

ÉLÉMENT DE PORTFOLIO 04



Distinction

1 DÉFINITION DE CET ÉLÉMENT

Titre de l'élément : ACM SIGCOMM IMC 2022 Test of Time Award

URL de l'élément : <https://www.sigcomm.org/awards/IMC-test-of-time-award>

2 MOTIVATIONS DU CHOIX DE CET ÉLÉMENT

Une distinction accordée par la plus prestigieuse conférence en métrologie de réseaux pour nos travaux dans le domaine de traçage des routes empruntés par des paquets de données qui traversent l'Internet. Elle porte sur la pertinence aujourd'hui de ce papier qui a été cité plus de 500 fois depuis qu'il a apparu en 2006. Elle témoigne de la reconnaissance de la communauté scientifique de notre positionnement en tant que leader dans le domaine de la métrologie de l'Internet.

3 PRÉSENTATION DE CET ÉLÉMENT

L'outil Traceroute a été créé en décembre 1988 par Van Jacobson des Lawrence Berkeley Labs pour répondre à la question qu'il avait posée sur la liste mail end2end-interest dédiée à la toute nouvelle NSFNet : « where the !?*! are the packets going ? » L'Internet n'a pas été conçu pour avoir des chemins réservés de bout en bout du réseau entre émetteur et récepteur de paquets, le chemin emprunté étant le résultat des choix locaux à chaque routeur intermédiaire.

À l'époque il n'existait pas d'outil pour révéler ce chemin, ce qui posait un problème de taille pour déboguer des dysfonctionnements du système de routage. Jacobson a alors construit l'outil Traceroute en se basant sur une astuce : l'Internet possède une fonctionnalité qui oblige à un routeur qui doit se débarrasser d'un paquet resté trop longtemps dans le réseau à signaler ce fait à l'émetteur du paquet. En restreignant artificiellement la valeur du champ TTL (« time to live »), dans l'entête d'un paquet, un émetteur peut faire en sorte que le paquet semble être périmé quand il arrive à un routeur et ainsi provoquer un signalement de la part de ce routeur. Un TTL à 1 provoque une réponse de la part du premier routeur sur un chemin, un TTL de 2 du deuxième et ainsi de suite. Depuis, Traceroute est intégré dans la quasi-totalité des systèmes d'exploitation d'ordinateurs (Linux, Windows, macOS, etc.) et représentait depuis plusieurs années l'état de l'art pour découvrir des chemins au niveau des routeurs individuels.

Les équipes NPA et Complex au LIP6 sont à l'origine du plus grand changement dans Traceroute depuis sa conception. En 1988, entre un émetteur et un récepteur dans l'Internet, il existait à chaque moment un seul chemin emprunté par les paquets. Avec l'essor de l'Internet, les opérateurs commerciaux ont changé cette pratique. Pour assurer la fiabilité de leurs réseaux, ils ont commencé à déployer plusieurs liens de communication en parallèle ; si l'un tombe en panne, les données basculent rapidement sur les autres avec un minimum de pertes. Mais un résultat malchanceux de cette nouvelle architecture multi-chemins a été de fausser les résultats de Traceroute. L'outil indiquait la présence de chemins irréalistes, composés d'un bout sur un des chemins parallèles puis un bout sur un autre, suivant des liens qui n'existent pas entre les deux. En 2006, nous avons décelé cette faille et nous sommes arrivés à la corriger avec l'outil Paris Traceroute. C'est la publication [1] qui a reçu la distinction « Test of Time Award » de l'ACM SIGCOMM Internet Measurement Conference (IMC).

Nous restons les leaders dans ce domaine, où nous continuons à innover. Tandis que Paris Traceroute mesure les chemins possibles entre un émetteur et un destinataire d'un paquet, des systèmes de cartographie de l'Internet au niveau IP doivent tracer des chemins vers des millions de destinations. L'état de l'art pour ce genre de système est Archipelago, appelé également Ark, opéré par le centre CAIDA de l'University of California San Diego. Archipelago est, de notre point de vue, assez lent, prenant à l'ordre d'un jour pour obtenir une cartographie complète. Avec cette fréquence de sondage, il est impossible de suivre les évolutions rapides des routes, par exemple lors d'un incident cyber-sécuritaire dans l'Internet qui se déroule à l'échelle de minutes. Nous nous sommes alors tournés

vers un système révolutionnaire de sondage rapide appelé Yarrp, qui sonde tout l'Internet dans un temps de l'ordre d'une heure. Mais Yarrp trace des routes mono-chemins. Il utilise la technique de Paris Traceroute pour éviter de produire des traces chimères entre chemins parallèles, mais il fait état de seulement un de ces chemins et produit alors une cartographie incomplète.

Notre équipe s'est alliée avec l'auteur de Yarrp pour produire un nouvel outil multi-chemin, Diamond-Miner [3], publié dans les actes de la prestigieuse conférence USENIX NSDI, et permet ainsi d'obtenir une cartographie à la fois rapide et complète. Notre système Iris [2], qui utilise Diamond-Miner, remplace désormais Archipelago en tant que l'état de l'art. Il obtient une cartographie dans un temps à l'ordre d'heures et cette cartographie contient un plus grand nombre d'adresses IP répertoriées et un plus grand nombre de liens observés entre ces adresses. Nous travaillons actuellement, avec le financement « Cartographie de l'Internet » du Ministère des Armées, à augmenter la fréquence de sondage de Diamond-Miner pour atteindre une fréquence à l'ordre de minutes.

4 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Brice Augustin, Xavier Cuvellier, Benjamin Orgogozo, Fabien Viger, Timur Friedman, Matthieu Latapy, Clémence Magnien, and Renata Teixeira. Avoiding traceroute anomalies with Paris traceroute. In *IMC 2006 - 6th ACM Internet Measurement Conference*, pages 153–158, Rio de Janeiro, Brazil, October 2006. ACM.
- [2] Matthieu Gouel, Kevin Vermeulen, Maxime Mouchet, Justin Rohrer, Olivier Fourmaux, and Timur Friedman. Zeph & Iris cartographient l'internet. In *CORES 2022 – 7ème Rencontres Francophones sur la Conception de Protocoles, l'Évaluation de Performance et l'Expérimentation des Réseaux de Communication*, Saint-Rémy-Lès-Chevreuse, France, May 2022.
- [3] Kevin Vermeulen, Justin P Rohrer, Robert Beverly, Olivier Fourmaux, and Timur Friedman. Diamond-Miner : Comprehensive Discovery of the Internet's Topology Diamonds. In *USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI) 2020*, pages 479–493, Santa Clara, CA, United States, February 2020. USENIX Association.