



LABORATOIRES DU CESI, DE L'INNOVATION A LA COMPÉTITIVITÉ

Modélisation et simulation de la diffusion des services éco-systémiques dans les espaces verts urbains

Projet SERVEUR

V. Levorato

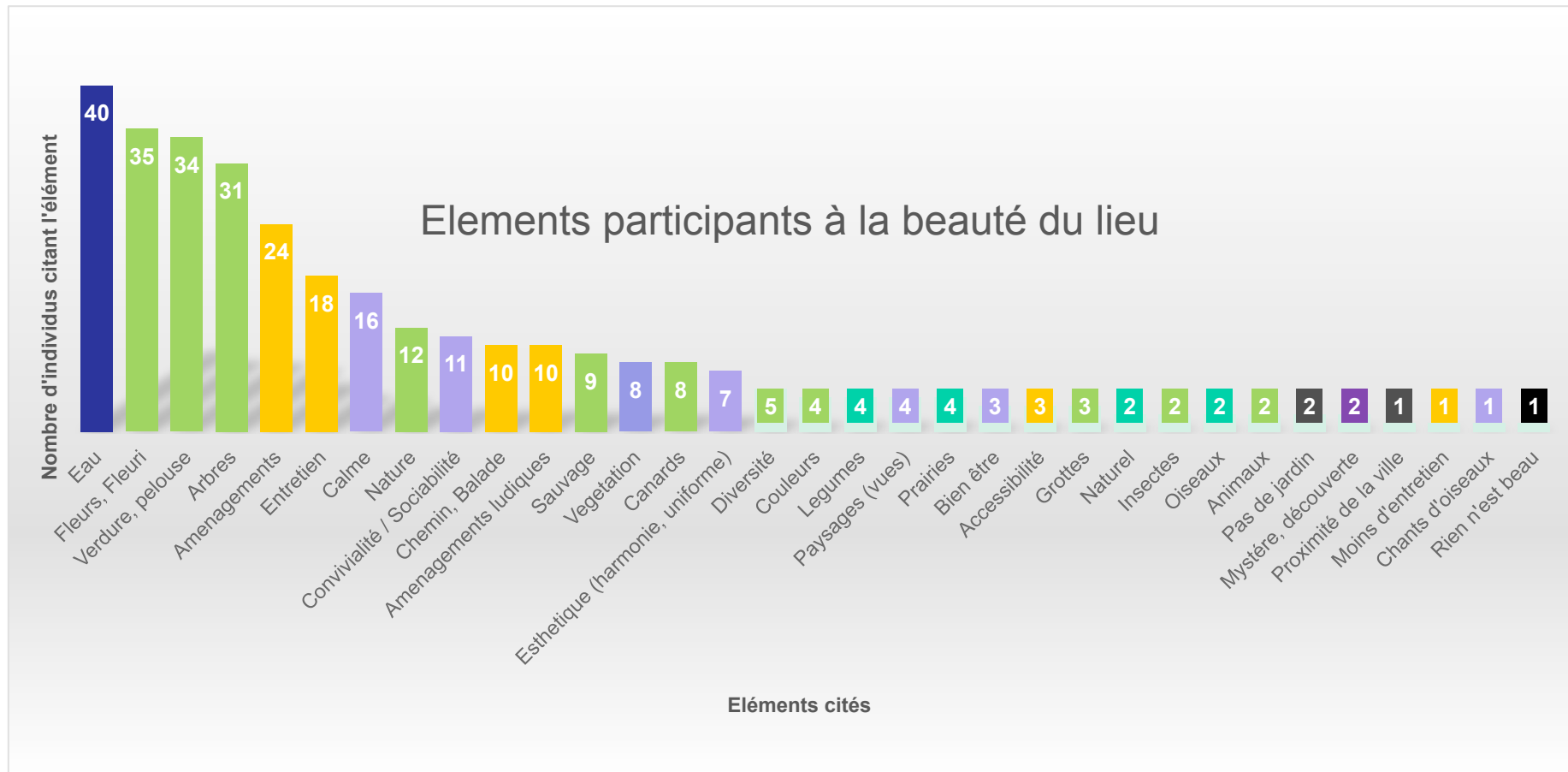
Enseignant-Chercheur en Informatique

Modélisation-Simulation des Systèmes Complexes

1. Approche
2. Modèle mathématique
3. Simulation logicielle
4. Démonstration
5. Conclusion

Approche

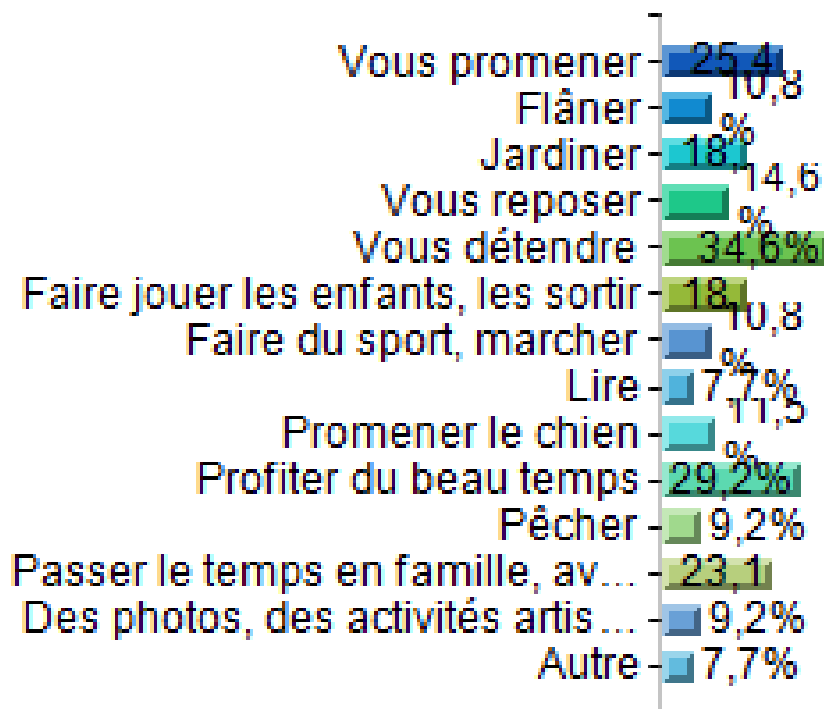
Point de départ: étude sociologique sur les usages (LAUNAY Marion – COSQUER Marie sous la direction de AMALRIC Marion)



