

Dynamique de la topologie de l'internet : impact de la fréquence de mesure sur les observations

Sergey Kirgizov

Clémence Magnien
Azhu Liu

Fabien Tarissan

LIP6

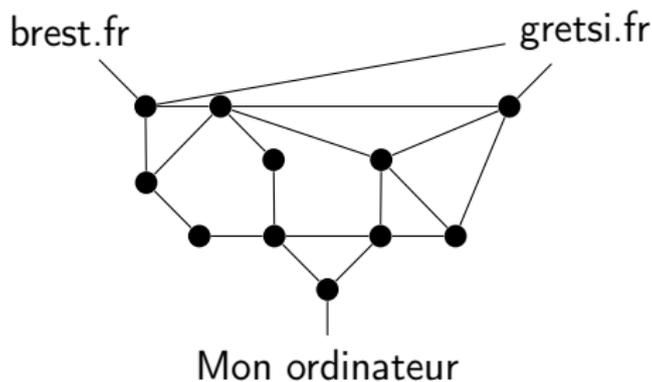
XXIVe colloque GRETSI, 2013



Plan

- ① Dynamique de la topologie et modélisation
- ② Impact de la fréquence de mesure
- ③ Discussion et perspectives

Topologie de l'internet



nœuds : ordinateurs

liens : connections entre les ordinateurs

Dynamique de la topologie de l'internet

Pas de carte officielle de l'internet

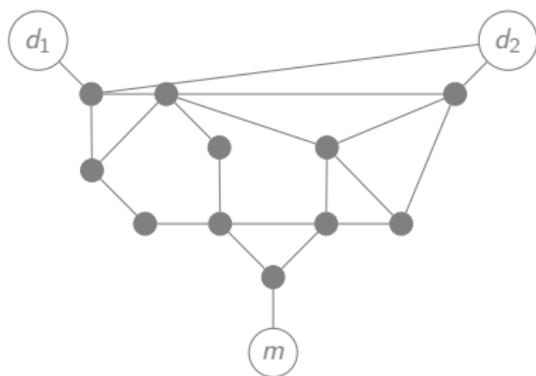
Une carte statique ?

Mesures longues et coûteuses;
Biais sur la structure observée. } \implies Pas de carte fiable

Etude de la dynamique ?

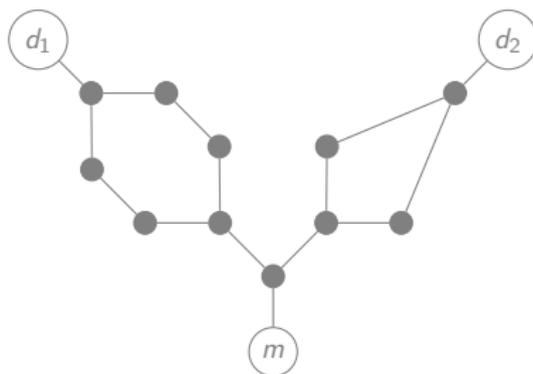
Tous les problèmes statiques;
Changements de chemins. } \implies Pas si facile

Vues ego-centrées



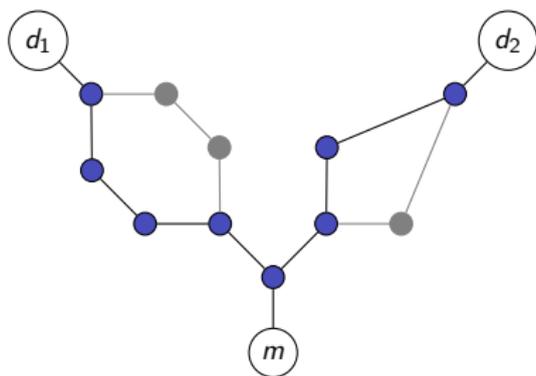
Carte complète

Vues ego-centrées



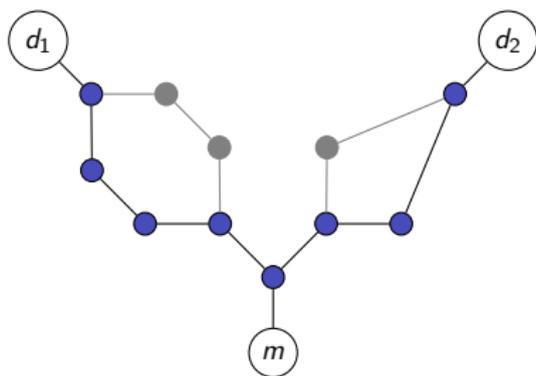
(Plus courtes) routes entre un moniteur et destinations

