

GRAPHES D'ACCESSIBILITÉ DYNAMIQUES

J. WHITBECK, M. AMORIM, V. CONAN, J. GUILLAUME

ALGOTEL 2012

jean-loup.guillaume@lip6.fr

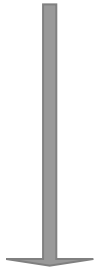
Équipe Complex Networks

LIP6 - CNRS - Université Pierre et Marie Curie



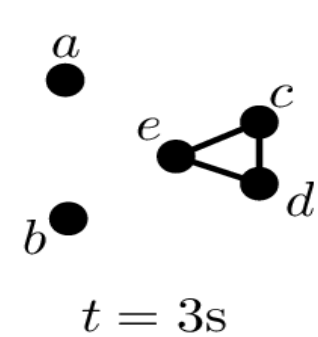
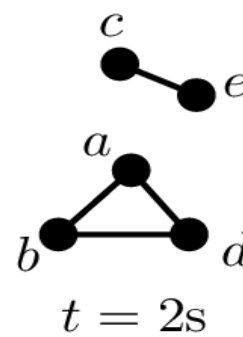
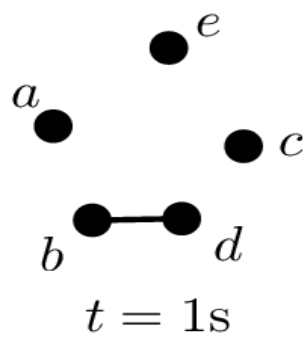
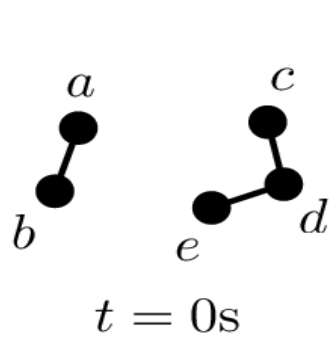
Graphes de connectivité temporels

Trace de contacts



Graphe dynamique

Temps	Noeud 1	Noeud 2	Événement
0	a	b	UP
0	d	e	UP
0	c	e	UP
1	a	b	DOWN
1	d	e	DOWN
1	c	e	DOWN
1	b	d	UP
2	a	b	UP
...			

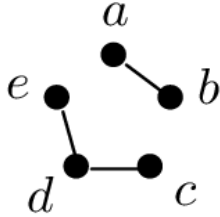
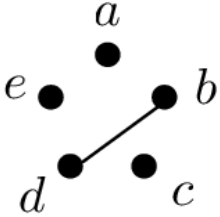
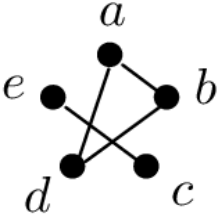
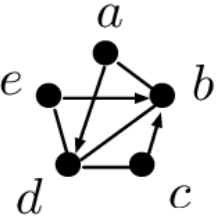
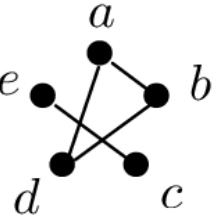
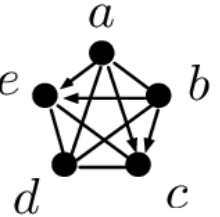


Graphes de connectivité temporels

- Pas de reformulation simple des propriétés de graphes :
 - Plus "court" chemin dans un graphe dynamique ?
 - Certains problèmes simples deviennent compliqués
- Approches classiques :
 - Suivi de propriétés classiques au cours du temps
 - Durée de vie des liens ?
 - Nouvelles propriétés sur la dynamique
 - e.g. contacts et inter contacts : très hétérogènes
- Propriétés agrégés donnent peu d'information :
 - Hétérogénéité globale mais homogénéité par lien
- Connectivité multi-sauts ?

Graphes d'accessibilité dynamiques

Dans un (τ, δ) -graphe d'accessibilité, un arc existe de A vers B à l'instant t s'il existe un chemin spatio-temporel qui parte de A au plus tôt à t et qui arrive en B au plus tard à $t + \delta$ sachant que chaque saut prend un temps τ .

