

Dynamique du Graphe de l'Internet : Étude & analyse d'une série de mesures

Lieu	Équipe Réseaux, ICube (UMR CNRS 7357)
Encadrants	Pascal MERINDOL (merindol@unistra.fr)

Contexte

La modélisation et la cartographie [1] de la structure de l'Internet sont des enjeux importants pour appréhender son fonctionnement à une échelle globale. De plus, l'évaluation et la validation de nouveaux protocoles applicables au réseau Internet reposent généralement sur des simulations ou des déploiements expérimentaux. Or la pertinence des résultats obtenus via ce type d'expérimentations dépend de la qualité des modèles utilisés, et parmi ceux-ci, la qualité des modèles de topologie d'Internet. Ces aspects topologiques conditionnent notamment les problèmes de routage. Par ailleurs, les opérateurs utilisent de plus en plus d'outils d'ingénierie de trafic dans ou entre leurs réseaux si bien que les inter-connexions évoluent constamment. Jusqu'à présent les topologies utilisées sont soit générées à l'aide de modèles assez simplificateurs, soit issues de mesures obtenues à partir de l'outil *traceroute* [2], selon un principe initié dans notre laboratoire il y a une dizaine d'années [3]. Il est maintenant clair que le modèle *traceroute* n'est plus suffisant et doit être amélioré et complété par d'autres sources de mesures, parmi lesquelles nous proposons *mrinfo* [4]. Ces deux sources de données sont complémentaires et permettent de produire des graphes de référence à destination de la communauté de recherche en réseaux. Par ailleurs, utilisés périodiquement, ces outils permettent d'obtenir une suite temporelle de graphes, ouvrant ainsi la voie à une étude des modèles de dynamique de ces graphes, et donc, par extension, un modèle d'évolution de la topologie d'Internet. La figure 1 illustre de manière caricaturale l'évolution de l'Internet depuis sa création jusqu'à aujourd'hui.

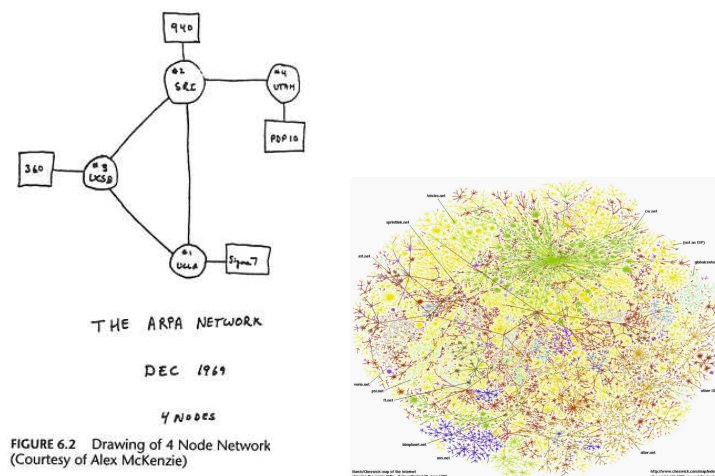


FIGURE 1 – Modéliser l'évolution de l'Internet

Ce type d'étude nécessite la mise en oeuvre d'une méthodologie efficace pour extraire le meilleur des outils existants et ainsi mettre en place un système d'acquisition incrémental adéquat. Plusieurs outils permettent de collecter une partie

plus ou moins grande d'Internet, et ce, avec divers niveaux d'imperfections. Par exemple, il existe de nombreux outils basés sur `traceroute` (projets `rocketfuel` [5], `radar` [6, 7]), sur les tables de routage BGP*. Malheureusement, la dynamique de l'Internet reste quasiment méconnu.