Vues ego-centrées



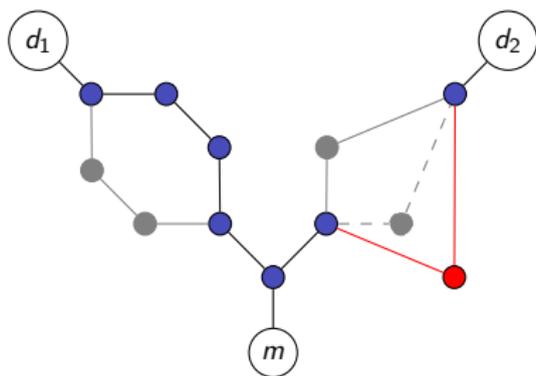
Une mesure par l'outil tracetree

Vues ego-centrées



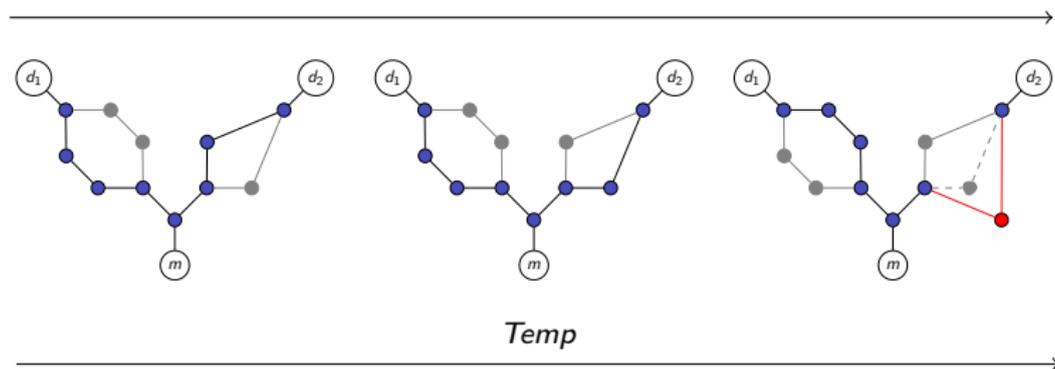
Une autre mesure par l'outil tracetree

Vues ego-centrées



Une autre mesure par l'outil tracetree

Dynamique des vues ego-centrées

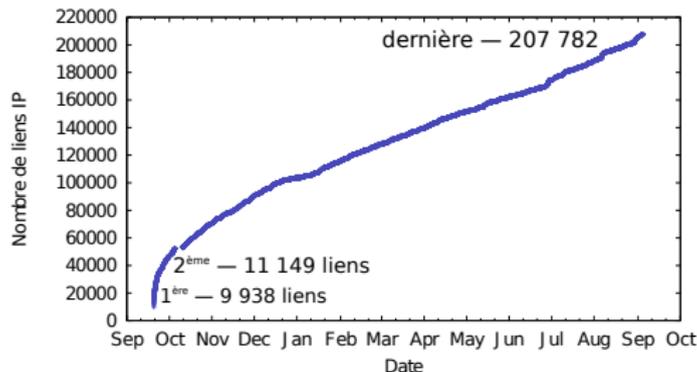


Mesures périodiques rapides \implies étude de la dynamique

Caractérisation de la dynamique

Mesures : $M_1, M_2, \dots, M_i, \dots$

Nombre de liens vus depuis le début : $x \mapsto \left| \bigcup_{i \in [1, x]} M_i \right|$ # liens

