



# Modélisation de propagation de messages GeoNetworking avec des chaînes de Markov

Jules KLEIN, Hacène FOUCHAL, Florent NOLOT

## Introduction

Les réseaux véhiculaires ad-hoc (VANETs) permettent aux véhicules et infrastructures routières d'échanger des informations à travers une circulation variable. Ils favorisent un grand nombre d'application telles qu'une amélioration de la sécurité routière ou la gestion du trafic via les outils de navigation. Mais ces services ne peuvent fonctionner en l'absence de circulation et de réseau cellulaire, c'est pourquoi il est important de pouvoir identifier ces zones problématiques et proposer des solutions.

## Objectifs

- Proposer une modélisation de la transmission d'un message le long d'une route en fonction du taux de pénétration, du taux de véhicules et de la distance.
- En tirer une probabilité de succès et une estimation du nombre de sauts.
- Appliquer ce modèle aux routes réelles.

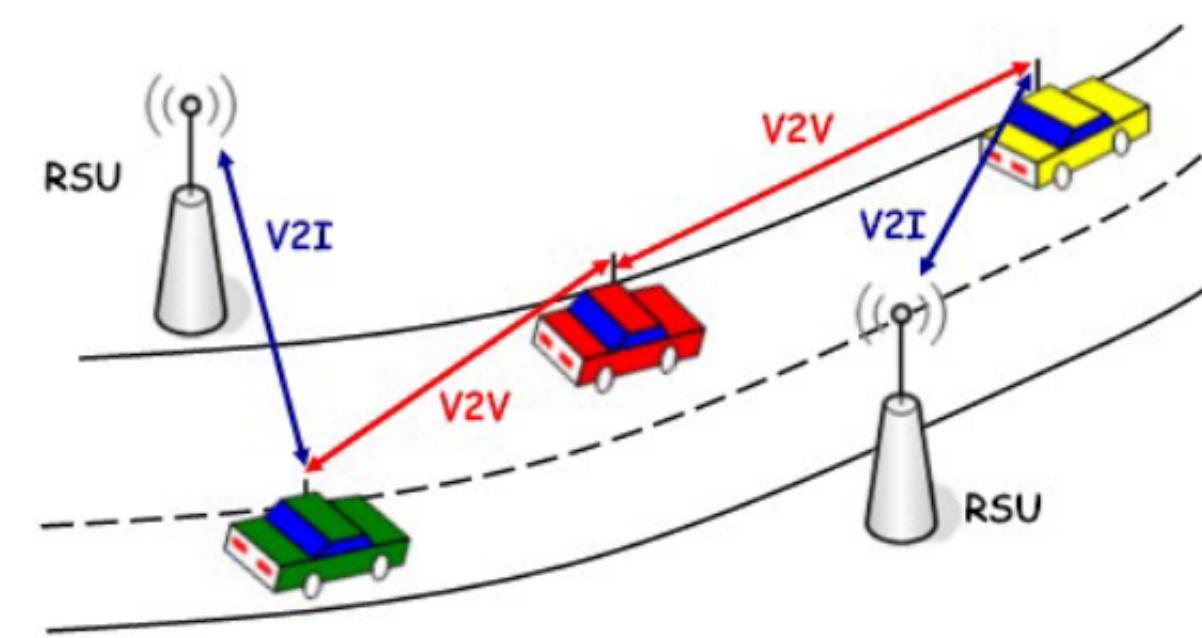
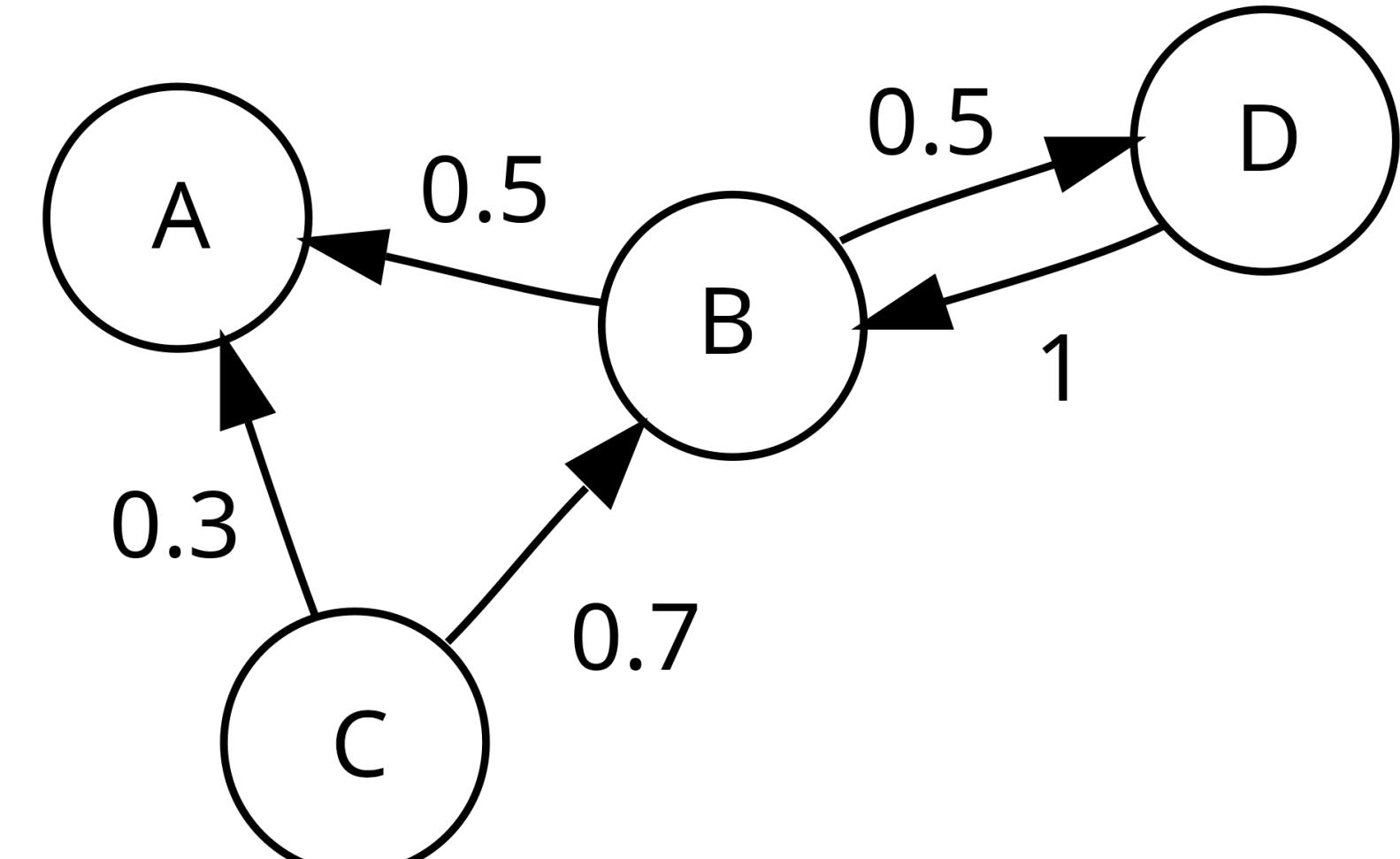
## GeoNetworking