Delay Tolerance (δ)	TRG at $t = 0s$	TRG at $t = 1s$	TRG at $t = 2s$
$\delta = 1s$			
$\delta = 2s$			

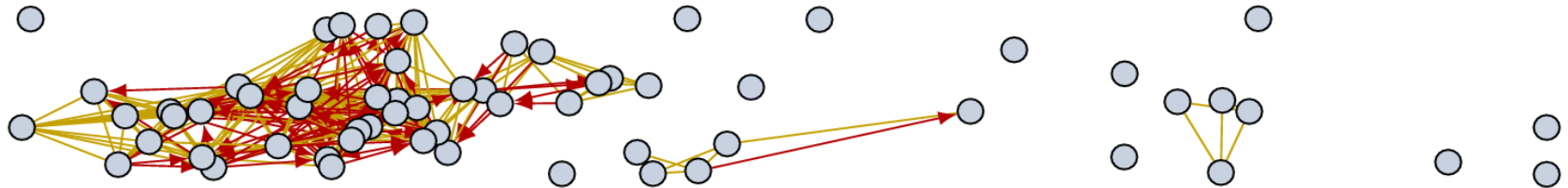
Motivations

- A partir du GAD, des questions de performance de routage deviennent "faciles" :
 - Borne sup du taux d'acheminement moyen à l'instant t ?
 - Point-a-point, broadcast, ...
 - Taille de l'ensemble dominant à l'instant t ?
 - Offloading
- Nouveaux angles d'analyse des graphes de connectivité :
 - Phases de connectivité asymétrique/symétrique
 - Bon diffuseur = grand degré sortant
 - Bon receveur = grand degré entrant

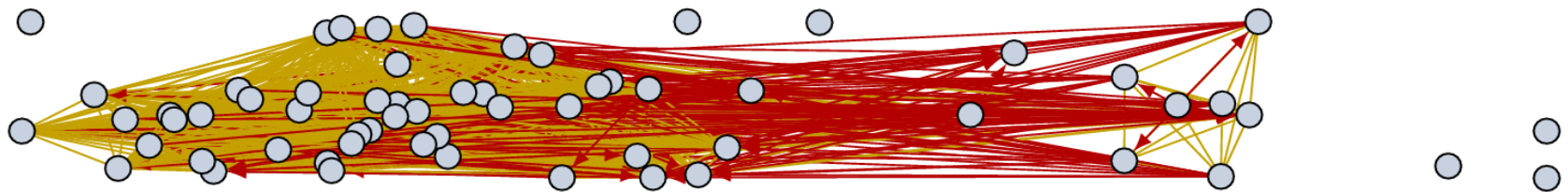
Traces considérées

- Rollernet
 - 62 participants d'une randonnée roller autour de Paris
 - Capteurs Bluetooth
 - Scans de voisinage toutes les 15 secondes
- Stanford High
 - 789 participants (élèves, professeurs, personnel d'un lycée américain) pendant une journée complète de cours
 - Capteurs ZigBee
 - Beacons envoyés toutes les 20 secondes