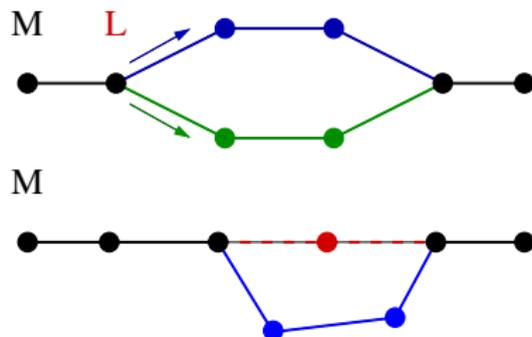


découverte en permanence de nouvelles liens IP
à une **vitesse élevée**

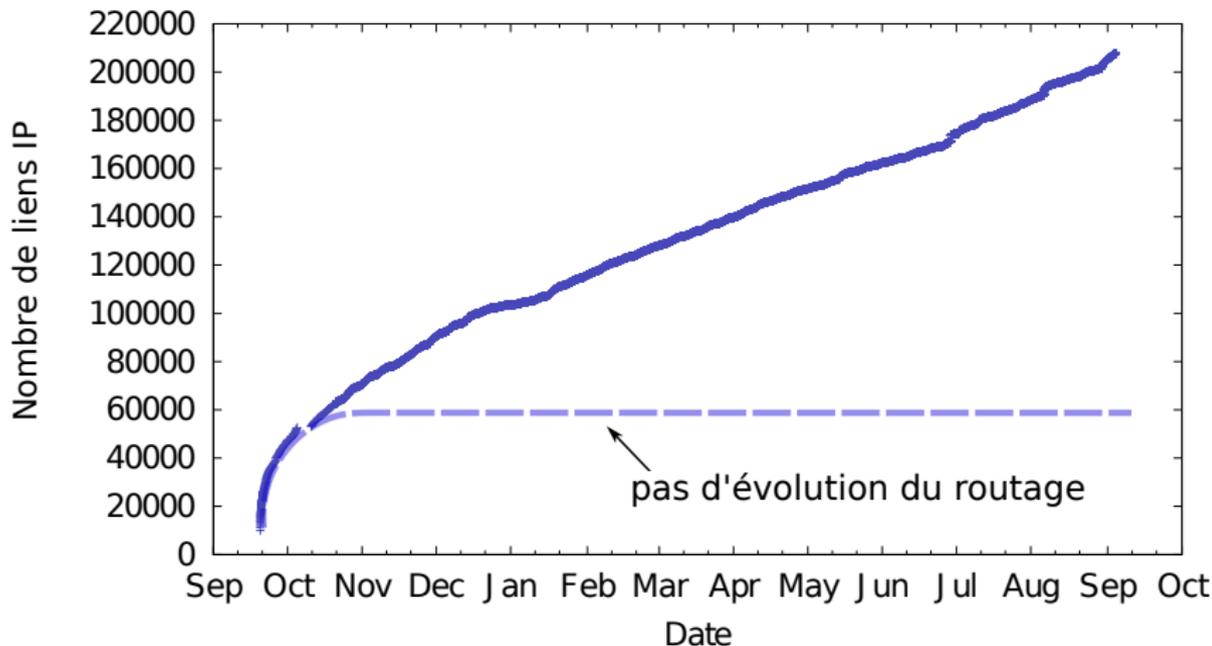
Causes de la dynamique observée

Causes

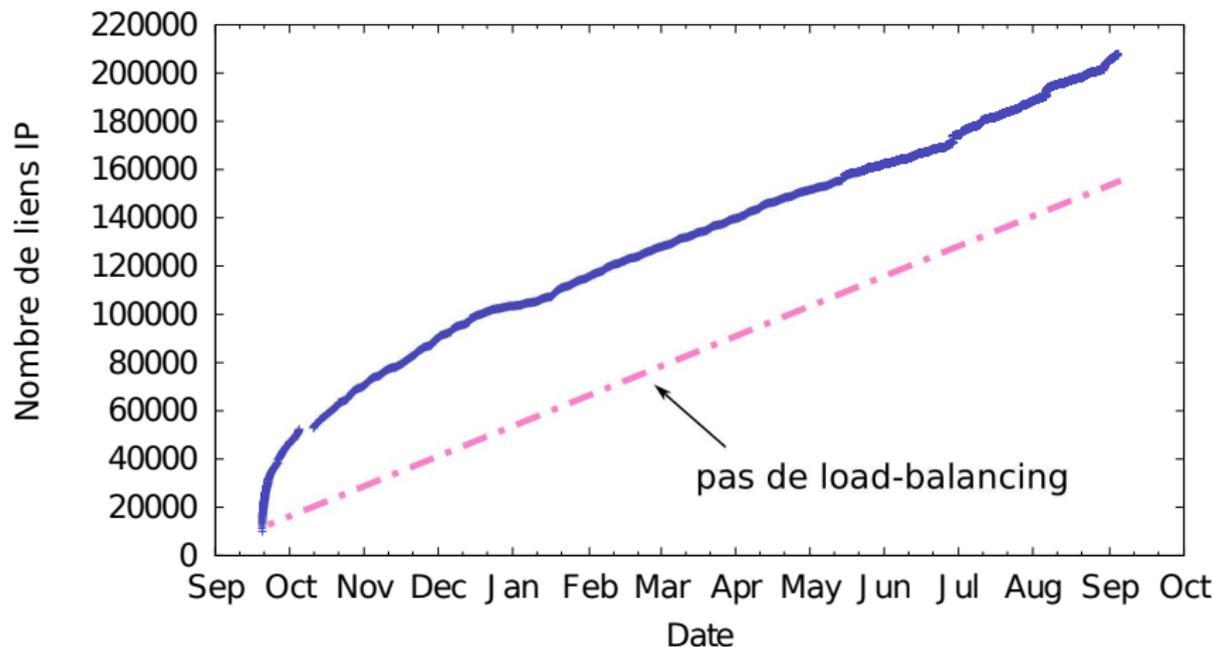
- *Load-balancing*
- Évolution du routage



