

Systèmes et réseaux complexes pour l'intelligence territoriale et les modèles urbains

Cyrille Bertelle

Normandie Univ.
LITIS & ISCN, ULH, F76600 Le Havre, France

Journées Tuniso-Françaises "systèmes complexes"
Cité des Sciences, Tunis

23-25 avril 2012



Plan

- 1 **Positionnement scientifique**
- 2 **Dynamique urbaine**
- 3 **Morphodynamique de réseaux et vulnérabilité**
- 4 **GraphStream**
- 5 **Conclusion**

Positionnement scientifique

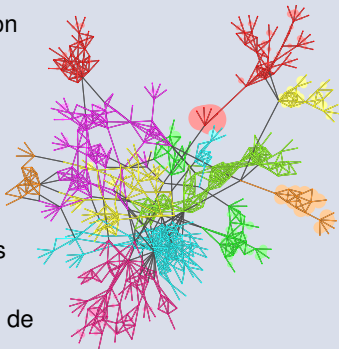
Verrou scientifique :

Morphodynamique des réseaux d'interaction

- (i) détection des structures émergentes
- (ii) étude et contrôle de leur évolution.

Angles d'attaque :

- Méthodes d'intelligence en essaim et d'auto-organisation des systèmes ;
- Graphes dynamiques et flux, modèles adaptatifs et optimisation ;
- Formalisation des interactions à base de systèmes multiagents.

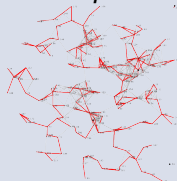


Développements et applications

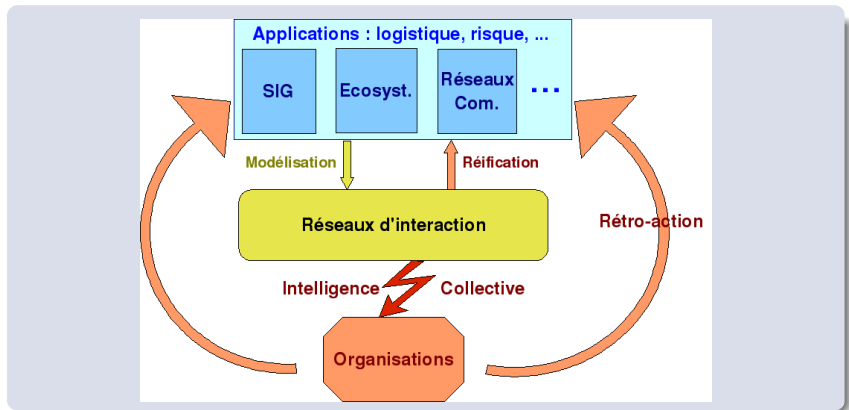
- 1 Intelligence territoriale et modélisation spatialisée du risque
 - ANR-Predit Remus2 + CIFRE (CODAH et RATP) + Protect. population/RISC
- 2 Logistique et planification en environnements dynamiques et incertains
 - ANR Robocoop + Passage portuaire
- 3 Réseaux mobiles adhoc
 - ANR Sarah + BRI (CODAH) + Cotutelles Luxembourg



GraphStream



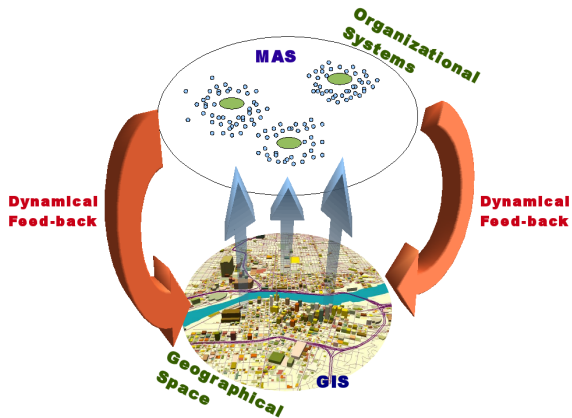
Méthodologie



Plan

- 1 Positionnement scientifique
- 2 Dynamique urbaine**
- 3 Morphodynamique de réseaux et vulnérabilité
- 4 GraphStream
- 5 Conclusion