Exemple 1 : Rollernet



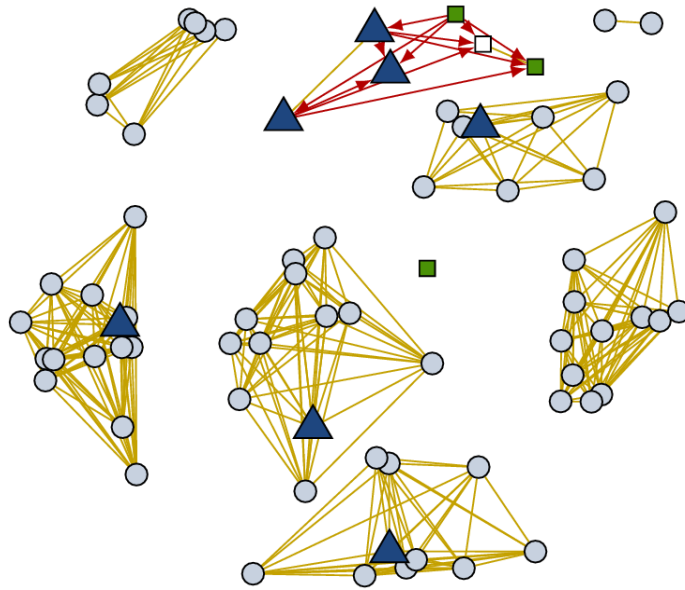
$\delta=10$ secondes, $\tau = 5s$



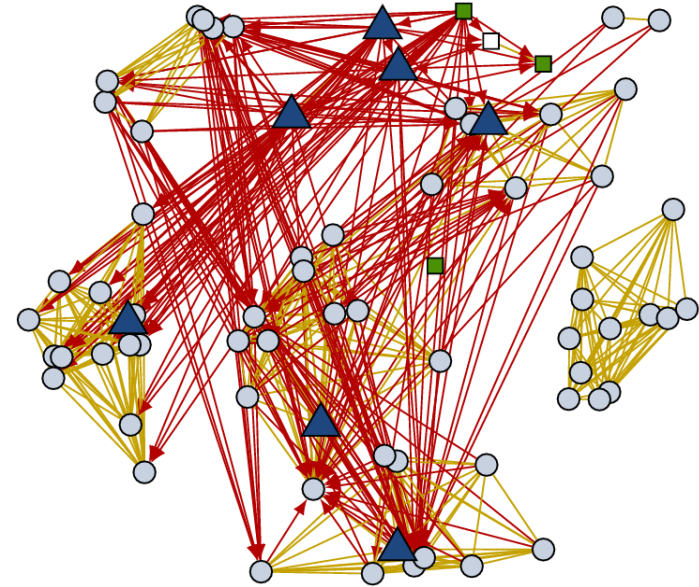
$\delta=60$ secondes, $\tau = 5s$

- GAD pendant un étirement de la trace :
 - Effet d'accordéon
 - Liens asymétriques vers l'arrière de la trace

Exemple 2: Stanford High



$\delta=20$ minutes



$\delta=40$ minutes

- GAD pendant les cours du matin (triangles = enseignants) :
 - Mise en évidence des salles de classe si δ est faible
 - Diffusion pendant les pauses/repas

Composition de GADs

Soit $\mathcal{G}$ un graphe dynamique τ -régulier avec un temps de traversée unitaire τ et $\mathcal{R}_\delta$ et $\mathcal{R}_\mu$ deux de ses graphes d'accessibilité. On définit $\mathcal{R}_\delta \oplus \mathcal{R}_\mu$, le graphe d'accessibilité τ -régulier tel que pour chaque instant $t = k\tau, k \in \mathbb{N}$:

$$(u, v) \in (\mathcal{R}_\delta \oplus \mathcal{R}_\mu)(t) \Leftrightarrow \begin{cases} (u, v) \in \mathcal{R}_\delta(t), \text{ ou} \\ (u, v) \in \mathcal{R}_\mu(t + \delta), \text{ ou} \\ \exists w \in V, (u, w) \in \mathcal{R}_\delta(t) \text{ et } (w, v) \in \mathcal{R}_\mu(t + \delta) \end{cases}$$

- Dans le cas particulier où le pas de temps minimal d'évolution du graphe τ est égal au temps de traversée d'un arc (τ -régularité)

Composition de GADs

Théorème d'additivité. Soit $\mathcal{G}$ un graphe dynamique τ -régulier avec un temps de traversée unitaire τ et $\mathcal{R}_\delta$ et $\mathcal{R}_\mu$ deux de ses graphes d'accessibilité. Si $\exists (d, m) \in \mathbb{N} \times \mathbb{N}$, tel que $\delta = d\tau$ et $\mu = m\tau$, alors :

$$\forall k \in \mathbb{N}, (\mathcal{R}_\delta \oplus \mathcal{R}_\mu)(k\tau) = \mathcal{R}_{\delta+\mu}(k\tau)$$

- Calcul du GAD $\delta+\mu$ à partir des GADs δ et μ
 - Calcul efficace avec un algorithme d'exponentiation rapide
- Cas particulier de τ -régularité et δ et μ bien choisis