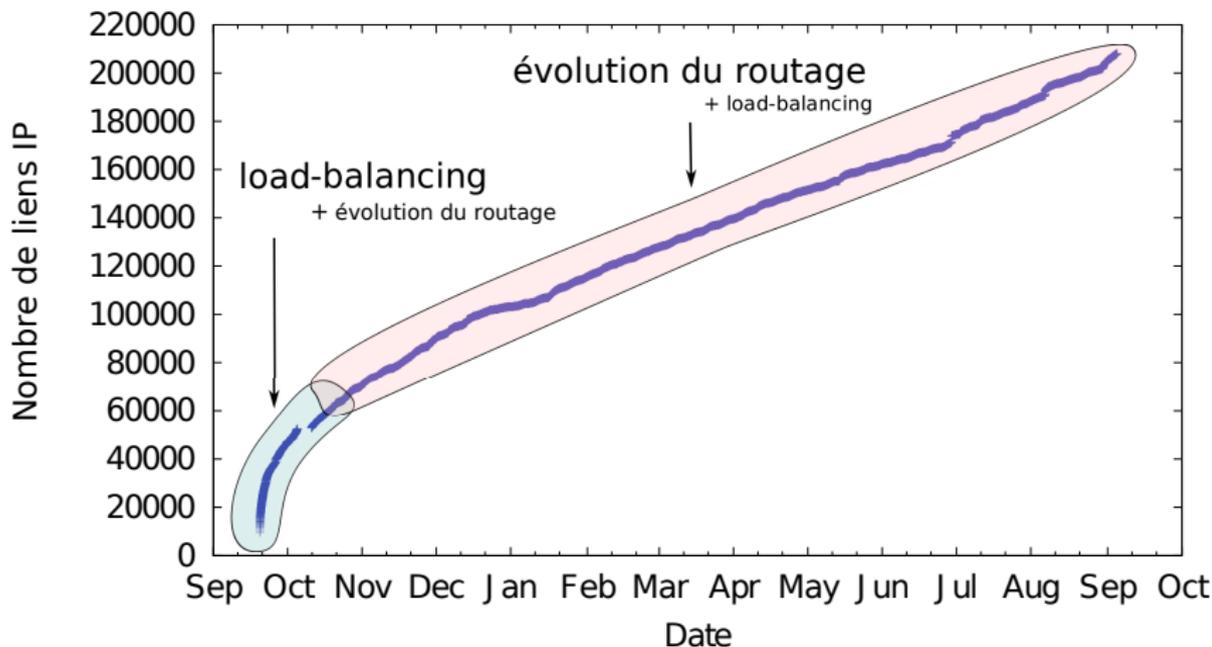
Load-balancing vs évolution du routage



Load-balancing vs évolution du routage

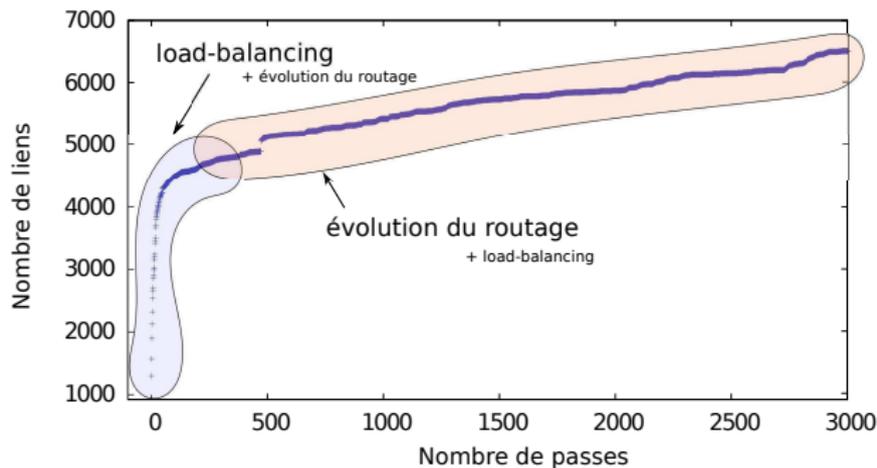


Load-balancing vs évolution du routage



Modèle basé sur les graphes aléatoires

Nombre de liens distincts vus depuis le début de la mesure

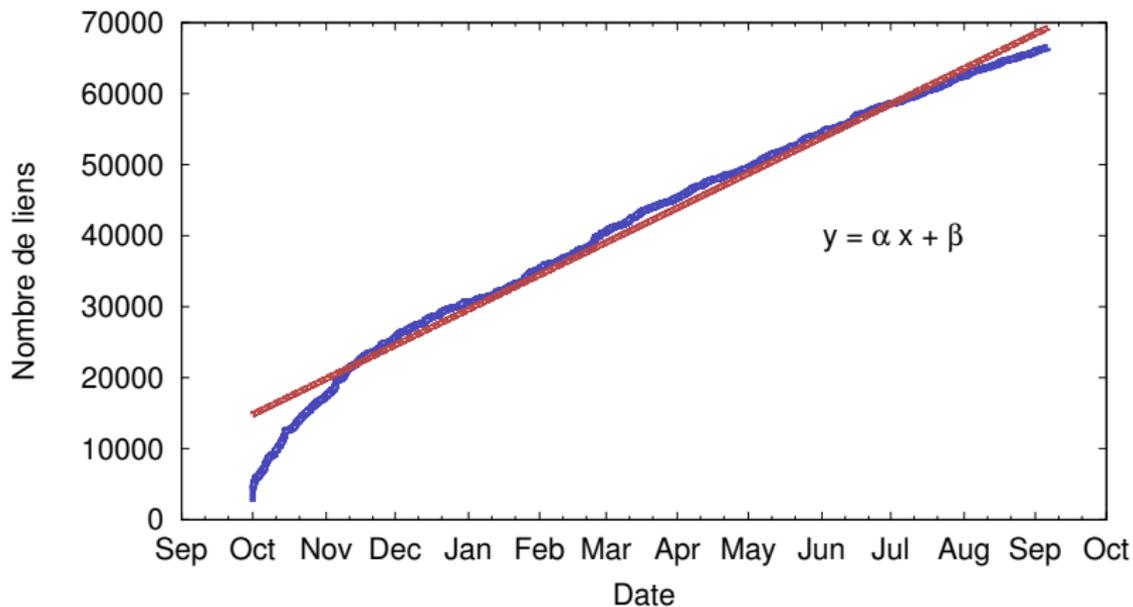


Observations similaires à la réalité

Plan

