Comparison of Failures and Attacks on Random and Scale-free Networks

Jean-Loup Guillaume, Matthieu Latapy, Clémence Magnien

magnien@poly.polytechnique.fr

CREA

École polytechnique

Plan

- Problématique
- Résultats existants
- Nouvelles stratégies d'attaques

Problématique

Pannes et attaques sur un réseau

$\longrightarrow$ Connexité ?

- Modélisation des réseaux
- Modélisation des pannes
- Modélisation des attaques

Problématique

Pannes et attaques sur un réseau

$\longrightarrow$ Connexité ?

- Modélisation des réseaux :
  - Graphes aléatoires (Erdös et Renyi)
  - Graphes sans-échelle ($p_k \sim k^{-\alpha}$)
- Modélisation des pannes
- Modélisation des attaques

Problématique

Pannes et attaques sur un réseau

$\longrightarrow$ Connexité ?

- Modélisation des réseaux
- Modélisation des pannes
  - Suppressions aléatoires de sommets ou d'arêtes
- Modélisation des attaques

Problématique

Pannes et attaques sur un réseau

$\longrightarrow$ Connexité ?

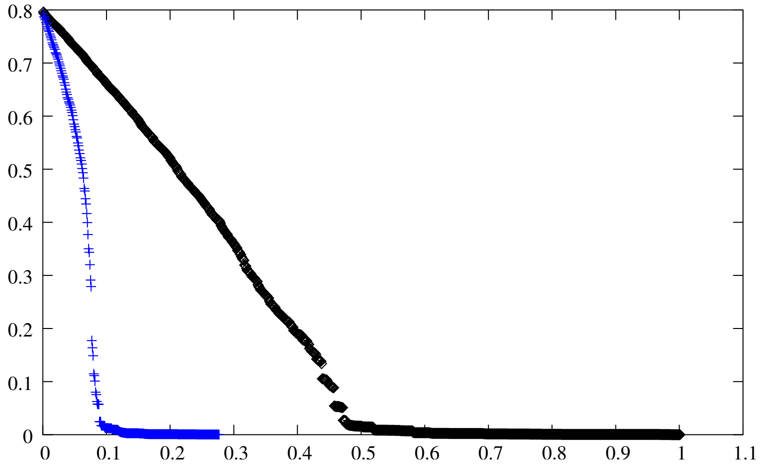
- Modélisation des réseaux
- Modélisation des pannes
- Modélisation des attaques
  - Suppression de sommets ou d'arêtes chosis

Resultats expérimentaux

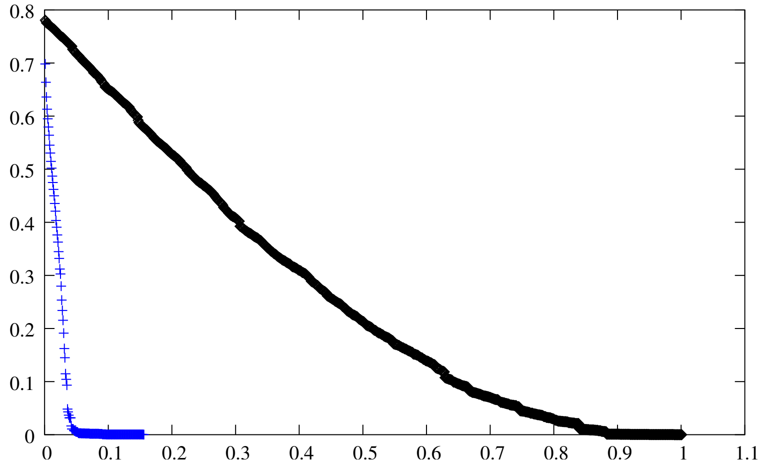
[Albert, Jeong et Barabási, 2000]

— Pannes

— Attaques



Graphe aléatoire



Graphe sans-échelle

Exemple de résultat théorique

Graphe avec distribution des degrés p_k.