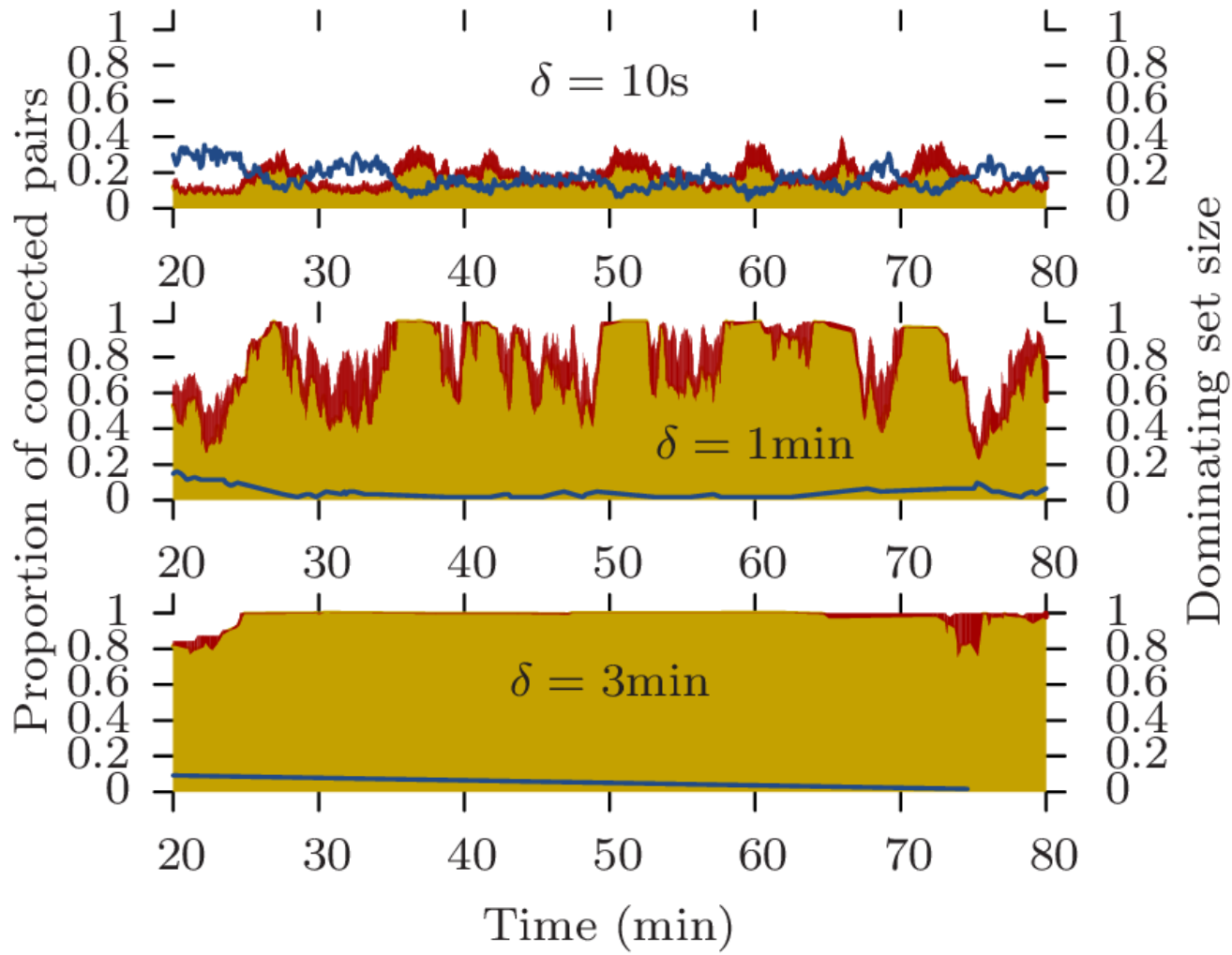
Composition de GADs

- Dans le cas général c'est plus compliqué :
 - On ne part pas toujours au bon moment
 - Le graphe peut bouger plus vite que les transmissions
- Pour $t \neq k\tau$, composition approchée du GAD par :
 - Une borne supérieure qui contient quelques arcs en trop
 - Une borne inférieure à qui il manque quelques arcs
 - Égales si $t = k\tau$
- Lorsque le temps τ de traversée d'un arc est supérieur au temps d'évolution du graphe dynamique :
 - Composition sur des familles de GADs avec délais inférieurs et supérieurs.
 - Multiples compositions de familles de GAD en parallèle