GeoNetworking est une pile de protocoles développée par l'ETSI qui apporte des communications avec sauts uniques ou multiples aux VANETS. Ses principaux éléments sont :

- Positionnement** à l'aide de systèmes de géolocalisation et d'autres systèmes embarqués.
- Communication ad-hoc** décentralisée.
- Routage géographique** : les messages sont acheminés en fonction des coordonnées géographiques des destinataires.
- Applications** telles que la sécurité routière, la navigation, le partage d'informations.

## Chaînes de Markov

Les chaînes de Markov sont des modèles mathématiques décrivant des systèmes transitionnant d'un état à un autre. Elles sont caractérisées par l'absence de mémoire : l'état suivant ne dépend uniquement que de l'état actuel.



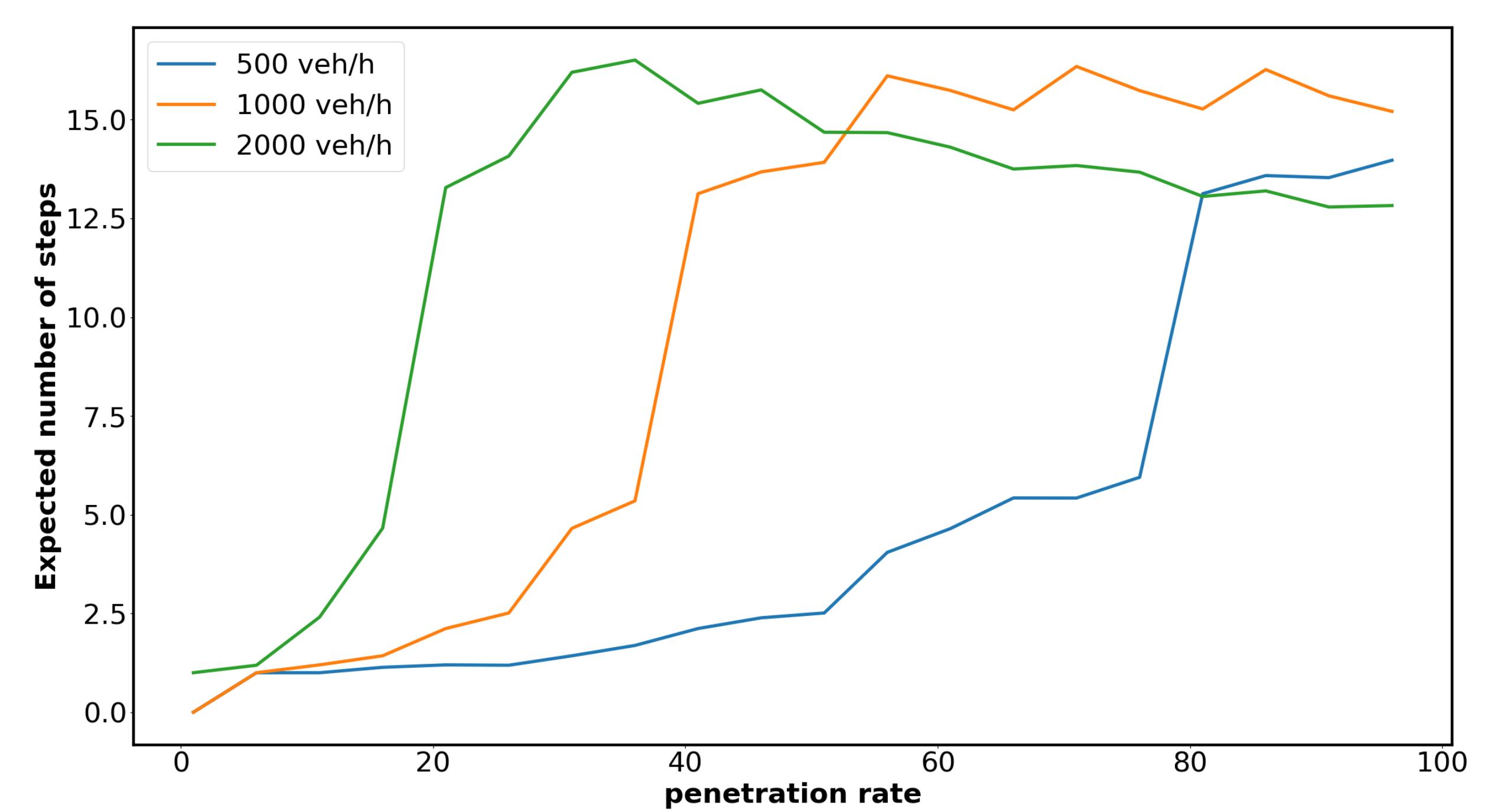
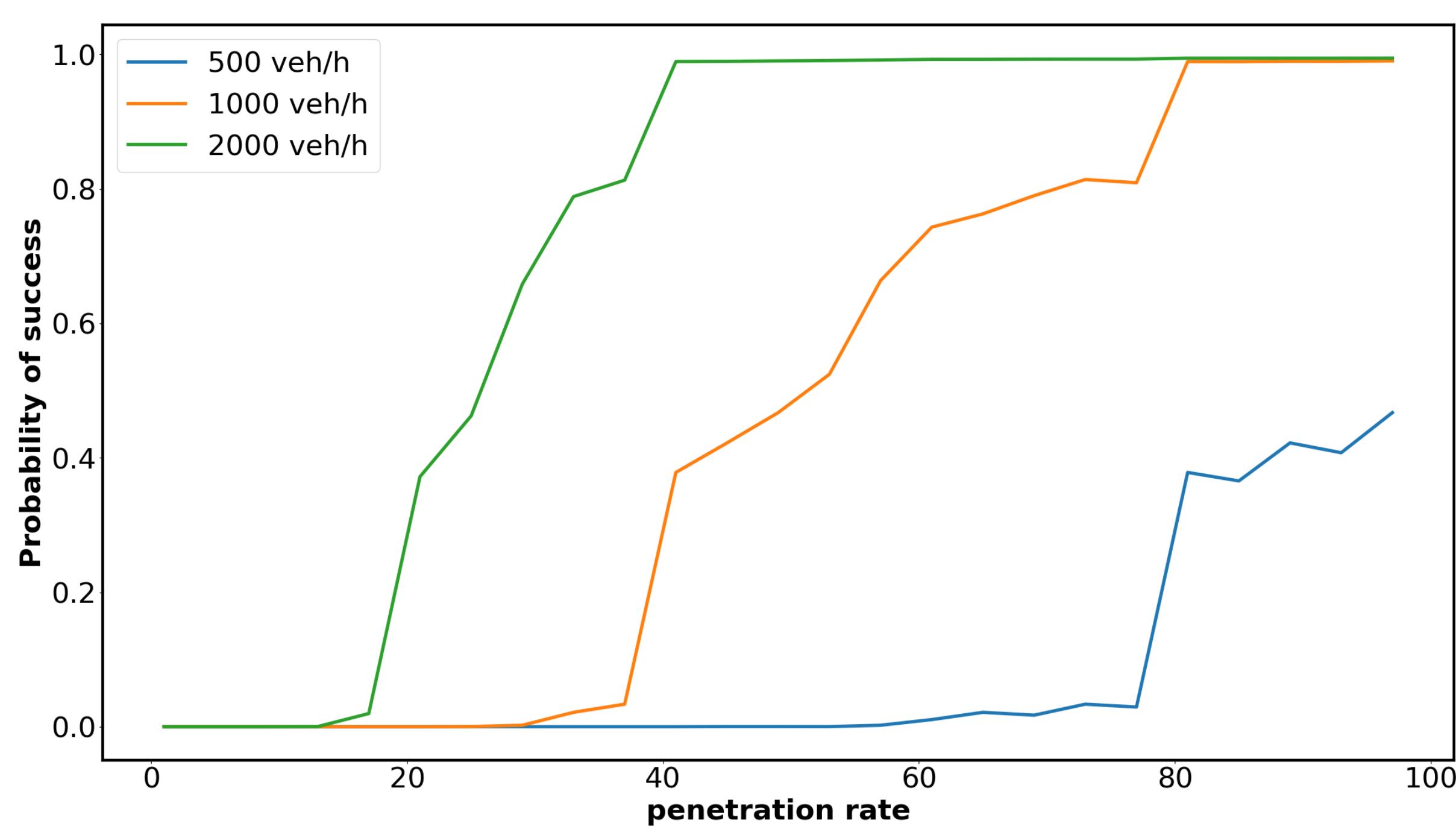
Les communications radio courte portée (802.11p) sont supplémentées de capacités cellulaires permettant l'utilisation de ce réseau si les communications ad-hoc ne suffisent pas. De plus, des unités de bord de route (UBRs) peuvent être disposées le long des voies pour agir en tant que relais ou source de messages.