Presque sûrement connexe si :

$$\langle k^2 \rangle - 2\langle k \rangle \geq 0$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} k(k-2)p_k \geq 0$$

Suppression d'une fraction p des sommets :

$$p_k(p) = \sum_{k_0=k}^{\infty} p_{k_0} \binom{k_0}{k} (1-p)^k p^{k_0-k}$$

$$p_c = 1 - \frac{\langle k \rangle}{\langle k^2 \rangle - \langle k \rangle}$$

Résultats

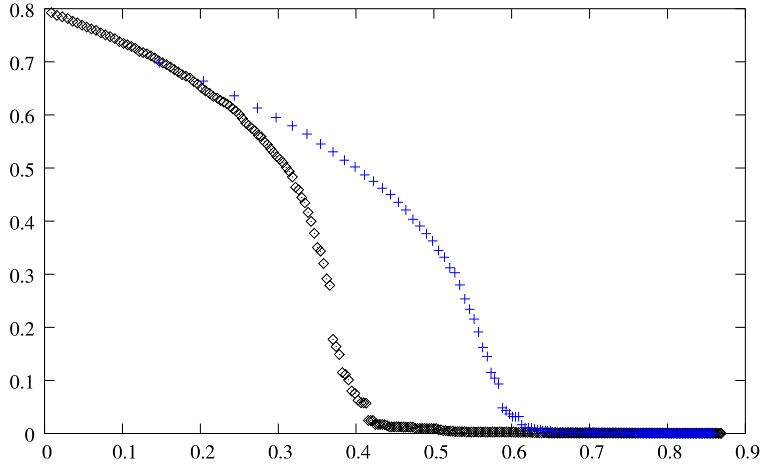
[Callaway *et al*, 2000, Cohen *et al*, 2000, 2001]

- Graphes sans-échelle
  - Pas de seuil pour les pannes
  - Seuil très bas pour les attaques
- Graphes aléatoires
  - Comportement similaire dans les deux cas

