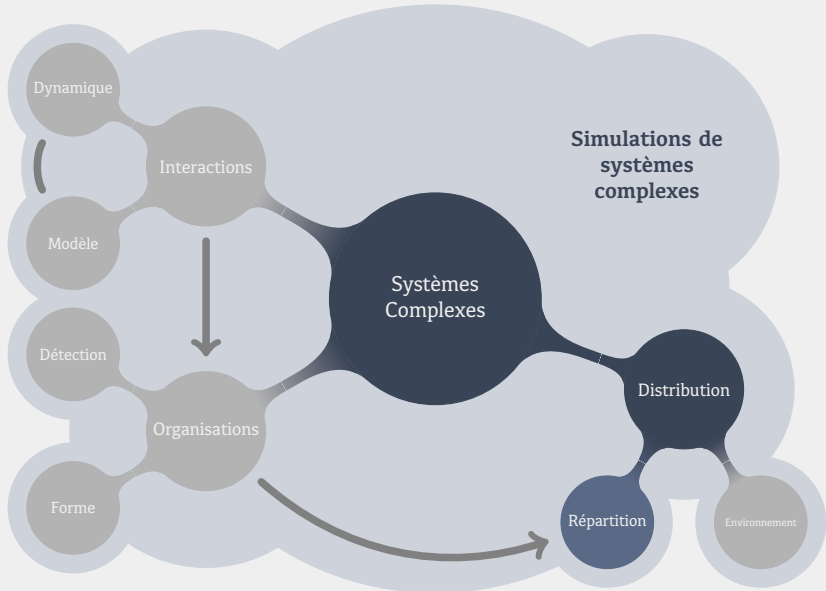
| topologie | arbre | scale-free | grille |
|-----------------------|--------|------------|--------|
| nœuds | 1001 | 1003 | 256 |
| arêtes | 1000 | 2003 | 480 |
| $\overline{\Delta t}$ | -99.0% | -99.0% | -96.7% |
| $\sigma(\Delta t)$ | 0.00% | 0.00% | 0.78% |
| $\overline{\Delta s}$ | +0.5 | +0.6 | +13.3 |
| $\sigma(\Delta s)$ | 0.87 | 0.68 | 9.69 |
| $\overline{\Gamma}$ | 4.0% | 3.7% | 13.8% |
| $\sigma(\Gamma)$ | 4.1% | 3.4% | 1.8% |