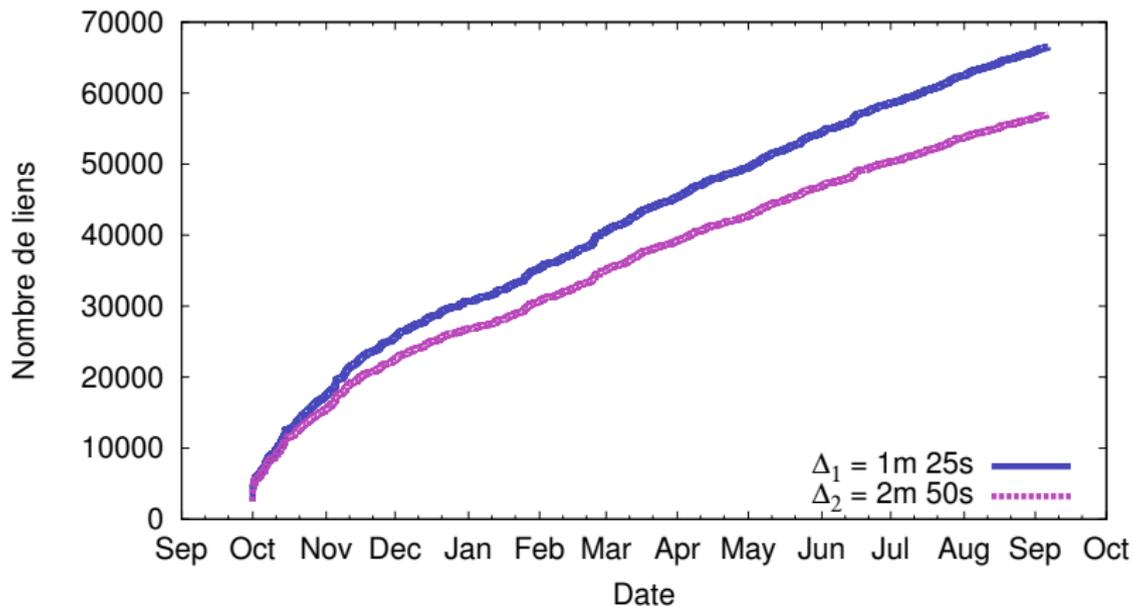
- ① Dynamique de la topologie et modélisation
- ② Impact de la fréquence de mesure
- ③ Discussion et perspectives

Vitesse de changement de la topologie ?



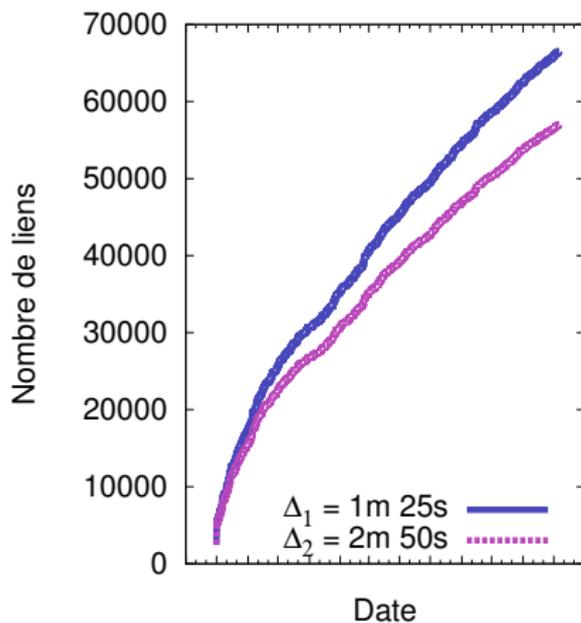
α est la pente de la partie linéaire

$$\alpha = f(\Delta)$$



$\alpha = f(\Delta)$, où Δ est le délai entre les mesures
 $\alpha(\Delta_1) > \alpha(\Delta_2)$