Pannes et attaques sur les arêtes

Attaques sur les sommets $\longrightarrow$ stratégie d'attaque sur les arêtes

— Graphe aléatoire
— Graphe sans-échelle

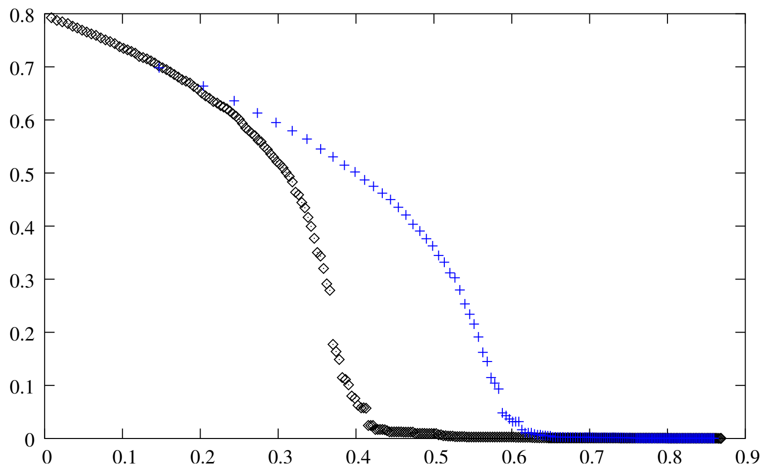


Attaque sur les arêtes

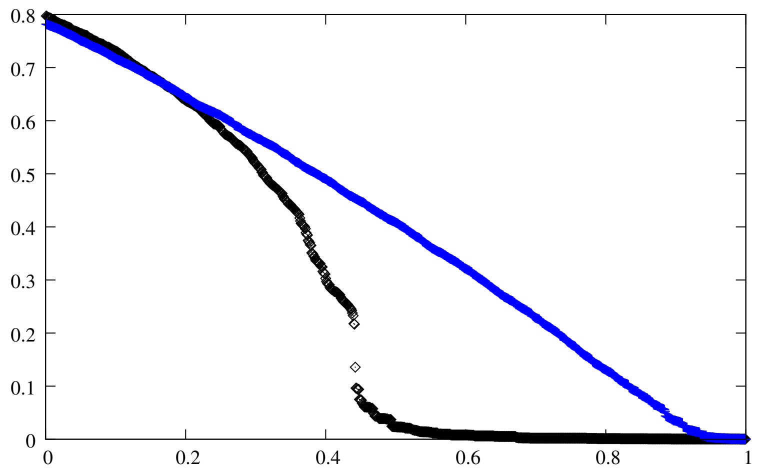
Pannes et attaques sur les arêtes

Attaques sur les sommets $\longrightarrow$ stratégie d'attaque sur les arêtes

— Graphe aléatoire
— Graphe sans-échelle



Attaque sur les arêtes



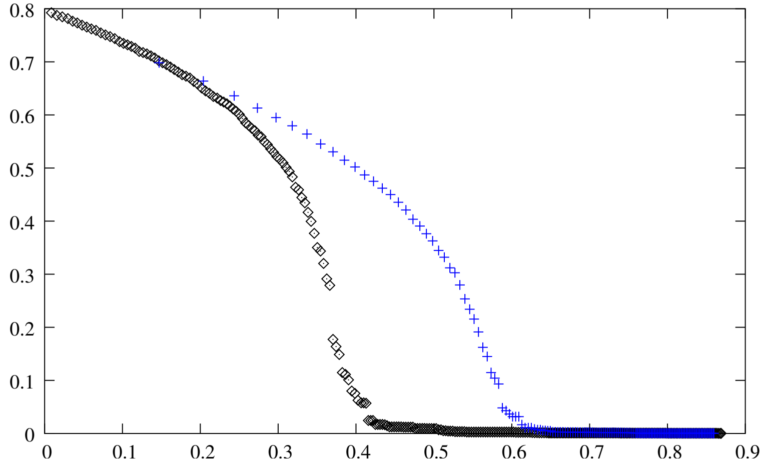
Pannes d'arêtes

Pannes et attaques sur les arêtes

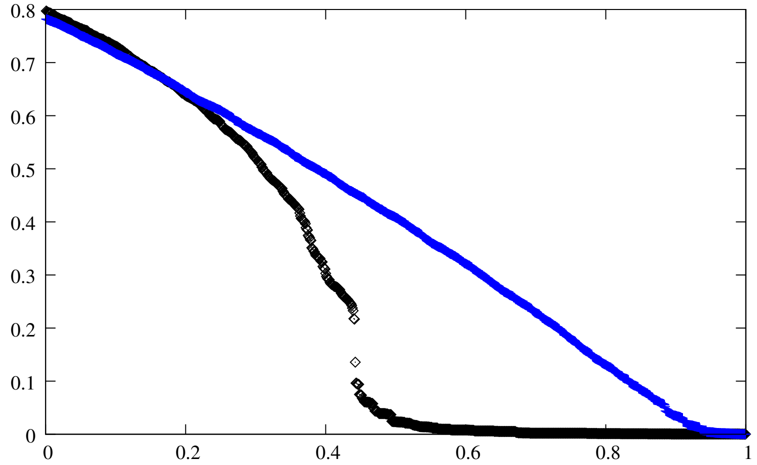
Attaques sur les sommets $\longrightarrow$ stratégie d'attaque sur les arêtes

— Graphe aléatoire

— Graphe sans-échelle



Attaque sur les arêtes



Pannes d'arêtes

Graphes sans échelle : pas de seuil pour la suppresion aléatoire d'arêtes

Nouvelles stratégies d'attaque

[Molloy et Reed, 1995]

Un graphe est presque sûrement connexe si :

$$\langle k^2 \rangle - 2\langle k \rangle \geq 0$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} k(k-2)p_k \geq 0$$

Nouvelles stratégies d'attaque

[Molloy et Reed, 1995]