Différents **algorithmes de routage** sont utilisés, celui qui nous intéresse est le CBF. Il utilise un timer de retransmission pour s'assurer que la station la plus proche de la destination renvoie le message.

$$T_{CBF} = T_{max} + \frac{T_{min} - T_{max}}{range} \times progress$$

## Modèle et résultats

On considère un cas simple : une route sur laquelle les véhicules sont équidistants et ne bougent pas les uns par rapport aux autres. Dans un premier temps, on néglige l'impact de la météo et de la géographie. En s'appuyant sur des données obtenues auprès du CEREMA pour certaines et par nos propres moyens pour d'autres, on peut obtenir les valeurs statistiques spécifiées pour l'envoi d'un message sur une distance de 10km à travers différents flux allant de la route de campagne à l'autoroute.



## Conclusion et poursuite

On montre que le taux de pénétration des véhicules connectés joue un rôle prépondérant dans l'efficacité des systèmes de transport intelligents : il y a un point de bascule claire entre un taux de pénétration suffisant et insuffisant. Par exemple, même sur une autoroute fréquentée, un taux de pénétration de moins de 20% ne permet pas la transmission du message. Cet effet est d'autant plus renforcé lorsqu'il y a moins de trafic.

Le modèle reste à développer, pour intégrer d'autres paramètres comme la météo par exemple. Les zones concernées par cette chute d'efficacité pourront alors être identifiées et, si nécessaire, équipées d'UBRs ou d'antennes cellulaires.

## Références

ETSI. Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; GeoNetworking; Part 4: Geographical addressing and forwarding for point-to-point and point-to-multipoint communications; Sub-part 1: Media-Independent Functionality. 2020.

Cerema. Avatar. <https://avatar.cerema.fr>.

Thibault Degrande et al. "C-ITS road-side unit deployment on highways with ITS road-side systems: A techno-economic approach". In: IET Intelligent Transport Systems 15.7 (2021), pp. 863–874.