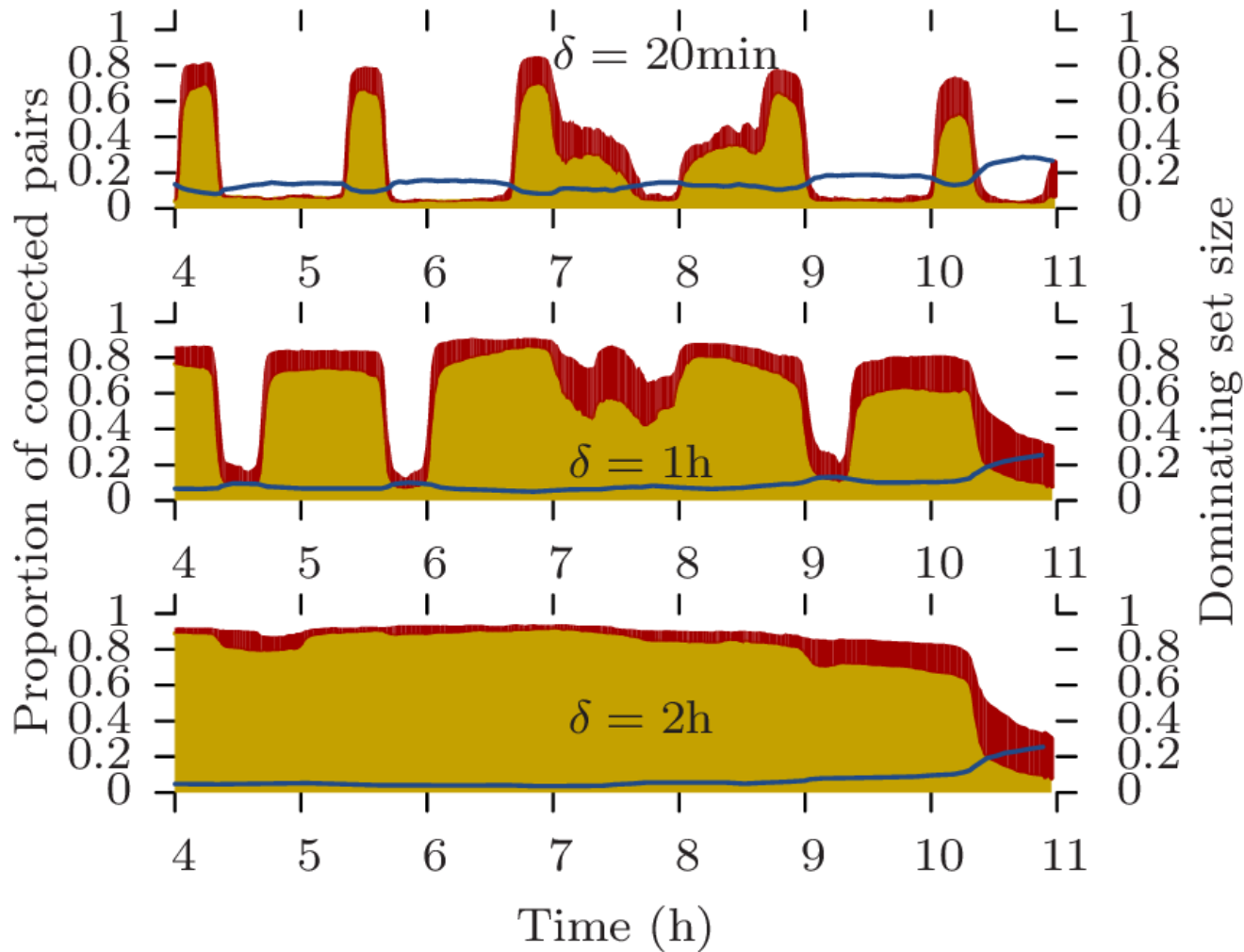
Résultats

- Propriétés étudiées :
 - Densité et asymétrie : taux d'acheminement
 - Ensemble dominant (approximation) : offloading
- Étude de l'évolution de ces propriétés
- Comparaison avec des modèles de mobilité (cf version longue) :
 - Random Way Point
 - Random Way Point + Communities

Rollernet ($\tau=5s$)



Stanford High ($\tau=1s$)