Un graphe est presque sûrement connexe si :

$$\langle k^2 \rangle - 2\langle k \rangle \geq 0$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} k(k-2)p_k \geq 0$$

$$p_1 \leq \sum_{k=3}^{\infty} k(k-2)p_k$$

Nouvelles stratégies d'attaque

[Molloy et Reed, 1995]

Un graphe est presque sûrement connexe si :

$$\langle k^2 \rangle - 2\langle k \rangle \geq 0$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} k(k-2)p_k \geq 0$$

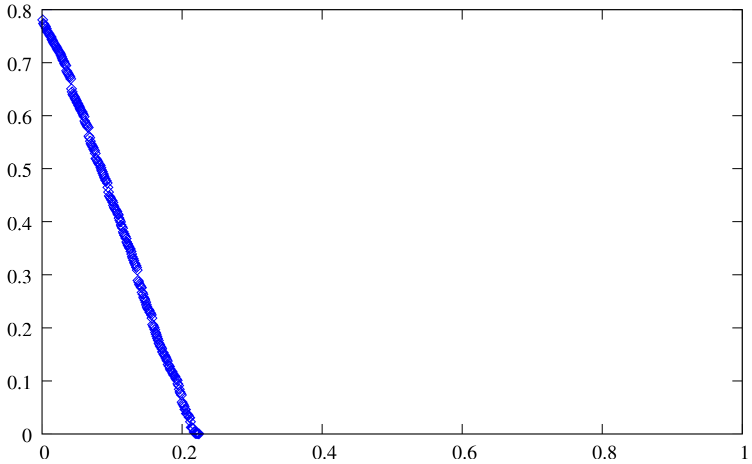
$$p_1 \leq \sum_{k=3}^{\infty} k(k-2)p_k$$

$\longrightarrow$ nouvelles stratégies d'attaque.

Sommets

[Guillaume, Latapy, Magnien, 2003]

Stratégie : Supprimer aléatoirement des sommets de degré ≥ 2



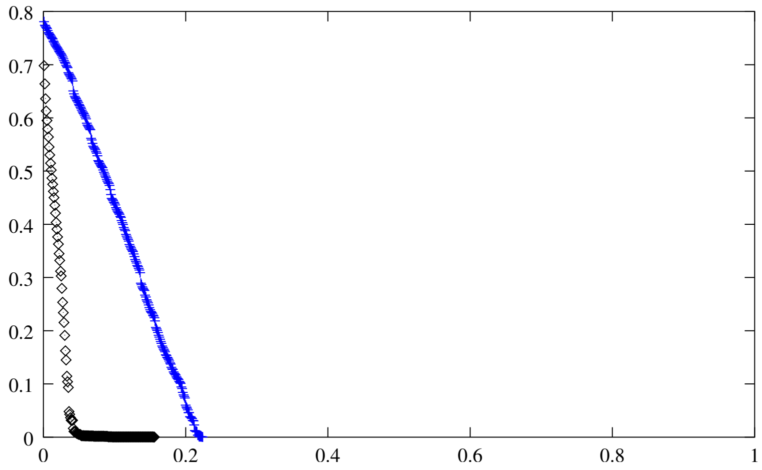
Sommets

[Guillaume, Latapy, Magnien, 2003]

Stratégie : Supprimer aléatoirement des sommets de degré ≥ 2

— Attaques classiques

— Nouvelle attaque



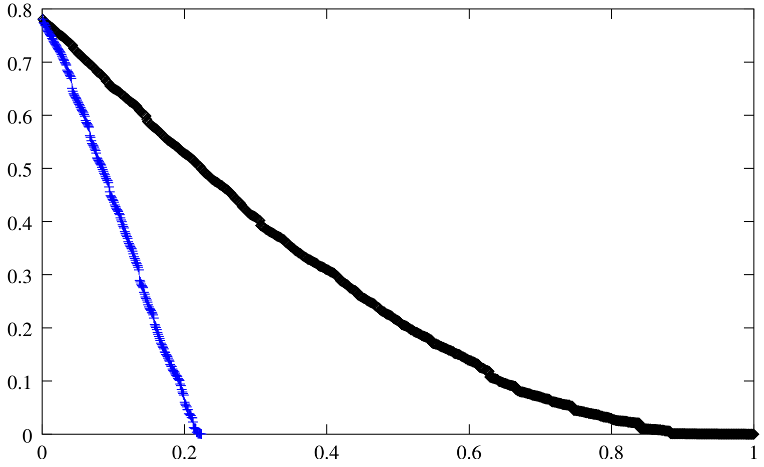
Sommets

[Guillaume, Latapy, Magnien, 2003]