Dynamique urbaine

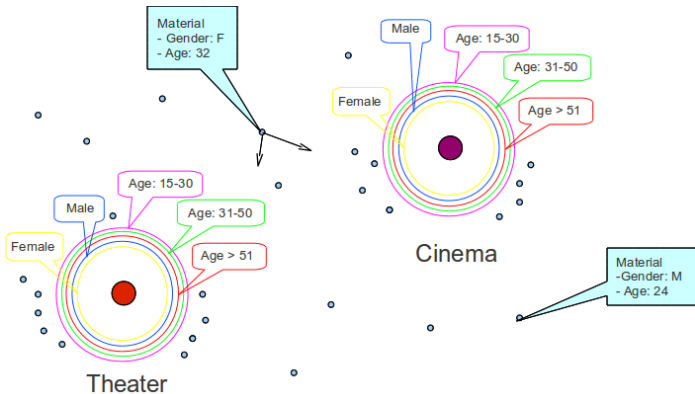


Dynamique urbaine

Problématique

- Usages des équipements urbains (équipements culturels, par exemple), en fonction d'un ensemble de critère (sexe, âge, niveau social, niveau éducatif, ...)
- Rôle de la configuration spatiale et des contraintes spatiales dans ces usages
- Evolution de l'offre de services urbains et adaption de ces services à leurs usagers

Modèle multi-critères et multi-pôles des dynamiques usagers-services culturels



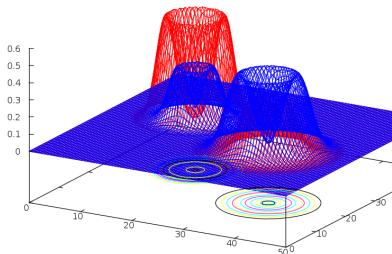
- Dialogue territoire/social
- Stigmergie/"Ant Nest Building"
- Processus déterministes et aléatoires

Fonction de phéromone pour le système d'attractions compétitives

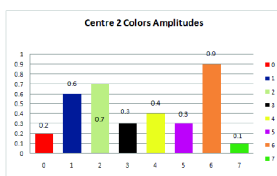
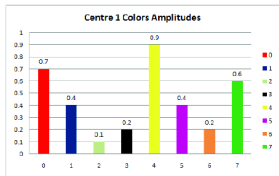
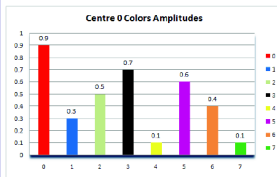
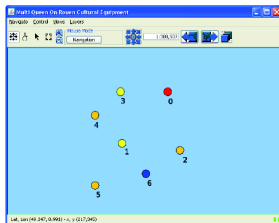
- Fonction d'attraction du centre c_j -coloré, P_i :

$$\Phi_{ij}(M) = a_{ij} \exp \left(-b_{ij} (d(M, P_i) - r_i)^2 \right)$$

- Différentes intensités/amplitudes de l'attraction (a_{ij}) en fonction de la nature et de la situation urbaine des sites culturels.

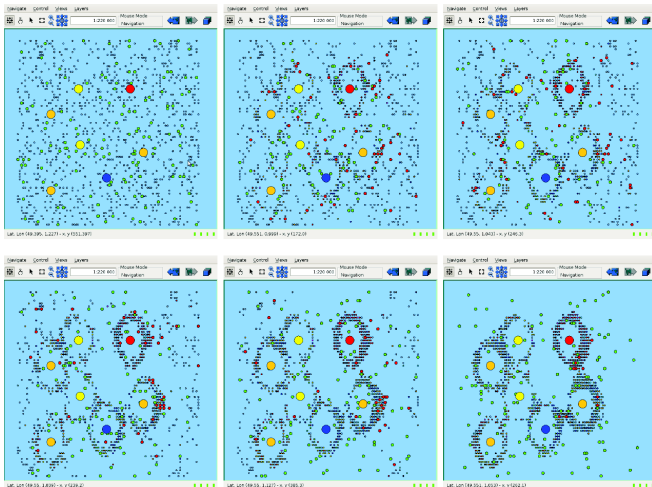


Prototype environnement urbain virtuel sous Repast



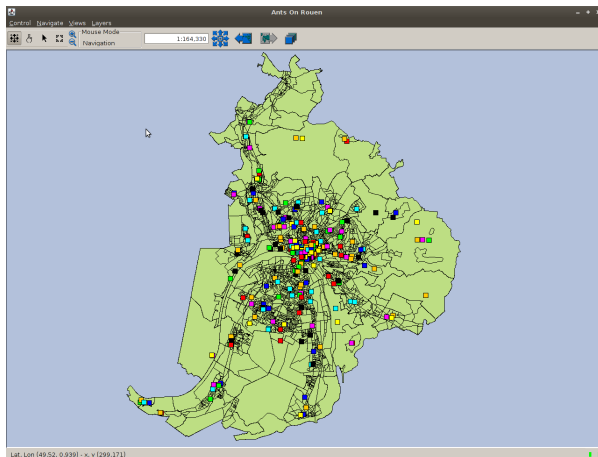
Spatial configuration : 7 centers emitting 8 attractive criteria (colored pheromones)