Identification des services « consommés » par les usagers

46. Que venez-vous faire ici le plus souvent ?

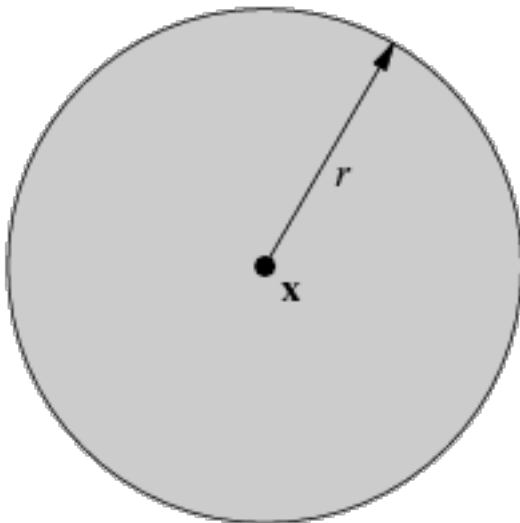
Taux de réponse : **96,9%**



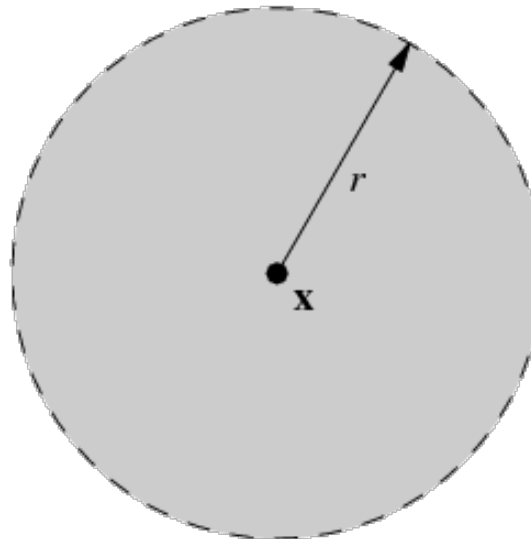
- ❏ Le modèle représente la dynamique de l'évolution d'utilisateurs dans un parc donné.
- ❏ Deux parties:
 - Les utilisateurs (avec leurs attentes/besoins)
 - Les différentes caractéristiques du parc:
 - Faune
 - Flore
 - Équipements
 - Etc.
- ❏ Dans ces travaux, nous avons intégré les SES Culturels.

Modèle mathématique

- ❑ « L'étude du lieu » → amène à la notion d'espace
- ❑ Origine de la topologie: la géométrie
- ❑ Objectif principal: formaliser la notion de limite dans le continu



Fermé



Ouvert

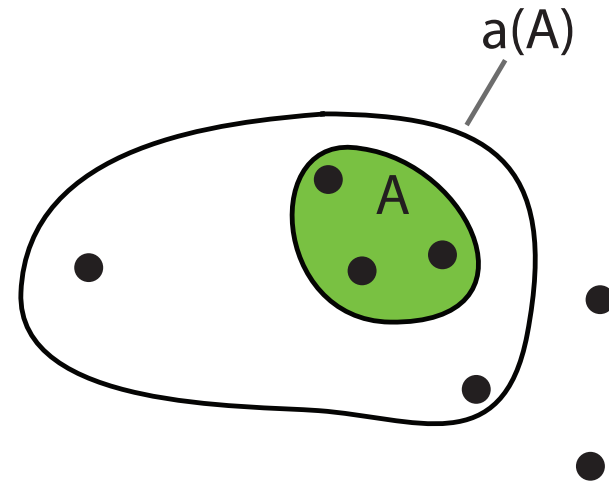
- ❑ Souvent, on travaille dans un **espace métrique** muni d'une **distance** → problème: on travaille avec les réels.
- ❑ Généralisation: concept de **proximité**
 - Cela induit la notion de **voisinage**
- ❑ Habituellement, on définit un espace par ses parties ouvertes ou ses voisinages.

- ❑ La prétopologie possède moins d'axiomes que la topologie:

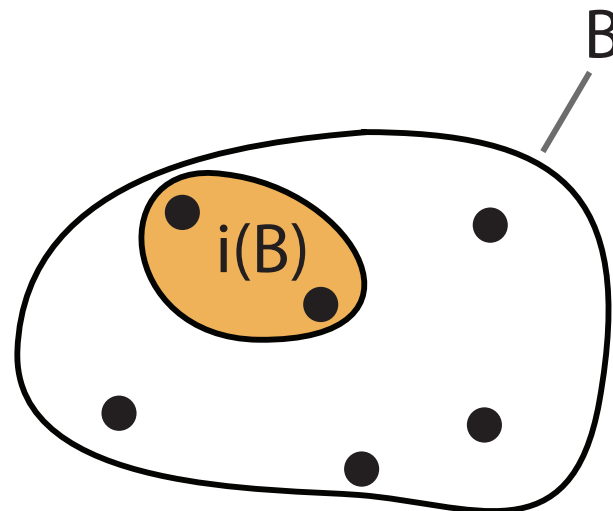
Axiomes	Topologie	Prétopo.	Prétopo. V	Prétopo. Vd
préservation de l'union nul	x	x	x	x
extensivité	x	x	x	x
préservation de l'inclusion	x		x	x
préservation de l'union binaire	x			x
idempotence	x			

- ❑ Comme en topologie classique, on parle de fermés et d'ouverts, d'adhérence et d'intérieur, ainsi que de voisinage.
- ❑ Raison: éviter de subir une axiomatique non-adaptée pour résoudre les problèmes

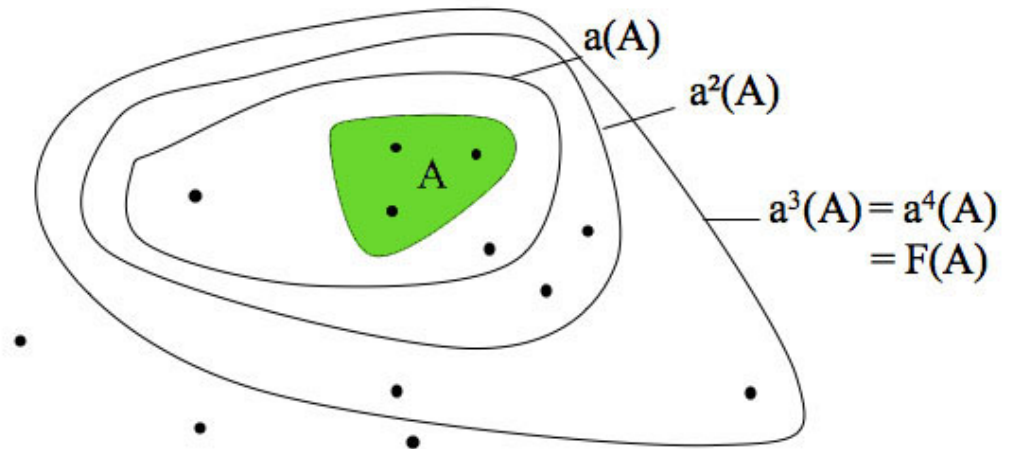
Adhérence



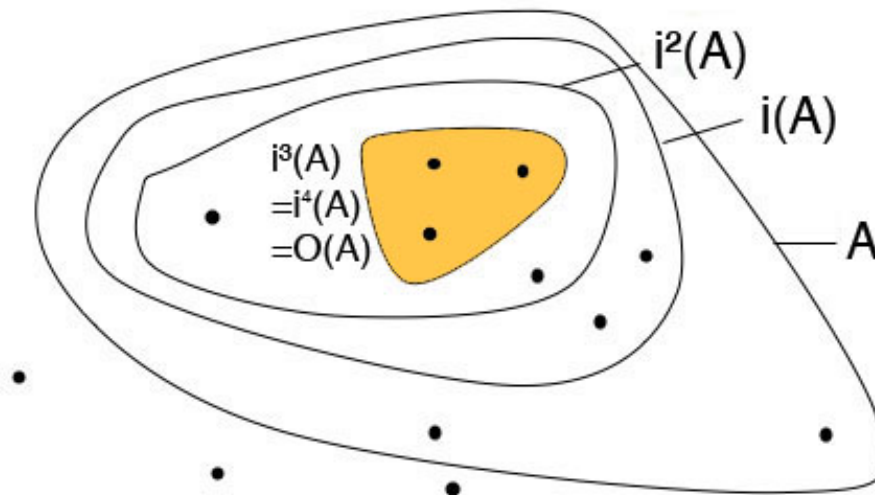
Intérieur



■ Fermé



■ Ouvert



Avantages de la prétopologie

- ❑ Espace continu ET discret.
- ❑ Multi-échelle
- ❑ Multi-critères
- ❑ Modélisation de phénomènes dynamiques
« pas à pas »
- ❑ Approche systémique
- ❑ Formalisme généralisant d'autres théories
(topologie, graphes, etc.)