Sujet

Grâce à nos outils de mesure basés sur `mrinfo` nous disposons d'une série de collecte d'une partie de l'Internet (environ 10.000 routeurs) à raison d'une collecte (campagne de mesure) par jour pendant plus de 4 ans (voir [8]). Les données brutes forment un fichier texte décrivant chaque routeur parcouru. L'objectif premier de ce TER est d'étudier comment analyser ces données (quelles sont les informations pertinentes qui peuvent en être extraites?) et de développement d'outils pour manipuler les collectes effectuées. L'analyse pourra se faire soit à partir des données brutes, soit à partir d'une base de donnée intermédiaire. Des algorithmes et outils devront être conçus par exemple pour :

- comparer les graphes d'Internet obtenus lors de 2 collectes différentes, successives ou non (ceci suppose de savoir identifier les noeuds communs dans 2 collectes) ;
- étudier les différents types de changements (apparition/disparition de noeuds, d'arêtes, éventuellement en estimer les paramètres statistiques) ;
- en comparant plus de deux collectes on pourra étudier s'il y a des phénomènes d'oscillations et distinguer les changements temporaires (i.e les pannes de liens ou de routeurs) des changements définitifs (évolution à long terme du réseau) ;
- la visualisation dynamique de l'évolution du réseau pourra aussi être étudiée : par exemple avec l'outil `graphstream`[†] utilisé pour la visualisation de la découverte par la plateforme Merlin [11].

Des outils appropriés (par exemple en faisant évoluer la plateforme MERLIN[‡] [11]) pour effectuer des séries temporelles au niveau routeur pourraient constituer une seconde partie de ce TER. Une telle démarche devra notamment permettre de distinguer l'évolution à long terme (changement relativement stable dans le temps) des changements transitoires (i.e. des pannes ou des opérations de maintenance) sur les graphes collectés. Pour finir, il s'agira éventuellement de proposer des modèles de dynamique de ces graphes et en extraire une composante logique (changement de routage liés à des changements de poids) et une composante structurelle (changement topologique permanent sur le graphe non valué).

Référence clé (synthèse et critique de l'UE Initiation Recherche)

Une étude critique sur les meures dans l'Internet : [3].

Références

- [1] B. Donnet and T. Friedman. Internet topology discovery : a survey. IEEE Communications Surveys and Tutorials, 9(4) :2–15, December 2007.
- [2] V. Jacobson et al. `traceroute`. man page, UNIX, 1989. See source code : <ftp://ftp.ee.lbl.gov/traceroute.tar.gz>.
- [3] W. Willinger, D. Alderson, and J. C. Doyle. Mathematics and the Internet : a source of enormous confusion and great potential. Notices of the American Mathematical Society, 56(5) :586–599, May 2009.
- [4] V. Jacobson. `mrinfo`, 1995. http://cvsweb.netbsd.org/bsdweb.cgi/src/usr.sbin/mrinfo/?only_with_tag=MAIN.
- [5] Neil Spring. `Rocketfuel`. <http://www.cs.washington.edu/research/networking/rocketfuel/>.
- [6] Matthieu Latapy, Clemence Magnien, and Frederic Ouedraogo. A radar for the internet,. <http://arxiv.org/pdf/0807.1603v1>.
- [7] Clémence Magnien, Frederic Ouedraogo, Guillaume Valadon, and Matthieu Latapy. Dynamiques de la topologie d'internet, journées rescom, strasbourg. http://rescom08.u-strasbg.fr/slides/Valadon_rescom08.pdf.
- [8] Jean-Jacques Pansiot. Local and dynamic analysis of internet multicast router topology, annals of telecommunications. <http://clarinet.u-strasbg.fr/mrinfo/>, 2007.
- [9] Pietro Marchetta, Pascal Mérindol, Benoit Donnet, Antonio Pescapé, and Jean-Jacques Pansiot. Topology discovery at the router level : A new hybrid tool targeting isp networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communication, Special Issue on Measurement of Internet Topologies, 2011.

*. <http://www.routeviews.org/>

†. <http://graphstream-project.org/>

‡. <http://svnet.u-strasbg.fr/merlin>