Stratégie : Supprimer aléatoirement des sommets de degré ≥ 2

— Pannes

— Nouvelle attaque



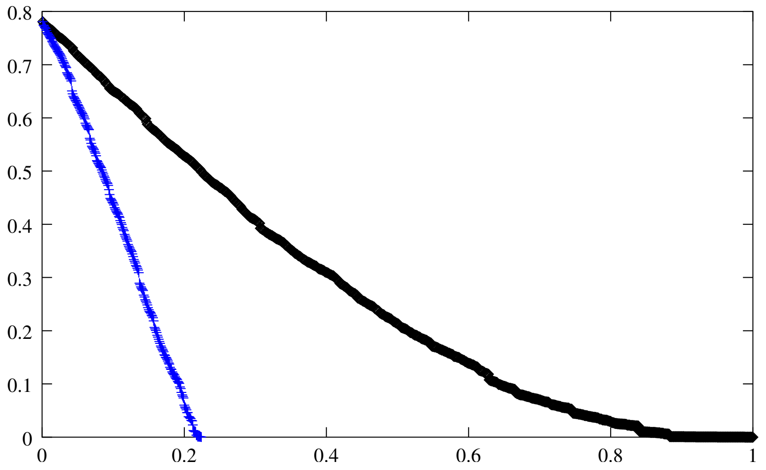
Sommets

[Guillaume, Latapy, Magnien, 2003]

Stratégie : Supprimer aléatoirement des sommets de degré ≥ 2

— Pannes

— Nouvelle attaque



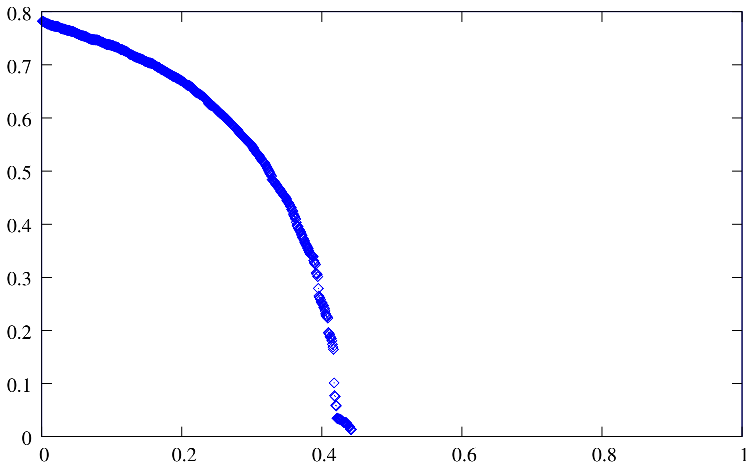
Borne supérieure pour le seuil : $1 - p_1$

($\simeq 0.3$ pour un graphe sans échelle avec $\alpha = 2.5$)

Arêtes

[Guillaume, Latapy, Magnien, 2003]