Multi-critères, Espace continu ET discret

❏ Discret: **quantitatif** et **qualitatif**

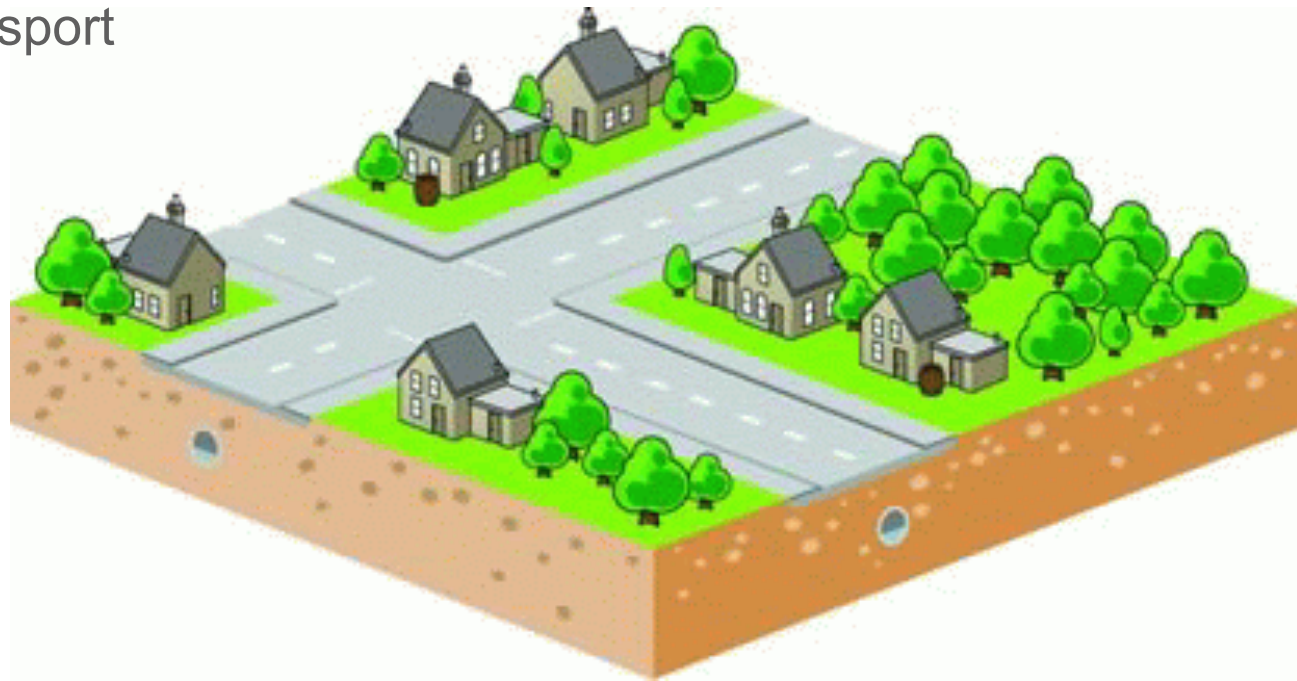
❏ Exemple:

Soit un réseau social muni de plusieurs critères:

- Amitié (relation binaire symétrique)
- Proximité géographique (métrique)
- Appartenance à un club de sport (qualitatif)

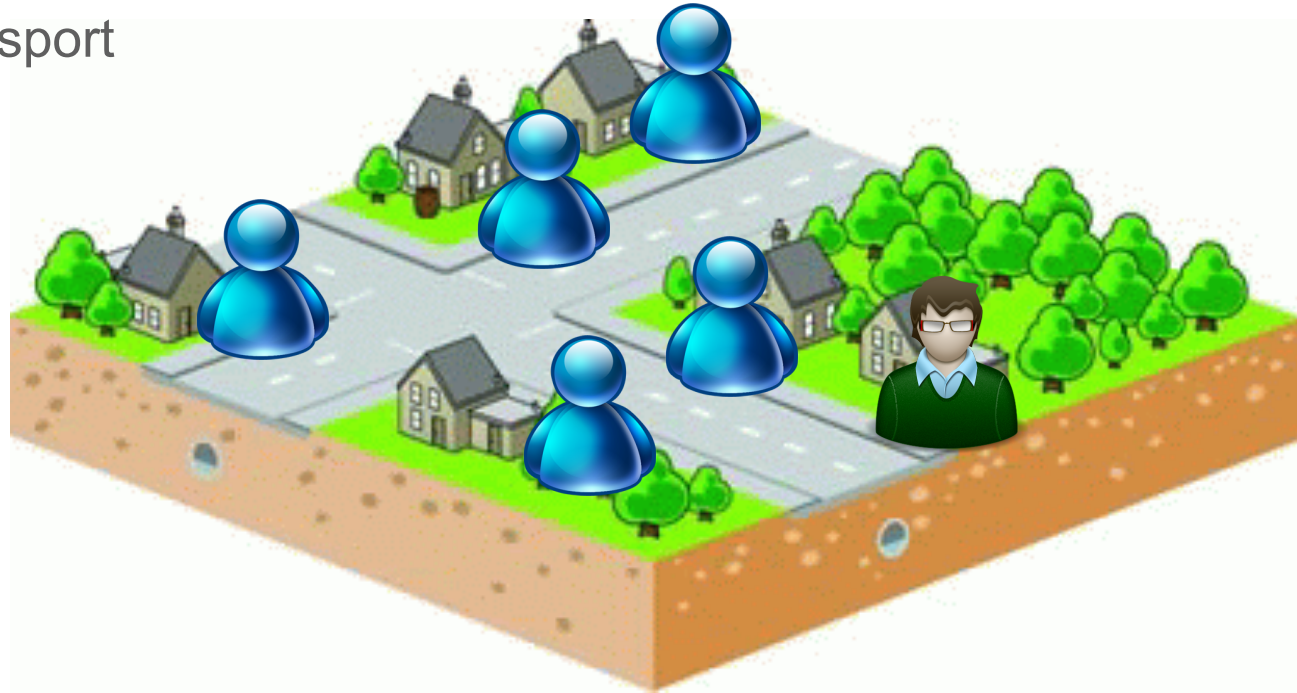
Exemple de problématique

- ❑ Comment modéliser « Je voudrais organiser une sortie tennis » ?
- ❑ Définition de l'adhérence de A: l'ensemble des autres personnes qui
 - sont amis de A
 - sont dans le quartier de A (distance < seuil)
 - font du sport