Conclusions

- Formalisme des graphes d'accessibilité dynamiques
- Algorithme de calcul efficace (code en ligne bientôt)
- Nouveaux angles d'analyse (*a posteriori*) sur les graphes de connectivité
 - Bornes de performances de routage :
 - Densité = taux d'acheminement maximal
 - Taille de l'ensemble dominant = ratio d'offload minimal
 - Asymétrie
 - Bons diffuseurs, bons receveurs
- Traces réelles : généralement pas possible d'avoir un acheminement de 100% mais offloading possible

Perspectives

- Amélioration de l'implémentation (hadoop)
- Mise en évidence d'une structure communautaire :
 - Non visible directement dans les traces du fait de l'instabilité des liens
 - Proposition de nouvelles méthodes dans ce contexte
- Analyse statistique dynamique des :
 - Degrés entrants/sortants
 - Durée des liens, etc.
- Modélisation des GADS plutôt que des graphes de contact ?

MERCI

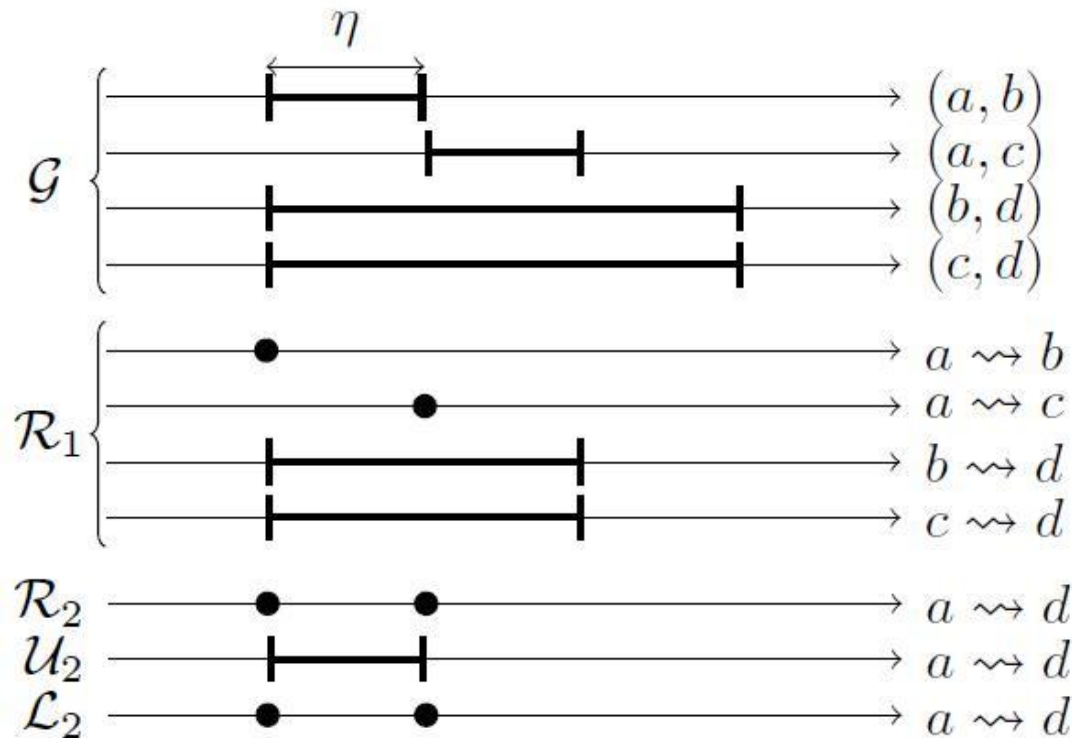
QUESTIONS ?