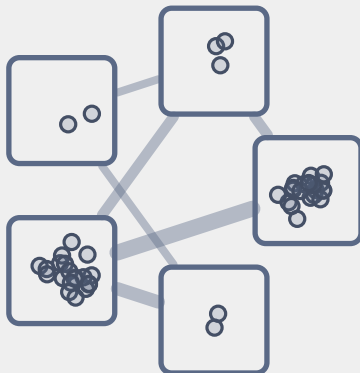
Systeme distribué





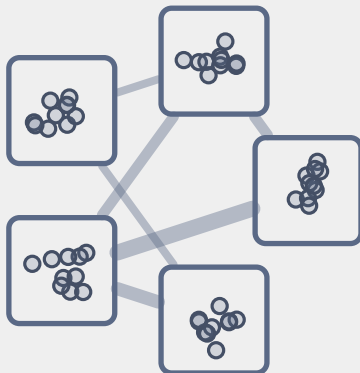
Objectifs du répartiteur

1. équilibrer la charge de calcul
2. réduire la charge du réseau



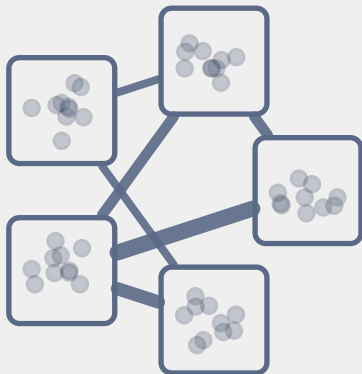
Objectifs du répartiteur

1. équilibrer la charge de calcul
2. réduire la charge du réseau



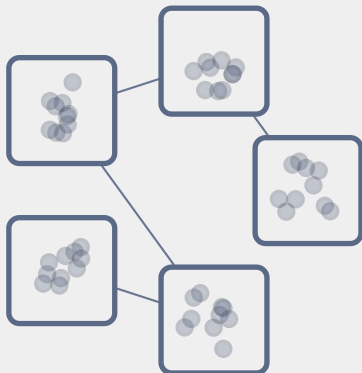
Objectifs du répartiteur

1. équilibrer la charge de calcul
2. réduire la charge du réseau



Objectifs du répartiteur

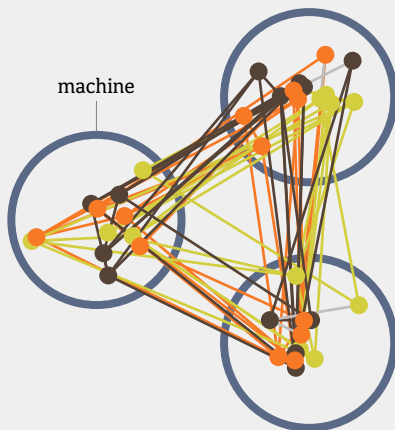
1. équilibrer la charge de calcul
2. réduire la charge du réseau



Répartir les organisations



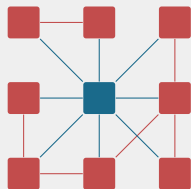
Répartir les organisations



Répartir les organisations



Qui répartit le répartiteur ?



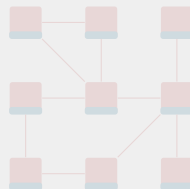
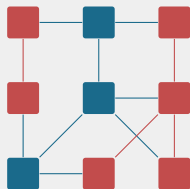
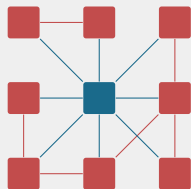
■ machine




■ répartiteur de charges



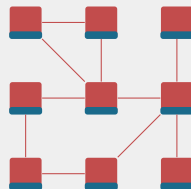
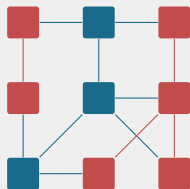
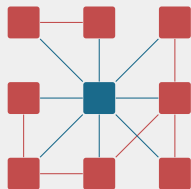
Qui répartit le répartiteur ?




 — machine

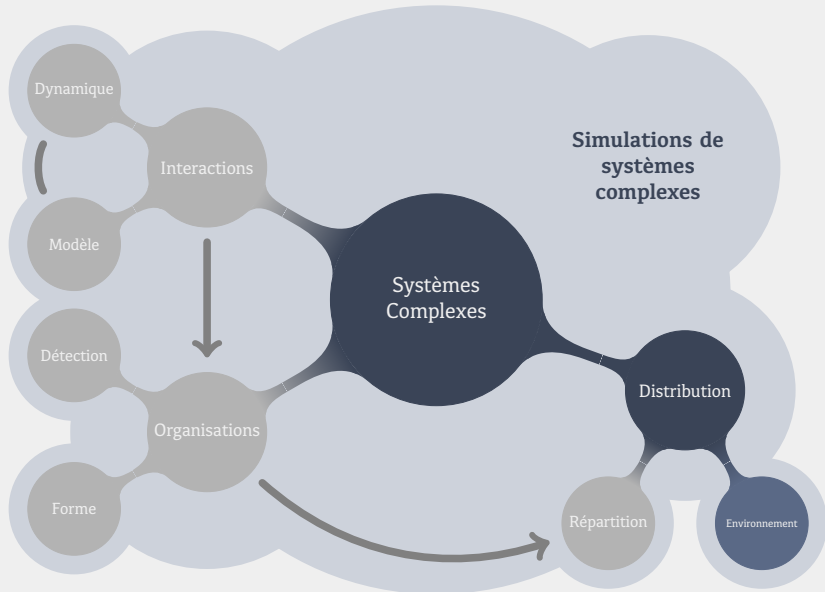
 — répartiteur de charges

Qui répartit le répartiteur ?