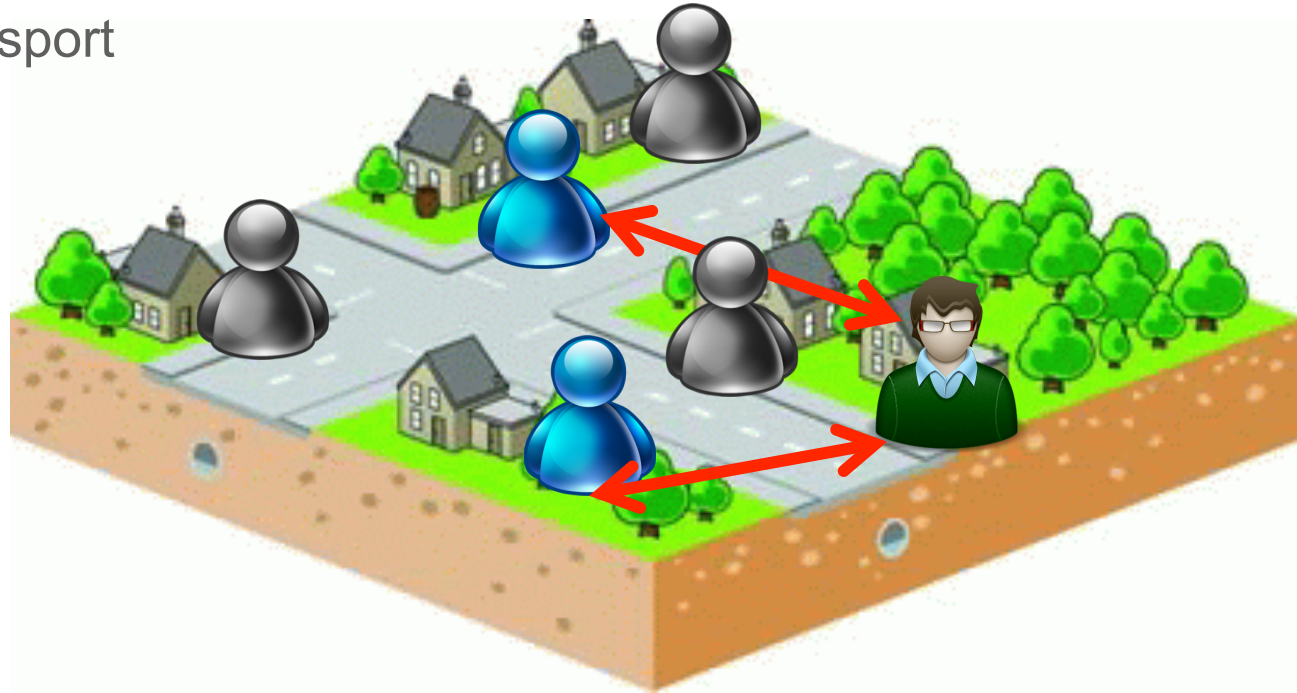
Exemple de problématique

- ❑ Comment modéliser « Je voudrais organiser une sortie tennis » ?
- ❑ Définition de l'adhérence de A: l'ensemble des autres personnes qui
 - sont amis de A
 - sont dans le quartier de A (distance < seuil)
 - font du sport



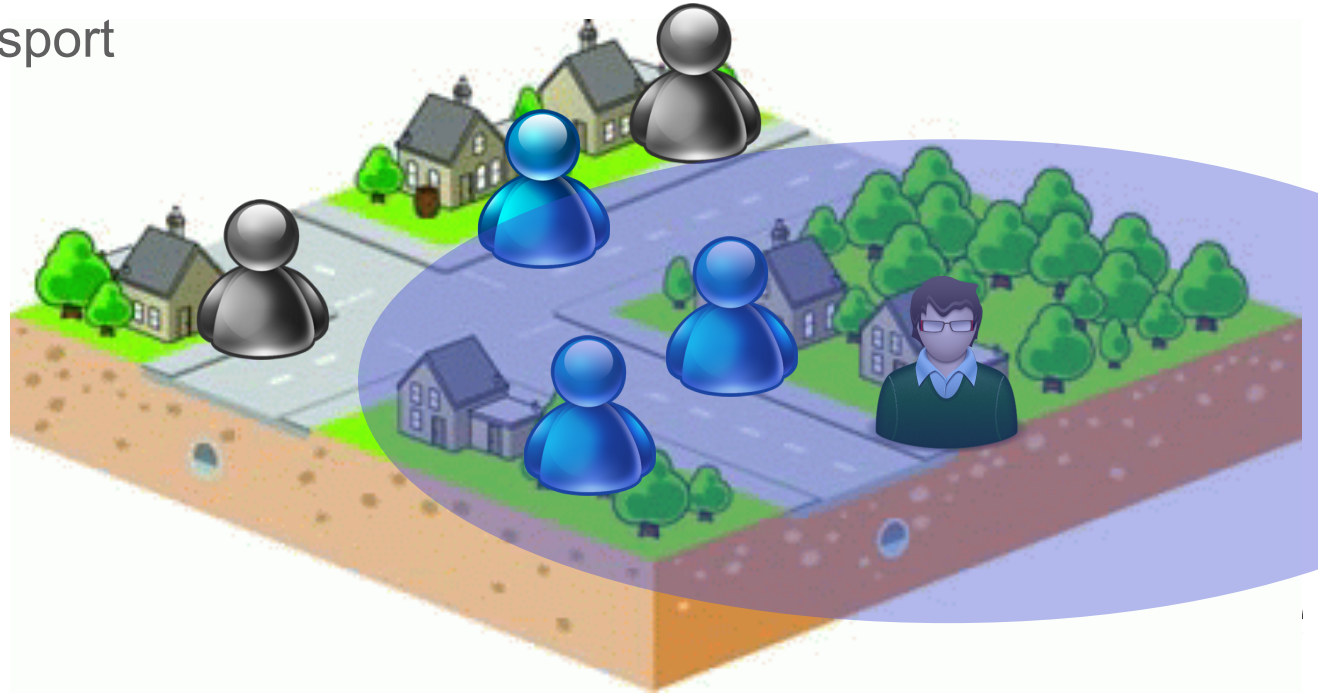
Exemple de problématique

- ❑ Comment modéliser « Je voudrais organiser une sortie tennis » ?
- ❑ Définition de l'adhérence de A: l'ensemble des autres personnes qui
 - sont amis de A
 - sont dans le quartier de A (distance < seuil)
 - font du sport