$$\alpha = f(\Delta)$$



Réalité

$A \rightarrow \dots \rightarrow B \rightarrow \dots \rightarrow C$

Δ_1

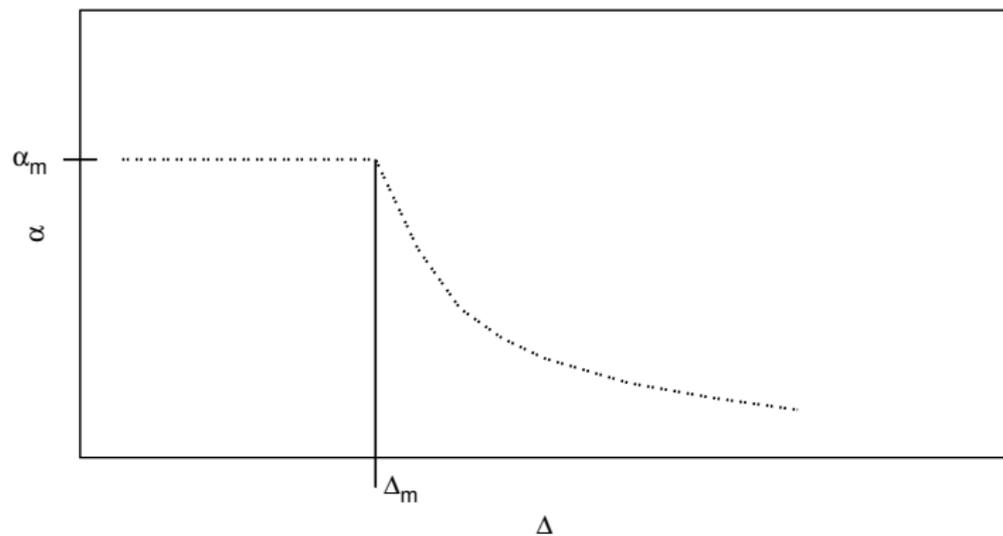
$A \rightarrow B \rightarrow C$

Δ_2

$A \rightarrow C$

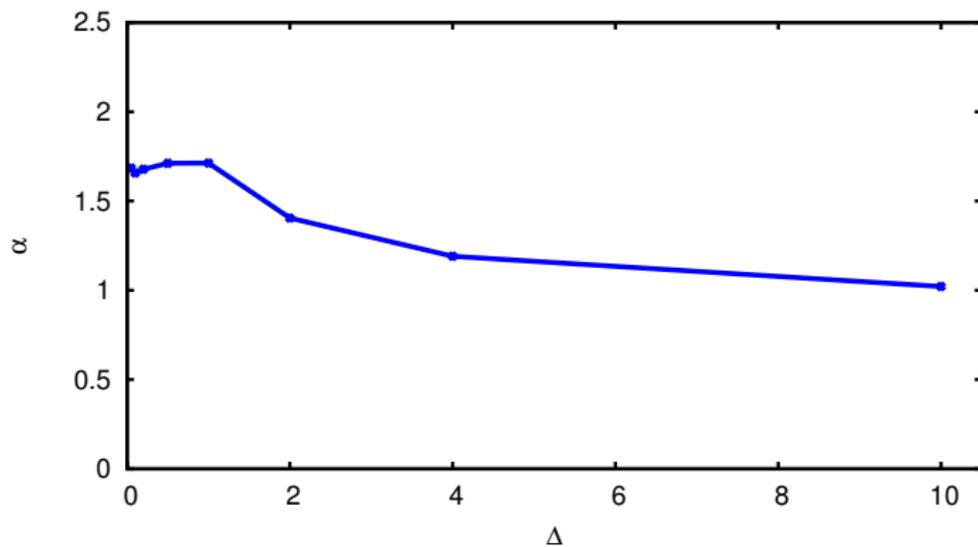
$$|A \cup C| \leq |A \cup B \cup C|$$

Situation attendue

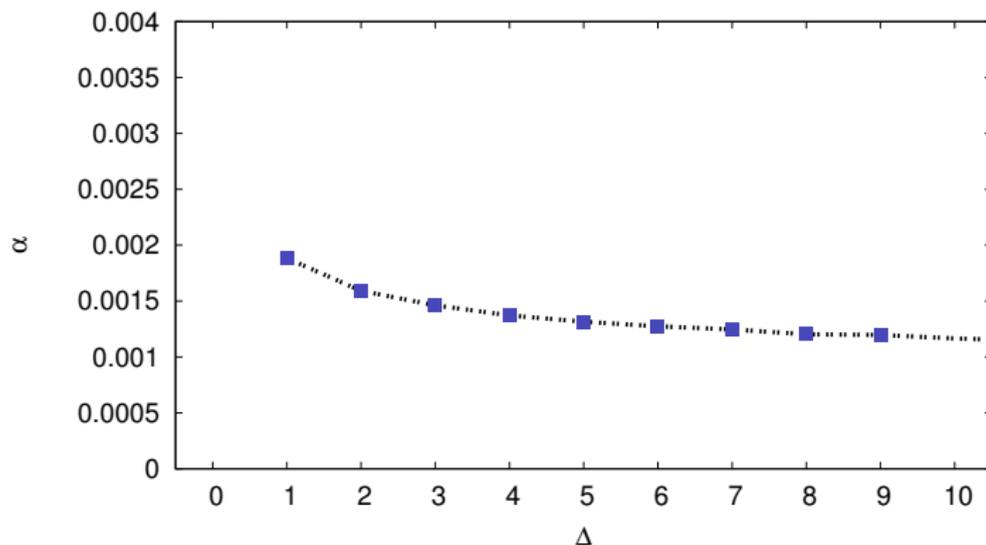


α_m est la pente maximale possible

Cas du modèle



Réalité



$$\Delta_1 = \Delta_{\text{original}} = 1\text{m } 25\text{s}$$

$$\Delta_n = n \cdot \Delta_{\text{original}}, \text{ une mesure sur } n$$

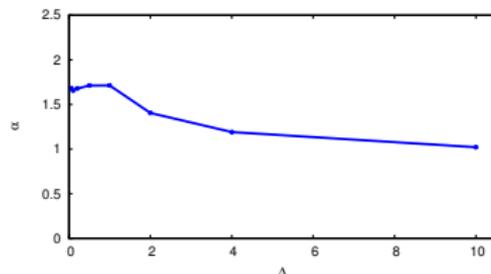
Plan

- ① Dynamique de la topologie et modélisation
- ② Impact de la fréquence de mesure
- ③ Discussion et perspectives

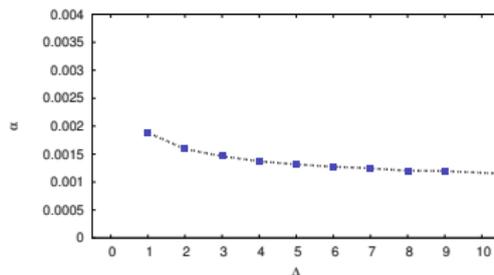