Prototype environnement urbain virtuel sous Repast

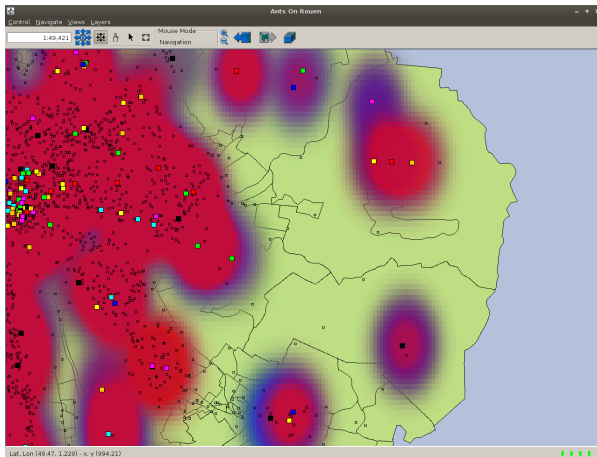


La plateforme de simulation *Rouants*

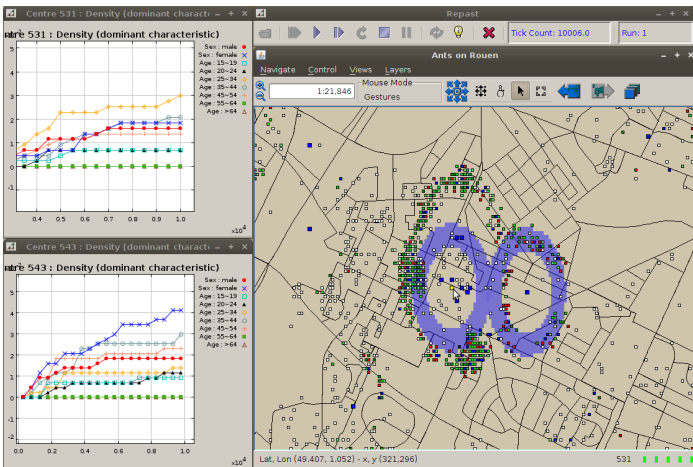
Etude de cas : équipements culturels de la ville de Rouen



La plateforme de simulation *Rouants*



La plateforme de simulation *Rouants*



La plateforme de simulation *Rouants*

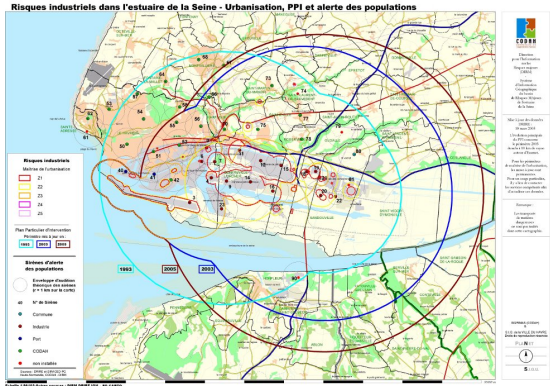
- **Premiers resultats** : mécanismes de compétition faciles à observer ;
- **Éléments d'interprétation** : possibilité d'analyser quel type de public a été attiré pour chaque centre culturel ;
- **Outil d'aide à la décision** : on peut simuler l'effet de l'ouverture d'un nouveau site et l'adaptation du système global de l'offre culturelle à cette nouvelle configuration.
- **Éléments d'amélioration** : "effet central" pas suffisamment pris en compte dans la simulation. Nécessité d'augmenter la force d'attraction des centres culturels majeurs quelque soit la proximité spatiale (centre ville, centre culturel périphérique comme les Zénith)

Plan

- 1 Positionnement scientifique
- 2 Dynamique urbaine
- 3 Morphodynamique de réseaux et vulnérabilité**
- 4 GraphStream
- 5 Conclusion