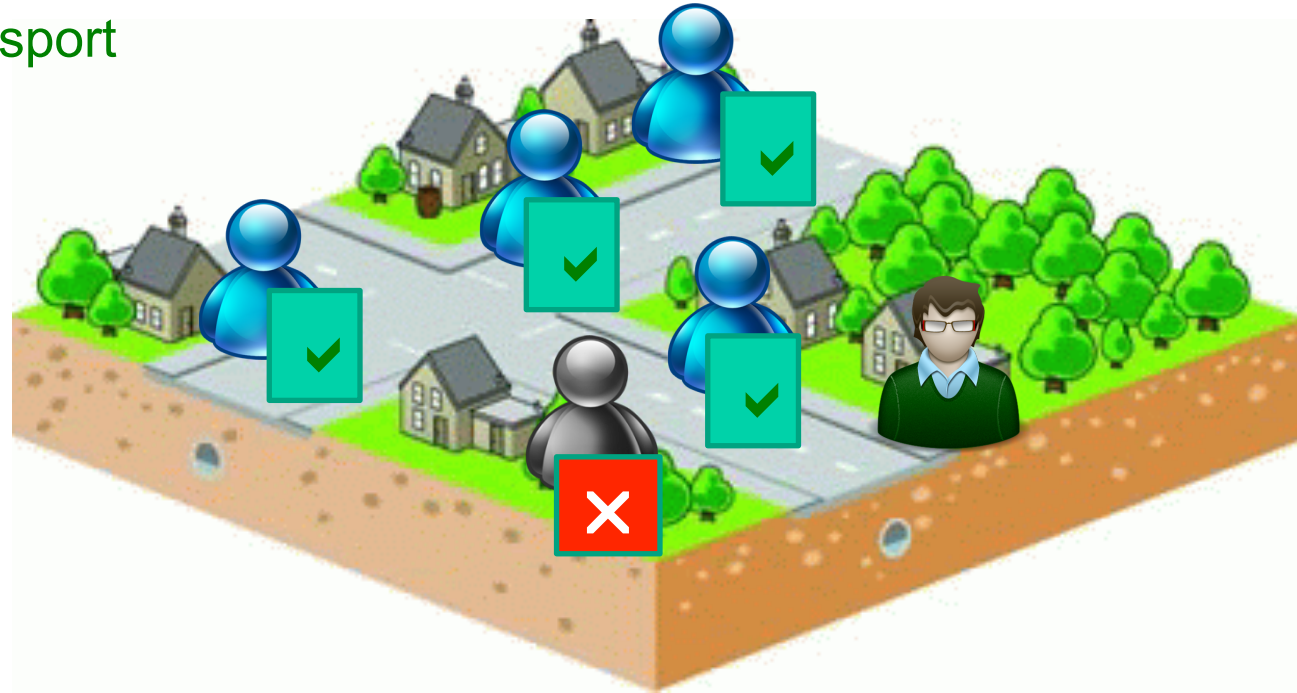
Exemple de problématique

- ❑ Comment modéliser « Je voudrais organiser une sortie tennis » ?
- ❑ Définition de l'adhérence de A: l'ensemble des autres personnes qui
 - sont amis de A
 - sont dans le quartier de A (distance < seuil)
 - font du sport



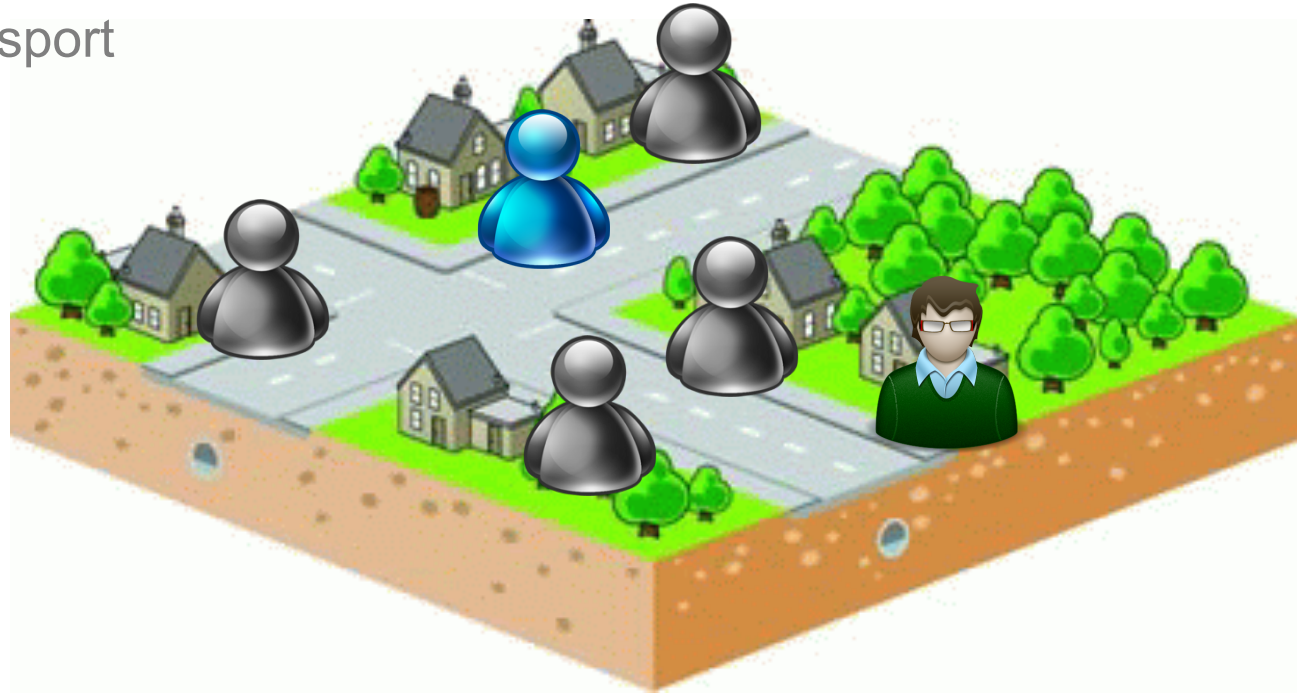
Exemple de problématique

- ❏ Comment modéliser « Je voudrais organiser une sortie tennis » ?
- ❏ Définition de l'adhérence de A: l'ensemble des autres personnes qui
 - sont amis de A
 - sont dans le quartier de A (distance < seuil)
 - **font du sport**

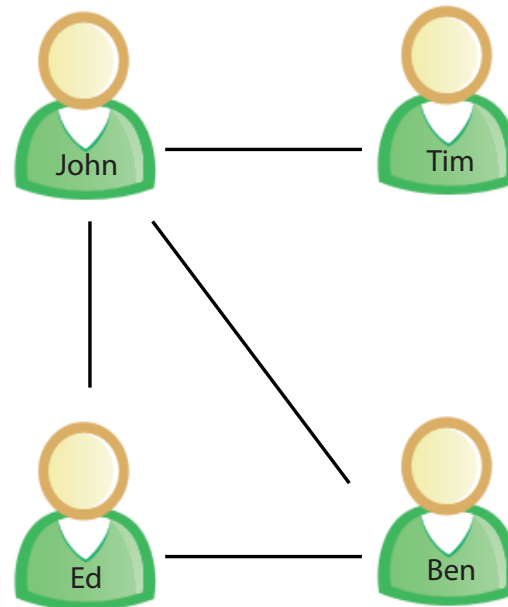


Exemple de problématique

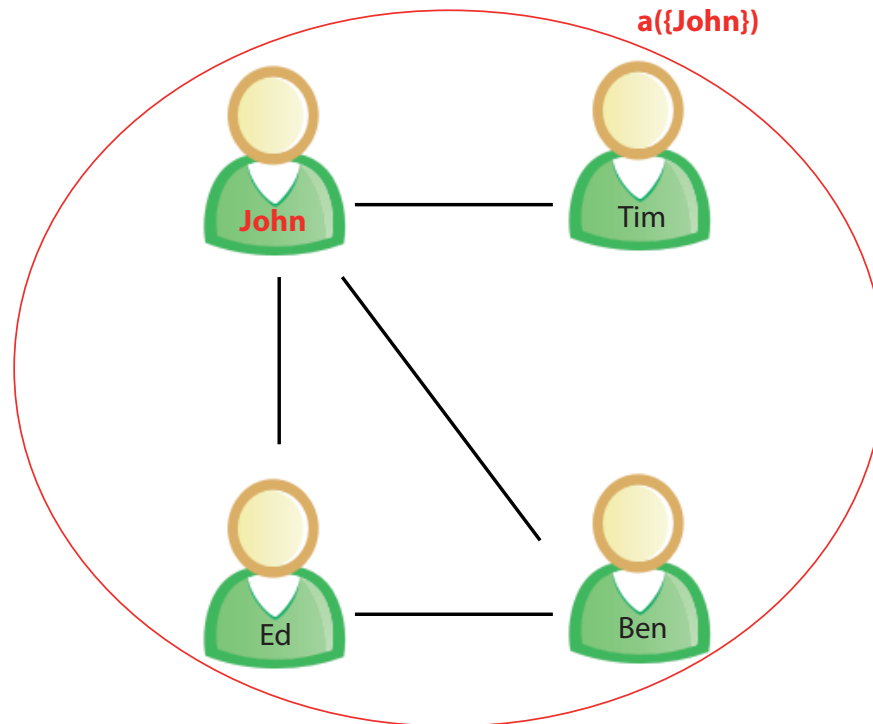
- ❑ Comment modéliser « Je voudrais organiser une sortie tennis » ?
- ❑ Définition de l'adhérence de A: l'ensemble des autres personnes qui
 - sont amis de A
 - sont dans le quartier de A (distance < seuil)
 - font du sport