Conclusion

Mesure-t-on assez rapidement ?

Modèle : fréquence optimale identifiée



Réalité : on n'est pas sûr



À venir

Fréquence optimale dans le cas réel ?

impossible à observer empiriquement

- Développer une méthode analytique
- Prédire la vitesse de changement

$$\lim_{\Delta \rightarrow 0} \alpha(\Delta) = ?$$

Sous-échantillonnage non-classique?

Signal $f : \mathcal{T}\mathcal{I}\mathcal{M}\mathcal{E} \rightarrow \mathcal{S}$

$f(t)$ est l'ensemble de tous les chemins existants
entre le moniteur et les destinations à l'instant t

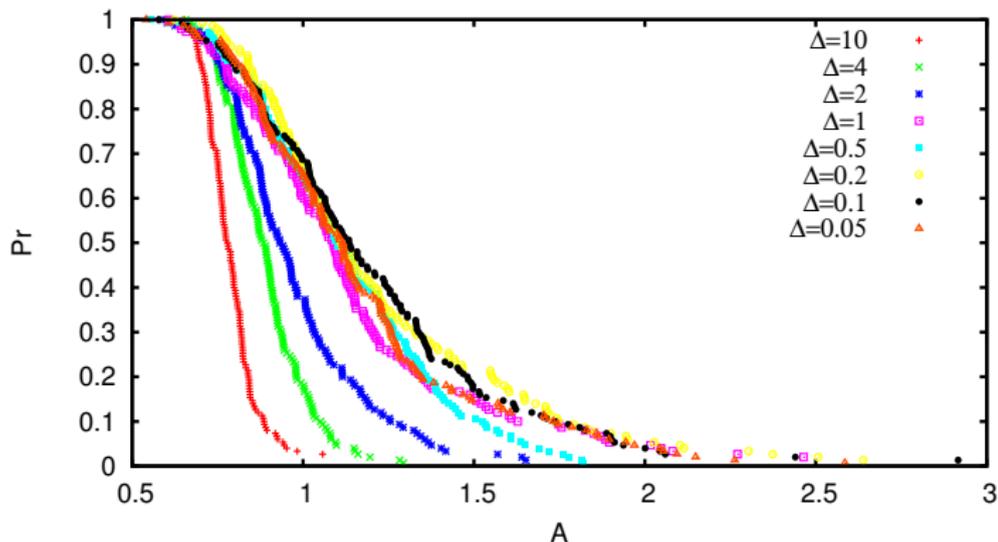
Mesure $m : \mathcal{T}\mathcal{I}\mathcal{M}\mathcal{E} \rightarrow \mathcal{S}$

$$m(t) \subset f(t)$$

Comment estimer $f(t)$ de notre échantillonnage partiel ?