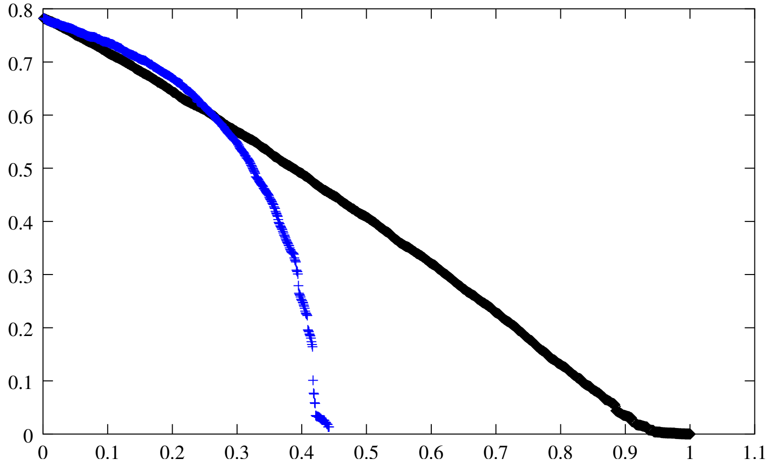
Stratégie :
Supprimer aléatoirement des arêtes entre des sommets de degré ≥ 2.



[Guillaume, Latapy, Magnien, 2003]

Stratégie :
Supprimer aléatoirement des arêtes entre des sommets de degré ≥ 2.

— Pannes
— Nouvelle attaque



Arêtes

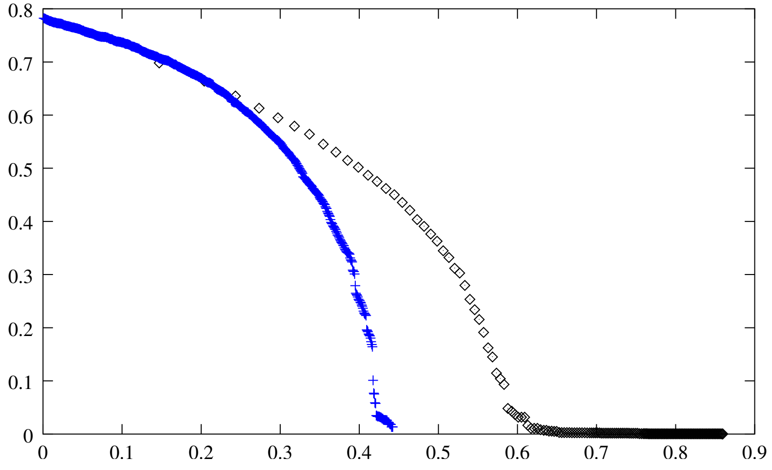
[Guillaume, Latapy, Magnien, 2003]

Stratégie :

Supprimer aléatoirement des arêtes entre des sommets de degré ≥ 2.

— Ancienne attaque

— Nouvelle attaque



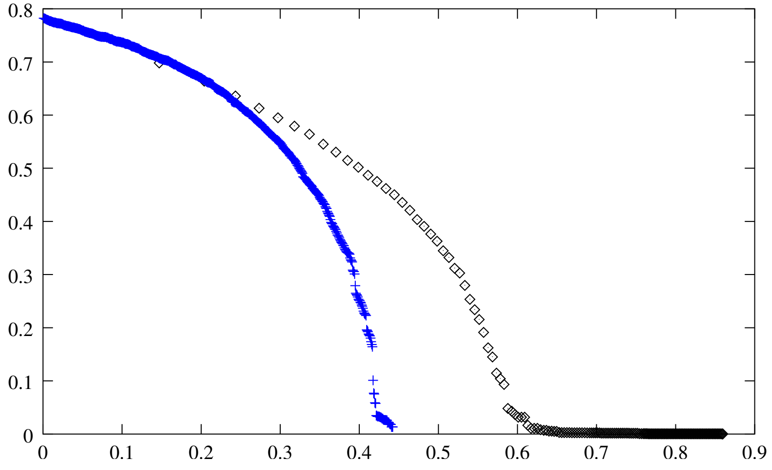
[Guillaume, Latapy, Magnien, 2003]

Stratégie :

Supprimer aléatoirement des arêtes entre des sommets de degré ≥ 2.

— Ancienne attaque

— Nouvelle attaque



Borne supérieure pour le seuil

Conclusion et perspectives

- Deux nouvelles stratégies d'attaque
- Attaque sur les sommets $\longrightarrow$ seuil
- Attaque sur les arêtes plus efficace

- Prise en compte du clustering