Risques technologiques et agglomération du Havre

- 33 établissements SEVESO
- Transport de matières dangereuses
- Explosion et diffusion d'un nuage toxique





Risques technologiques et agglomération du Havre

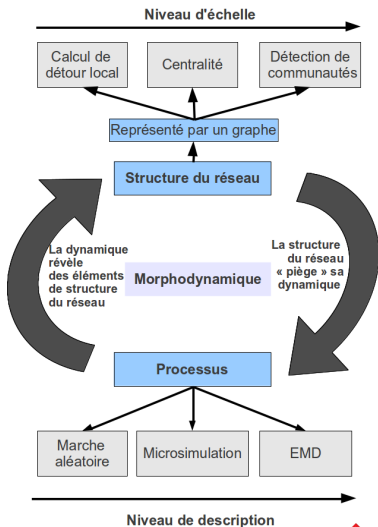
Objectif : produire un système aidant à la décision pour gérer le risque .

Doit-on faire évacuer la population ou la confiner ?

Analyse du réseau routier, de sa structure, de sa morphologie, de son comportement à des processus dynamiques

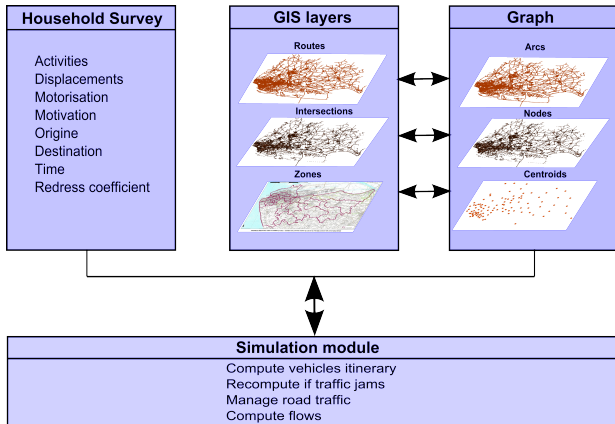
Méthodologie

- La morphologie du réseau conditionne et piège la mobilité
- Le réseau peut présenter des faiblesses structurelles
- La mobilité, les évènements, la dynamique rétro-agissent



SIG, graphes et dynamiques

- Extraction du réseau routier depuis un SIG
- Construction d'un multi-graphe



Deux méthodes d'analyse

- **Analyse structurelle multi-échelle**

- Analyse microscopique
- Analyse mésoscopique
- Analyse macroscopique

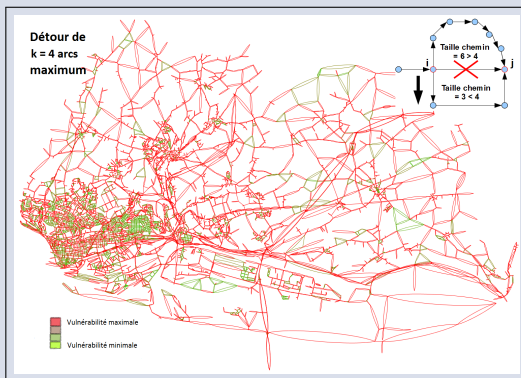
- **Analyse fonctionnelle**

- Marche aléatoire
- Microsimulation

Analyse microscopique de la structure

Évaluation de l'importance des liens du réseau

Quantifier le coût lié à la perte d'un arc



Analyse mésoscopique de la structure

- Centralité d'intermédiation d'un sommet v

$$c_v = \sum_{s \neq v \neq t \in V} \frac{\sigma_{st}(v)}{\sigma_{st}}$$

où σ_{st} est le nombre de plus courts chemins entre s et t et $\sigma_{st}(v)$ est le nombre de plus courts chemins entre s et t passant par v .

Analyse mésoscopique de la structure

- Mesure de la perte d'une partie du réseau au niveau mésoscopique

Pour chaque sommet v :

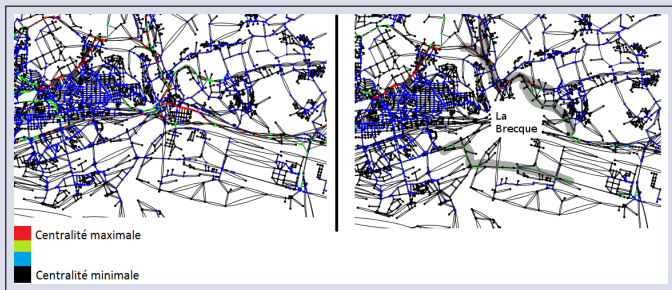
- c_v : centralité initiale de v (le graphe est entier)
- c'_v : centralité de v après la suppression d'une partie du graphe

$$P = \frac{\sum_{v \in V} \left(\frac{|c_v - c'_v|}{\max(c_v, c'_v)} \right)}{|V|}$$