Questions?

... Cas du modèle



complementary cumulative distribution, $\Pr[\alpha > A]$

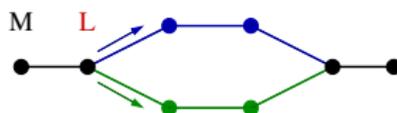
Modélisation

Topologie du réseau ← graphe aléatoire

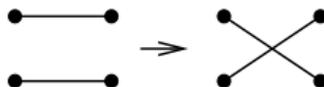
Moniteur ← 1 nœud aléatoire

Destinations ← d nœuds aléatoires

Mesure ← plus courts chemins (aléatoires)



Évolution du routage ← s swaps



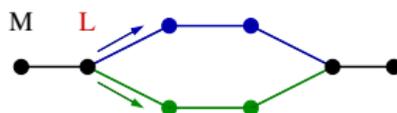
Modélisation

Topologie du réseau ← graphe aléatoire

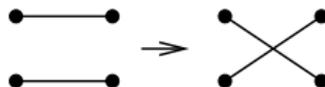
Moniteur ← 1 nœud aléatoire

Destinations ← d nœuds aléatoires

Mesure ← plus courts chemins (aléatoires)



Évolution du routage ← s swaps



Mesure 1

Modélisation

Topologie du réseau \leftarrow graphe aléatoire

Moniteur \leftarrow 1 nœud aléatoire

Destinations \leftarrow d nœuds aléatoires

Mesure \leftarrow plus courts chemins (aléatoires)



Évolution du routage \leftarrow s swaps



Mesure 1 $\xrightarrow{\text{swaps}}$

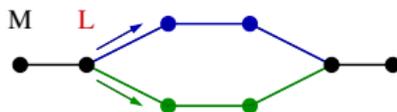
Modélisation

Topologie du réseau \leftarrow graphe aléatoire

Moniteur \leftarrow 1 nœud aléatoire

Destinations \leftarrow d nœuds aléatoires

Mesure \leftarrow plus courts chemins (aléatoires)



Évolution du routage \leftarrow s swaps



Mesure 1 $\xrightarrow{\text{swaps}}$ Mesure 2

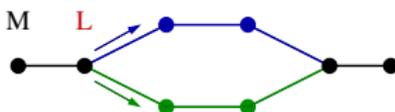
Modélisation

Topologie du réseau \leftarrow graphe aléatoire

Moniteur \leftarrow 1 nœud aléatoire

Destinations \leftarrow d nœuds aléatoires

Mesure \leftarrow plus courts chemins (aléatoires)



Évolution du routage \leftarrow s swaps



Mesure 1 $\xrightarrow{\text{swaps}}$ Mesure 2 $\xrightarrow{\text{swaps}}$

Modélisation

Topologie du réseau \leftarrow graphe aléatoire

Moniteur \leftarrow 1 nœud aléatoire

Destinations \leftarrow d nœuds aléatoires

Mesure \leftarrow plus courts chemins (aléatoires)



Évolution du routage \leftarrow s swaps



Mesure 1 $\xrightarrow{\text{swaps}}$ Mesure 2 $\xrightarrow{\text{swaps}}$ Mesure 3

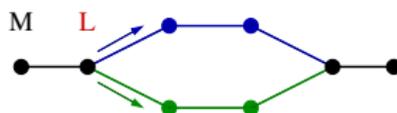
Modélisation

Topologie du réseau \leftarrow graphe aléatoire

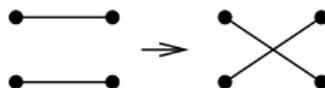
Moniteur \leftarrow 1 nœud aléatoire

Destinations \leftarrow d nœuds aléatoires

Mesure \leftarrow plus courts chemins (aléatoires)



Évolution du routage \leftarrow s swaps



Mesure 1 $\xrightarrow{\text{swaps}}$ Mesure 2 $\xrightarrow{\text{swaps}}$ Mesure 3 $\xrightarrow{\text{swaps}}$

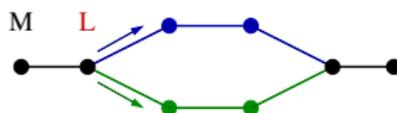
Modélisation

Topologie du réseau \leftarrow graphe aléatoire

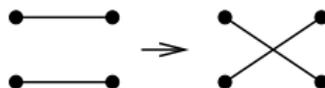
Moniteur \leftarrow 1 nœud aléatoire

Destinations \leftarrow d nœuds aléatoires

Mesure \leftarrow plus courts chemins (aléatoires)



Évolution du routage \leftarrow s swaps



Mesure 1 $\xrightarrow{\text{swaps}}$ Mesure 2 $\xrightarrow{\text{swaps}}$ Mesure 3 $\xrightarrow{\text{swaps}}$...