**Projet supporté par :
ANR-10-JCJC-0202
DiRe (Emergence ville de Paris)
Thalès**

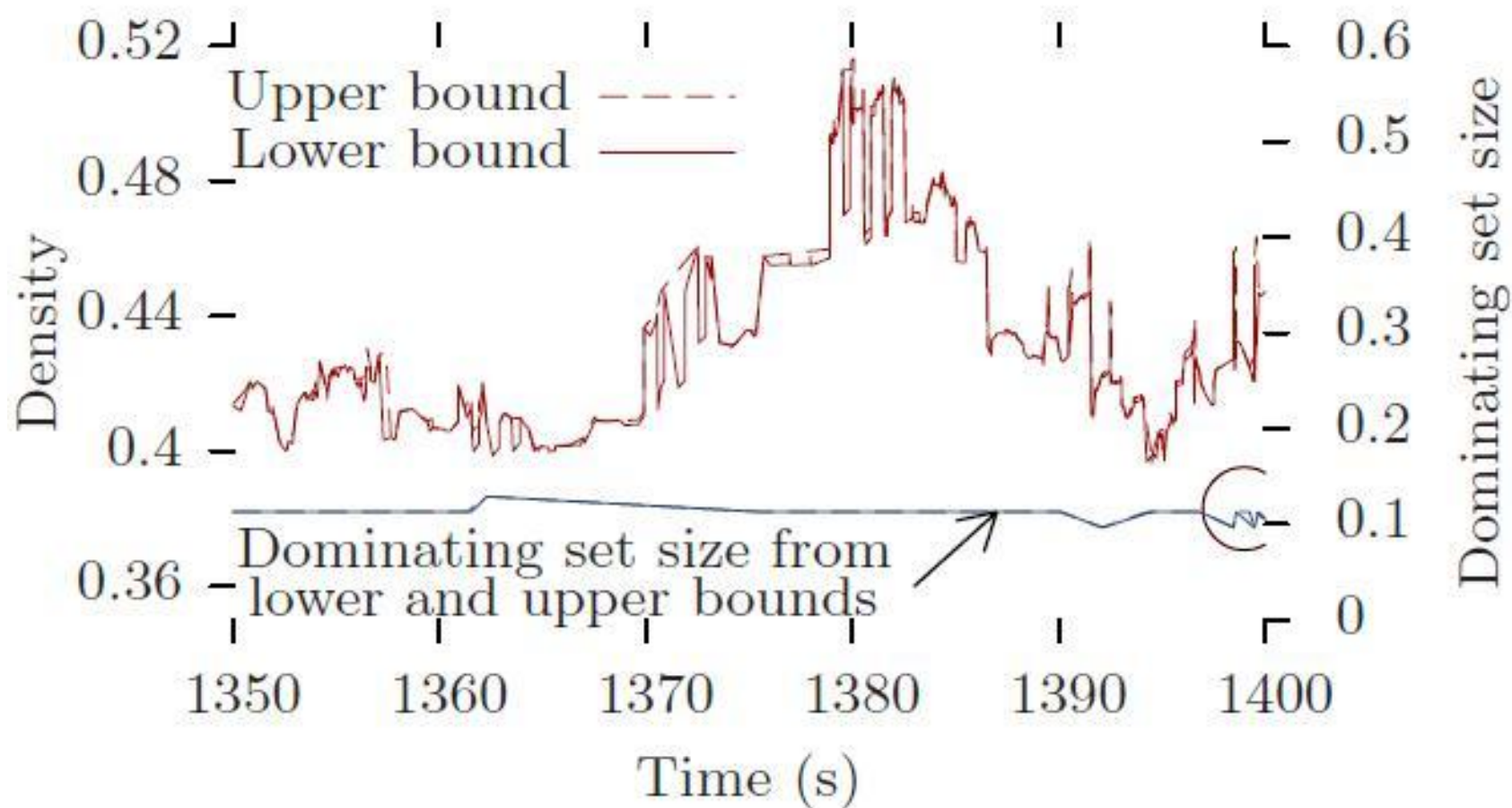


Borne supérieure

- Deux chemins de a vers d en 2 pas de temps (abd , acd)
 - Un seul instant de départ pour chacun
 - Borne sup suppose que si on peut partir à t et à $t+\tau$, on peut partir entre les deux.



Écart entre les bornes



Théorème de décomposition

THEOREM 1 (DECOMPOSITION). *Let $\mathcal{G}$ be a TVG with edge traversal time τ and $\bar{\mathcal{R}} = \{\mathcal{R}_\delta\}_{\delta \geq 0}$ the set of all its reachability graphs. Let $\delta \geq 0$ and $\mu \geq \tau$. Then:*

$$\mathcal{R}_{\delta+\mu} = \bigcup_{0 \leq \epsilon < 1} \mathcal{R}_{\delta+\epsilon\tau} \otimes \mathcal{R}_{\mu-\epsilon\tau}.$$

- Si le théorème simple ne s'applique pas, cela signifie que l'on est en train de traverser un lien à $t+\delta$ (pas τ -régulier).