Analyse mésoscopique de la structure

Exemple de la Brecque : nœud routier

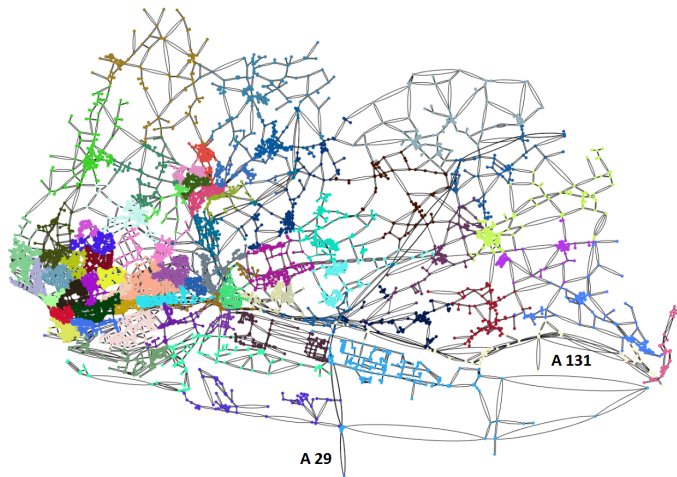
- Cas de la Brecque : $P = 0.4$;
- Moyenne générale observée ailleurs avec le même nombre de sommets : $P = 0.07$.



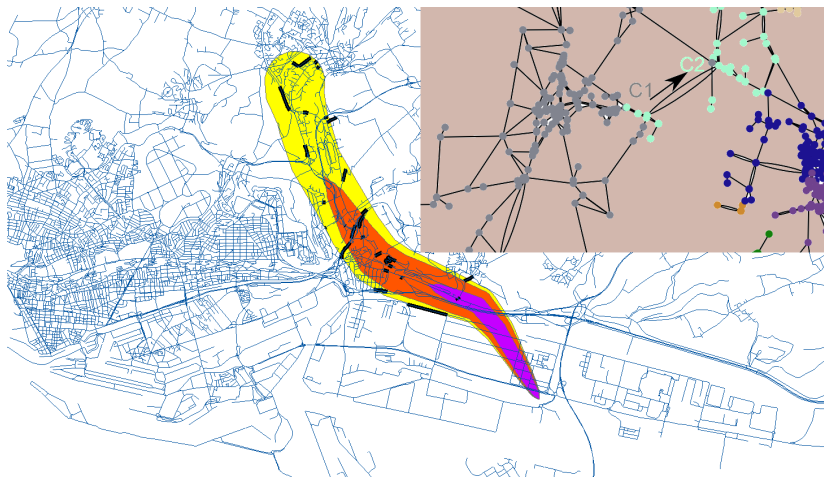
Analyse macroscopique de la structure I

- **Objectif** : Identifier les arcs vulnérables du réseau du fait qu'il sont "incontournables"
→ Trouver les clusters / communautés
- **Communauté** : un ensemble de sommets
 - fortement connectés entre eux
 - faiblement connectés vers l'extérieur de la communauté