 — machine

 — répartiteur de charges



Le besoin d'un outil : la plateforme d³

Objectifs

- distribution dynamique et adaptative
- architecture décentralisée

Architecture

- « tout est acteur »
- gestion locale : l'agence

Le besoin d'un outil : la plateforme d³

Objectifs

- distribution dynamique et adaptative
- architecture décentralisée

Architecture

- « tout est acteur »
- gestion locale : l'agence

Modèle acteur

- proposé par Hewitt en 1973
- objets autonomes
- appels asynchrones
 - envoi de requêtes
 - représentation du résultat sous forme de *futur*
- utilisé dans des intergiciels comme ProActive ¹

1. <http://proactive.activeeon.com/>

Conclusion

Conclusion

Systeme distribué

Un environnement de calcul fournissant des ressources (calculs, mémoire, ...) à des entités logicielles pour leur permettre de s'exécuter. Elles peuvent alors interagir entre elles afin de s'organiser pour former un logiciel de plus haut niveau.

Écosystème naturel

Un environnement, le biotope, fournissant des ressources (eau, air, espace, ...) à des entités vivantes, la biocénose, pour leur permettre d'évoluer. Elles peuvent alors interagir entre elles pour s'organiser pour former des groupes plus évolués.

Conclusion

Système distribué

Un environnement de calcul fournissant des ressources (calculs, mémoire, ...) à des entités logicielles pour leur permettre de s'exécuter. Elles peuvent alors interagir entre elles afin de s'organiser pour former un logiciel de plus haut niveau.

Écosystème naturel

Un environnement, le biotope, fournissant des ressources (eau, air, espace, ...) à des entités vivantes, la biocénose, pour leur permettre d'évoluer. Elles peuvent alors interagir entre elles pour s'organiser pour former des groupes plus évolués.

Conclusion

Écosystème computationnel

Un **environnement** de calcul fournissant des **ressources** (calculs, mémoire, ...) à des **entités** logicielles pour leur permettre de s'exécuter. Elles peuvent alors **interagir** entre elles afin de **s'organiser** pour former un logiciel de plus haut niveau.

Écosystème naturel

Un **environnement**, le biotope, fournissant des **ressources** (eau, air, espace, ...) à des **entités** vivantes, la biocénose, pour leur permettre d'évoluer. Elles peuvent alors **interagir** entre elles pour **s'organiser** pour former des groupes plus évolués.

Bilan

- modélisation du réseau d'interactions
- détection d'organisations
 - réduction des oscillations
 - augmenter la robustesse
- modélisation du système distribué

Contributions

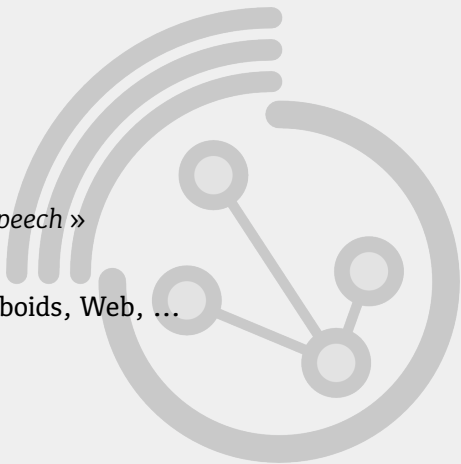
Formalisme

- représentation formelle d'un graphe dynamique
- générique, s'adapte aux différents modèles de dynamique

Contributions

GraphStream †

- bibliothèque libre « *as in free speech* »
- communauté d'utilisateurs
- projets variés : GIS, NetLogo, boids, Web, ...



†. <http://graphstream-project.org>

Contributions

d³ †

- intergiciel dynamique et décentralisé
- distribué sous licence libre
- fournit les acteurs, les communications, et les migrations



†. <http://d3-project.org>

Contributions

organic †

†. <https://github.com/gsavin/organic>

Perspectives

Modélisation

Réduction de l'oscillation

- continuer les expérimentations

Centroïde

- expérimentations plus poussées
- amélioration de la méthode

Perspectives

Distribution

Plate-forme

- intégration dans les travaux de l'équipe
- tests de performances



Merci



Merci