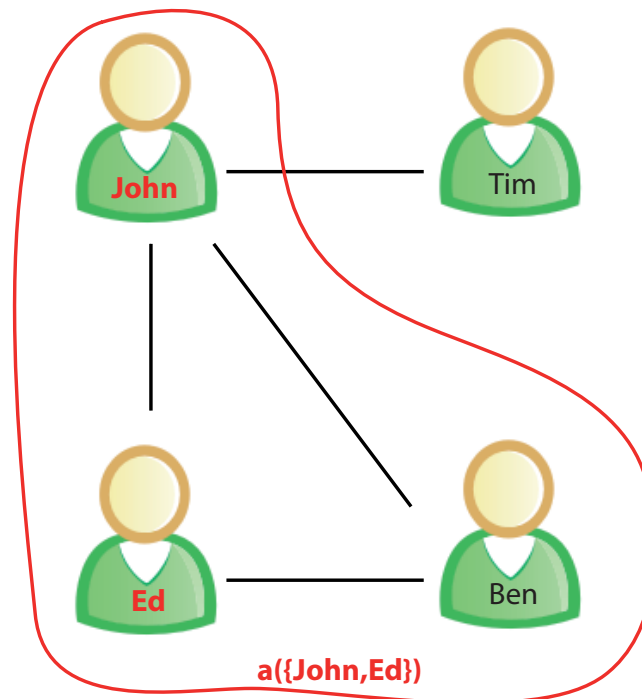
- ❑ Modèle: formation de coalition
- ❑ Adhérence: « *est inclus dans l'adhérence de A toute personne en relation avec TOUS les individus de A.* »

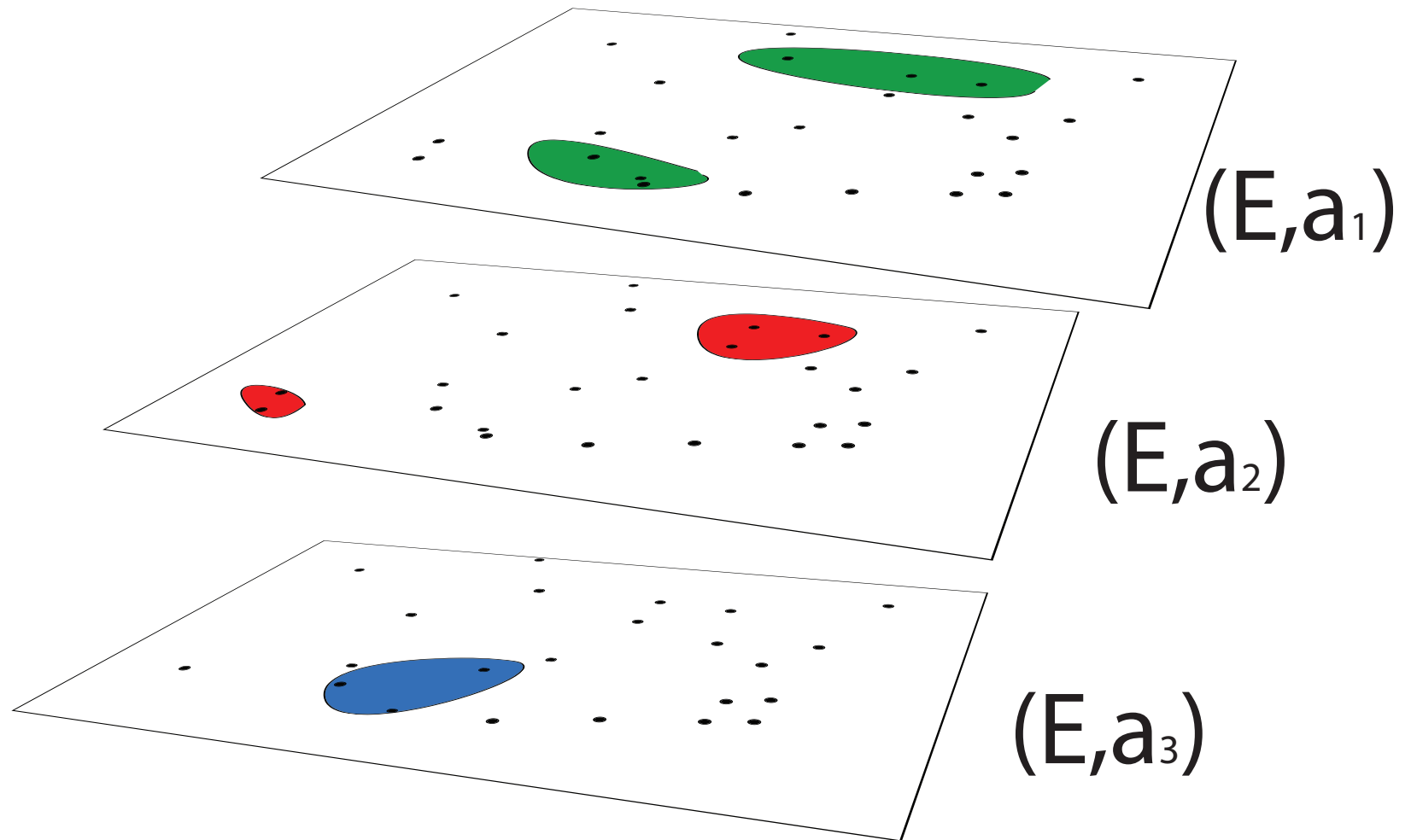


- ❑ Modèle: formation de coalition
- ❑ Adhérence: « *est inclus dans l'adhérence de A toute personne en relation avec TOUS les individus de A.* »



- ❑ Modèle: formation de coalition
- ❑ Adhérence: « *est inclus dans l'adhérence de A toute personne en relation avec TOUS les individus de A.* »





- ❑ La famille d'ensembles considérée correspond aux **polygones** représentant les différentes entités d'un parc (pelouse, chemins, etc.).
- ❑ La diffusion est définie **par couche**, en fonction des indicateurs proposés, avec une interaction entre elles.
- ❑ Exemple (diffusion de la « flore ») :