Analyse macroscopique de la structure II

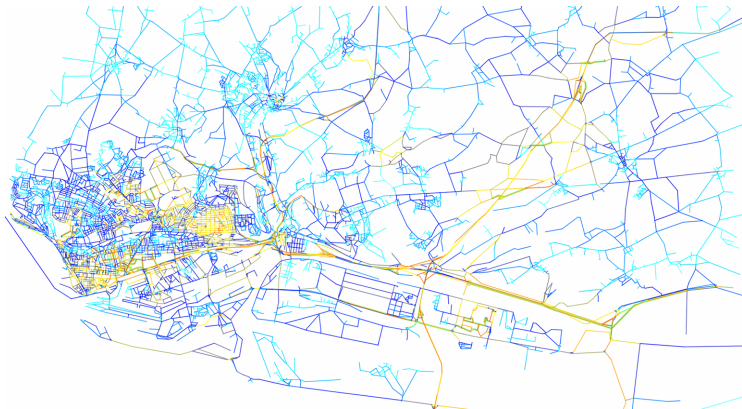


Analyse macroscopique de la structure III



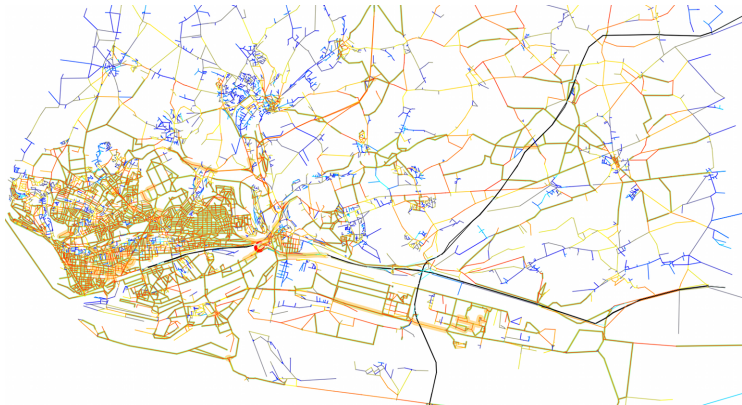
Analyse fonctionnelle - marche aléatoire

Processus dynamiques dans le réseau d'interaction pour détecter des propriétés morphodynamiques



Analyse fonctionnelle - marche aléatoire I

Retrait des deux entrées autoroutières



Plan

- 1 Positionnement scientifique
- 2 Dynamique urbaine
- 3 Morphodynamique de réseaux et vulnérabilité
- 4 GraphStream**
- 5 Conclusion

Graphstream I


Librairie Java pour modéliser les réseaux d'interaction/graphes dynamiques :

- Principe : flux d'évènements dont la structure est une expression à un temps donné
- <http://graphstream-project.org>

Home Download Documentation News Tracker Applications

With GraphStream you deal with graphs. Static and Dynamic.
You create them from scratch, from a file or any source.
You display and render them.

GraphStream
A Dynamic Graph Library



Get some Help:

- Try the [FAQ](#).
- Check the [archives](#) of the users mailing list, or post a question.
- Report bugs with GraphStream in the [issue tracker](#).

Development:

If you are interested in using GraphStream you may want to have a look at the [API](#) or even at the [Source Repository](#). You may also want to check our [roadmap](#).

Latest News:

- [GraphStream 1.0 Video](#)
- [Release 1.0 is out!](#)
- [GraphStream is now using GitHub tracker](#)
- [Graphstream Beta Website Online](#)

Graphstream II

Aperçu de GraphStream

- Un modèle de graphe dynamique
- Un noyau d'algorithmes de base, adaptés à la dynamique
- Un noyau de visualisation

Equipe de développement :

Antoine Dutot, Stefan Balev, Yoann Pigné, Guilhelm Savin
de l'équipe LITIS/RI2C

Vidéo

Plan

- 1 Positionnement scientifique
- 2 Dynamique urbaine
- 3 Morphodynamique de réseaux et vulnérabilité
- 4 GraphStream
- 5 Conclusion**

Conclusion

RI2C - réseau d'interaction et intelligence collective - du laboratoire LITIS

- **Dynamique urbaine**

- Thèse soutenue en June 2009 : Rawan Ghnemat, Assistant Professeur PSUT, Amman, & membre associé de RSS
- Collaboration : Gérard H.E. Duchamp (LIPN, Paris 13), Françoise Lucchini (IDEES/MTG, Rouen)
- Projet RISC du GRR TLTI de Haute-Normandie

- **AntCO2**

- Thèse soutenue en Décembre 2005 : Antoine Dutot, MdC, Normandie Université, Le Havre
- Thèse en cours : Guilhelm Savin
- Travail développé avec Damien Olivier, Frédéric Guinand, ...

Conclusion

● **Vulnérabilité des réseaux routiers**

- Thèse soutenue en avril 2011, convention CIFRE avec la CODAH : Michel Nabaa
- Co-direction avec Damien Olivier et Antoine Dutot
- Coordination scientifique d'une action d'un GRR Haute Normandie : protection des populations
- Projet Predit sur la morphologie urbaine, en collaboration avec LIVE de Strasbourg (D. Badariotti)

● **Graphstream**

- Equipe de développement (LITIS/RI2C, Le Havre) : Antoine Dutot, Yoann Pigné, Stefan Balev, Guilhelm Savin