

Casser des Graphes

– sujet de stage –

Matthieu Latapy

LIP6 – CNRS et Sorbonne Université – Paris

matthieu.latapy@lip6.fr



FIGURE 1 – De gauche à droite : le canal de Suez bloqué par un bateau ; un câble internet sectionné ; blocage du périphérique parisien.

Beaucoup de mouvements sociaux ou écologistes utilisent des **blocages de rues** ou d'autres **perturbations de réseaux d'infrastructures** pour faire entendre leurs voix. Par exemple, la CGT et *Dernière Rénovation* mobilisent des petits groupes d'individus pour bloquer la circulation sur certaines rues. D'autres activistes sectionnent des câbles de télécommunications ou sabotent des antennes. Voir Figure 1.

L'impact réel ou potentiel de telles actions est toutefois mal connu, et très peu étudié. Par exemple, est-il possible de couper une ville, un quartier, ou une région en deux parties déconnectées ? Est-il possible d'isoler du reste du réseau un quartier ciblé ? À quel coût (combien d'axes coupés, de quelle largeur) ? Avec quelles hypothèses ? Comment évaluer l'étendue de la perturbation obtenue ? ...

Ces questions sont très proches de plusieurs problématiques classiques en informatique, notamment l'étude des **coupes de graphes**. Une coupe est un ensemble d'arêtes (ou de sommets) qui, si elles sont supprimées, divisent le graphe en plusieurs composantes connexes. Comme le montre la Figure 2, toutes les coupes ne se valent pas en termes de perturbation.

L'objectif central de ce stage est d'**étudier l'impact potentiel d'actions de blocages dans les réseaux urbains**, avec un haut niveau de réalisme obtenu grâce aux données de terrain extrêmement riches aujourd'hui disponibles, et en tirant parti des implémentations tout aussi riches d'algorithmes de coupes de graphes actuellement disponibles.

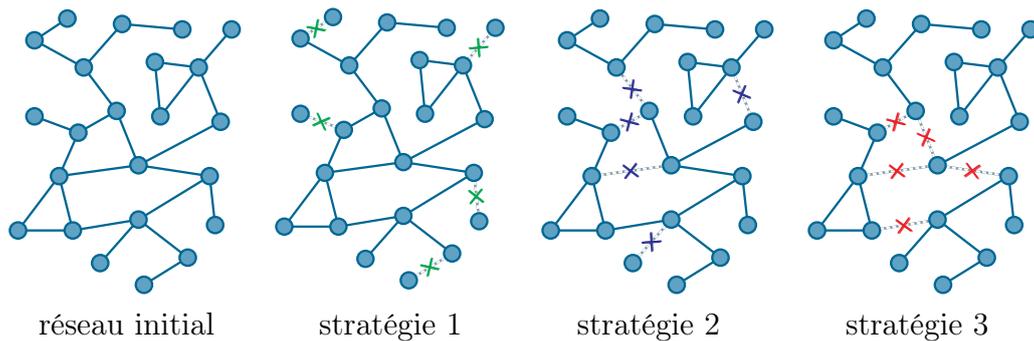


FIGURE 2 – **Un réseau (à gauche), puis trois stratégies supprimant chacune 5 liens.** La stratégie 1 (en vert) laisse l’essentiel du réseau connecté. La stratégie 2 (en bleu) casse le réseau en morceaux déconnectés les uns des autres, mais laisse encore une grosse partie du réseau connectée. La stratégie 3 (en rouge, à droite) fait des morceaux plus petits.

À partir des données *OpenStreetMap*¹, nous voulons tout d’abord **modéliser la ville** comme un graphe de rues et de carrefours, à un niveau de granularité suffisamment fin pour répondre à nos besoins. Nous devons en particulier intégrer des éléments comme la longueur des rues, et leur largeur avec ses variations le long de la rue. La largeur modélisera la capacité de chaque tronçon, et donc sa susceptibilité d’être bloquée.

Après ces modélisations sous forme de graphes valués, nous aurons une approche en un premier temps empirique. Nous appliquerons les algorithmes de **recherche de coupes** de diverses sortes, implémentés notamment dans la librairie KaHIP². Nous analyserons les propriétés des coupes obtenues, afin d’étudier leur pertinence dans notre contexte applicatif. Par exemple, une coupe isolant seulement un sommet ne sera pas très pertinente. Nous étudierons les variantes des problèmes de coupes permettant d’améliorer la pertinence des solutions.

Nous étudierons la possibilité d’**intégrer l’information temporelle** dans les problèmes de coupe, notamment via la modélisation en *stream graphs*³, qui a déjà généralisé de nombreux concepts de théorie des graphes. En particulier, un blocage n’est pas en général de longue durée. Par conséquent, les coupes elles-mêmes doivent être dynamiques : les arêtes ou sommets supprimés ne le sont que temporairement, et peuvent varier au cours du temps.

1. <https://www.openstreetmap.org>

2. <https://kahip.github.io/>

3. *Stream Graphs and Link Streams for the Modeling of Interactions over Time et Weighted, Bipartite, or Directed Stream Graphs for the Modeling of Temporal Networks*, par Matthieu Latapy, Clémence Magnien et Tiphaine Viard, <https://arxiv.org/abs/1710.04073> et <https://arxiv.org/abs/1906.04840>