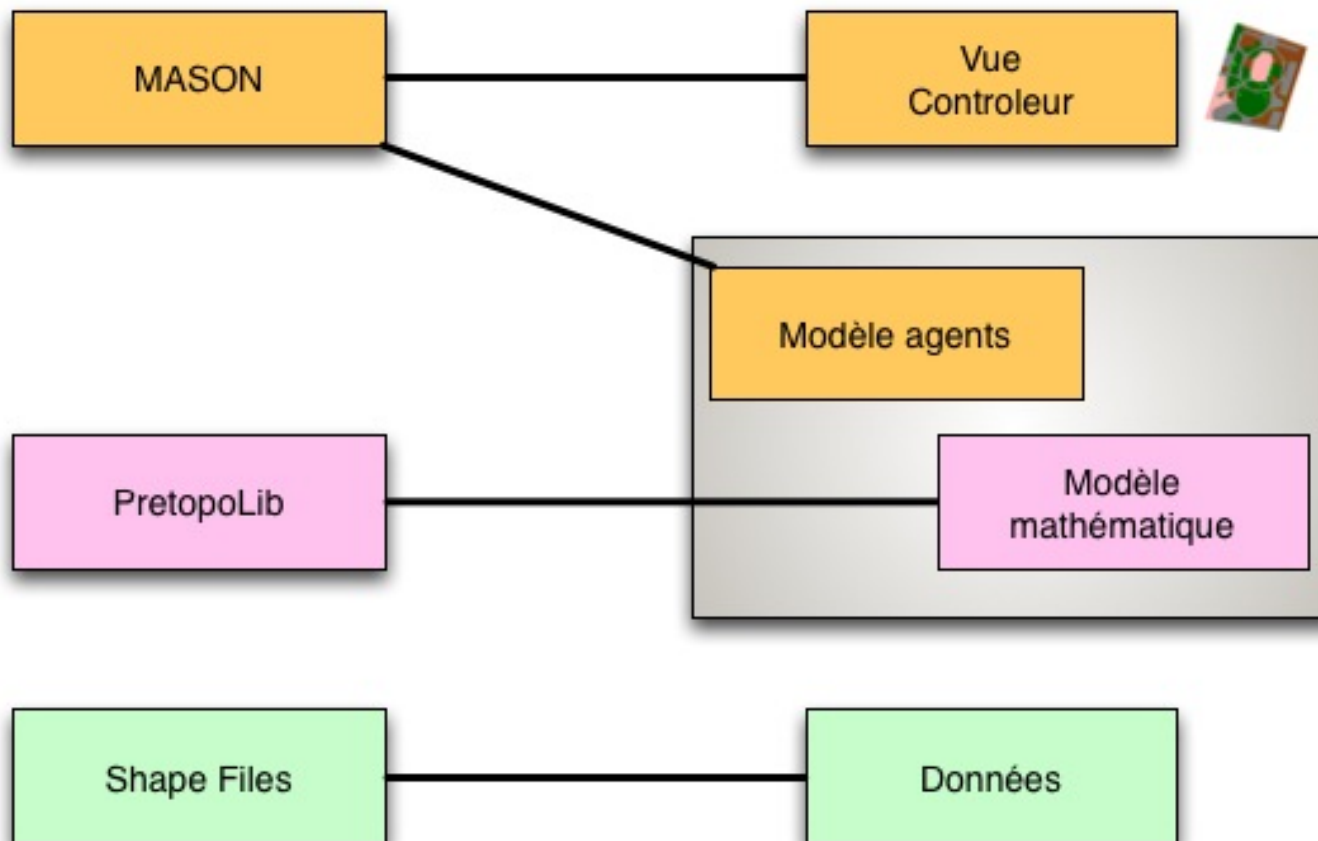
$$B(x,r) = \{ y \in E, d(x,y) \leq r \}$$

Construction d'une *adhérence* sur E

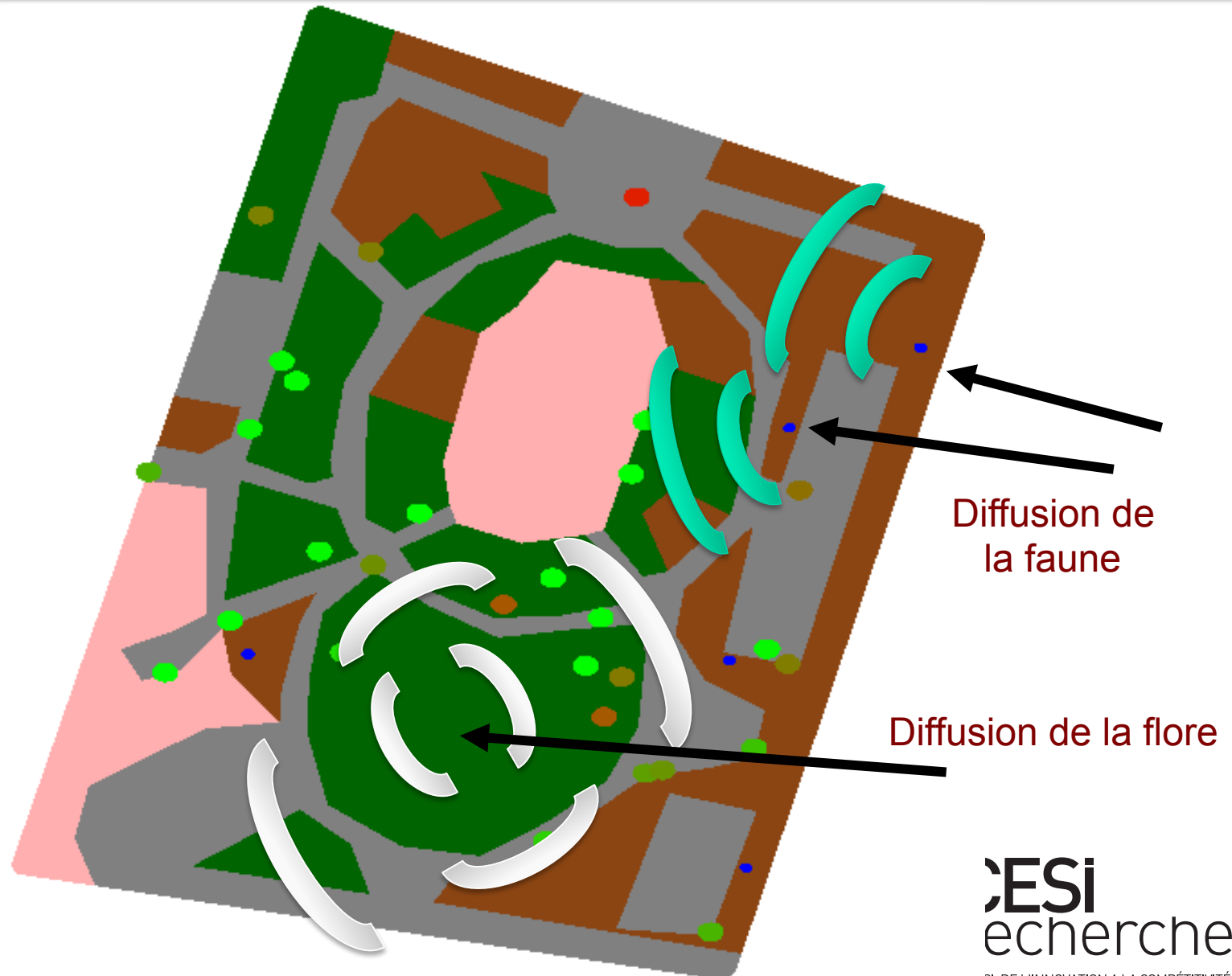
$$\forall A \in P(E), a(A) = \{ x \in E, B(x,r) \cap A \neq \emptyset \}$$

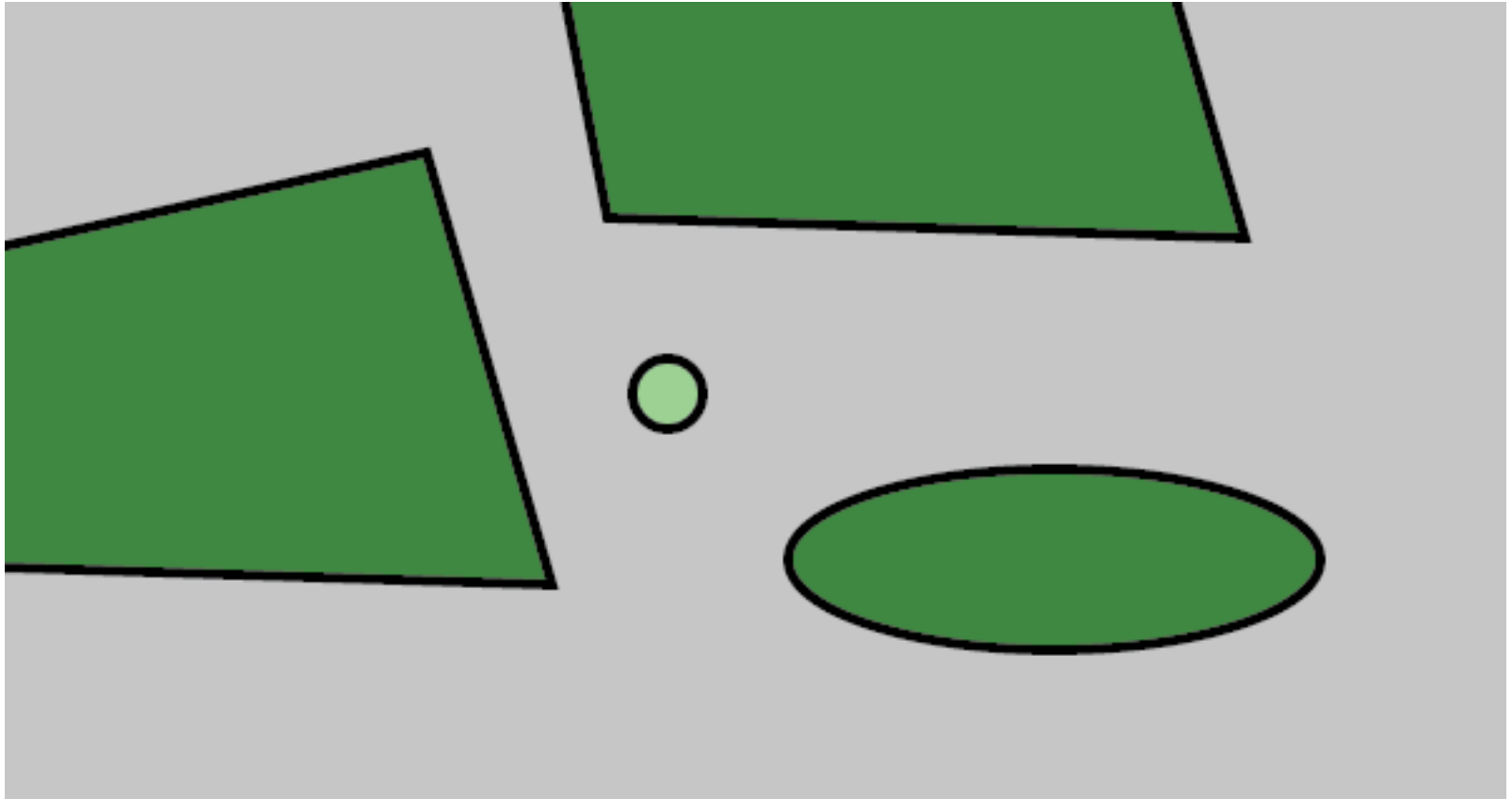
Simulation logicielle

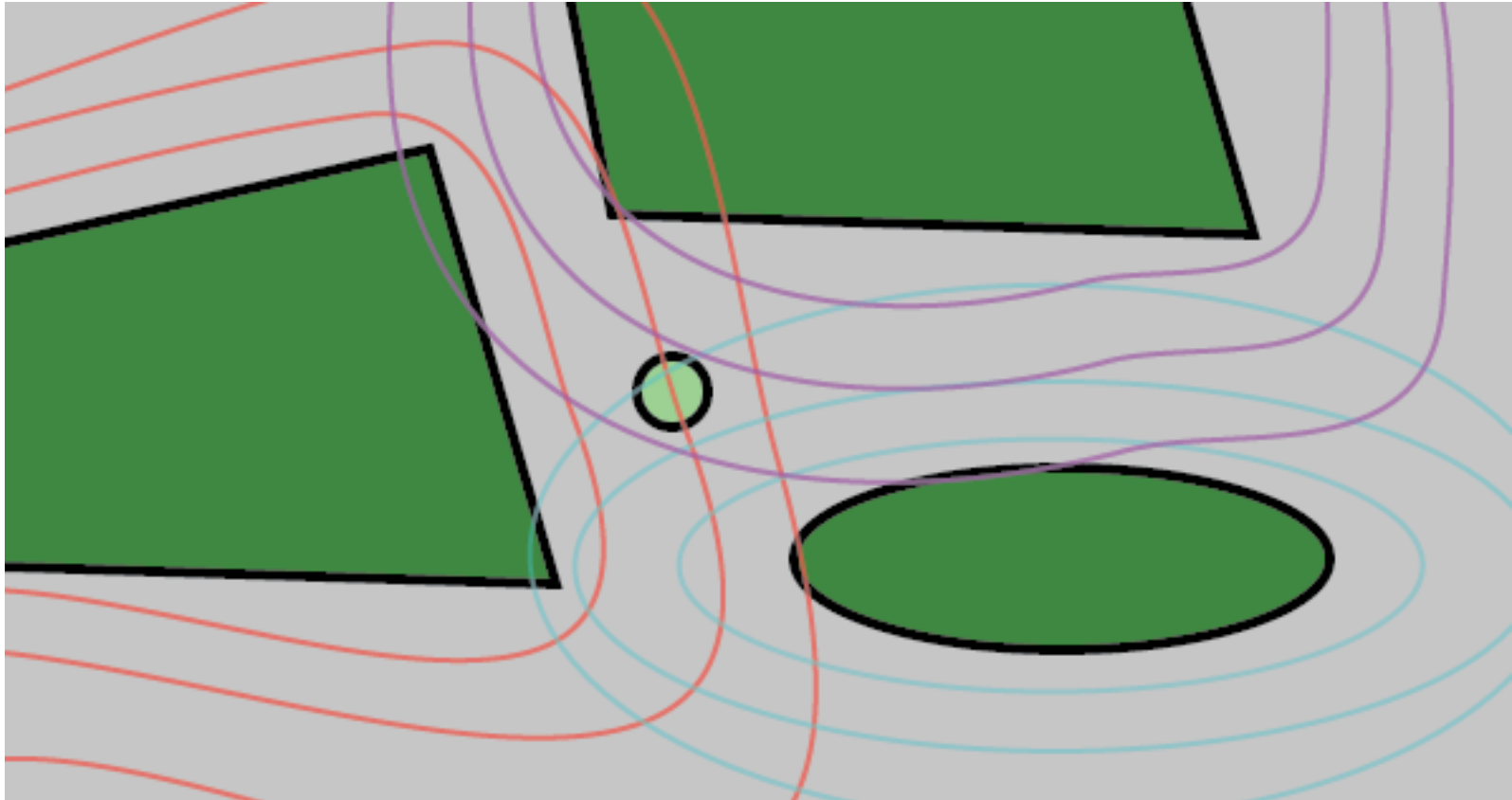
- ❏ Librairie SMA: **MASON**
- ❏ Librairie pour le modèle prétopologique: **PretopoLib**



Exemple







Démonstration

Modèle

- Approche systémique
- Multi-critères
- Multi-échelle
- Pas-à-pas
- Formalisé

Simulation

- Orienté « parc »
- Multi-agents
- Outil d'aide à la décision

Pistes d'évolution

- Prototype POC => version finale
- Caractérisation de parc
- Aide à la décision pour l'implantation



LABORATOIRES DU CESI, DE L'INNOVATION A LA COMPÉTITIVITÉ

LEVORATO Vincent

Chercheur en Informatique

Modélisation/Simulation des Systèmes Complexes



vlevorato@cesi.fr



[@VincentLevorato](https://twitter.com/VincentLevorato)



Allée Titane, 45100 ORLEANS – Campus Universitaire

