



**HAL**  
open science

## Caractérisation en diptyque de l'intercontact pour les réseaux à connectivité intermittente

Tiphaine Phe-Neau, Marcelo Dias de Amorim, Vania Conan

► **To cite this version:**

Tiphaine Phe-Neau, Marcelo Dias de Amorim, Vania Conan. Caractérisation en diptyque de l'intercontact pour les réseaux à connectivité intermittente. 14èmes Rencontres Francophones sur les Aspects Algorithmiques des Télécommunications (AlgoTel), May 2012, La Grande Motte, France. pp.1-4. hal-00689994

**HAL Id: hal-00689994**

**<https://hal.science/hal-00689994>**

Submitted on 20 Apr 2012

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Caractérisation en diptyque de l'intercontact pour les réseaux à connectivité intermittente

Tiphaine Phe-Neau<sup>\*</sup>, Marcelo Dias de Amorim<sup>\*</sup> et Vania Conan<sup>‡</sup>

<sup>\*</sup> CNRS/LIP6 – UPMC Sorbonne Universités, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France

<sup>‡</sup> Thales Communications, 160 boulevard de Valmy, 92704 Colombes, France

La plupart des études sur les réseaux à connectivité intermittente se basent sur une notion duale de contact et d'intercontact : deux nœuds sont dit en *contact* lorsqu'ils sont à portée mutuelle sinon, ils sont en *intercontact*. Cette définition binaire de l'intercontact n'offre pas assez de précision et ne permet pas de refléter l'immense variété des situations existantes lorsque deux nœuds ne sont pas en contact. Dans notre étude, nous montrons les faiblesses d'une caractérisation binaire de l'intercontact et définissons l'*intercontact n-aire* afin de pallier ses défauts. Nous montrons les atouts d'une telle vision et défendons son adoption pour la conception de protocoles opportunistes.

**Keywords:** Réseaux à connectivité intermittente, réseaux opportunistes, intercontact, contact, caractérisation.

## 1 Introduction

Les réseaux à connectivité intermittente (aussi appelés réseaux opportunistes ou tolérant aux délais) représentent une frange importante des nouvelles générations de réseaux mobiles [Fal03]. De nos jours, les citoyens transportent de nombreux appareils durant leurs migrations pendulaires. Citons simplement : les smartphones, les lecteurs multimédias, les tablettes, les consoles de jeux portable. Ces objets possèdent des interfaces réseaux performantes, de la capacité de calcul ainsi que le stockage suffisant permettant l'échange d'informations au gré de leurs déplacements et rencontres fortuites. La proximité induite par ces rencontres incarne la base de la connectivité intermittente.

De nombreuses études ont analysé les capacités de diffusion des réseaux opportunistes. Cependant, elles utilisent toute une hypothèse concernant la notion d'intercontact : deux nœuds qui ne sont pas en contact direct (à portée l'un de l'autre) sont considérés être en intercontact. Dans les réseaux à connectivité intermittente, les notions de contact et intercontact sont complémentaires. Cependant, le côté binaire de cette notion – les nœuds sont soit en contact soit en intercontact – ne permet pas de représenter correctement le potentiel des nœuds avoisinants. Ainsi dans la Figure 1, lorsque nous nous plaçons du point de vue de A, nous voyons que B et C sont en contact avec A. Tous les autres nœuds, D, E, F et G, sont en intercontact selon la définition binaire. Cependant, nous pouvons remarquer qu'il existe un chemin entre A, D et E. Alors que ce n'est pas le cas entre A, F et G.

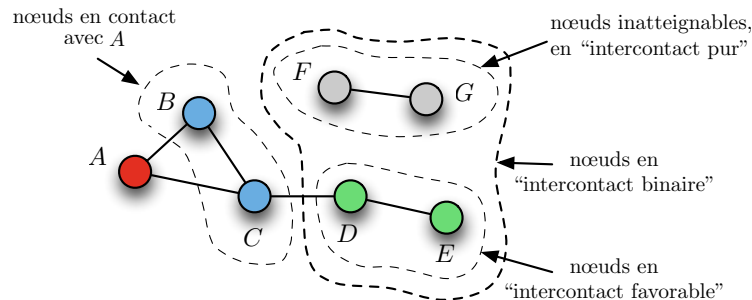


FIGURE 1: Exemple de situation symptomatique.

Dans notre étude, nous identifions le problème de la caractérisation de l'intercontact dans les réseaux à connectivité intermittente. Nous le résolvons par le biais d'une caractérisation en diptyque à la fois simple de conception et de mise en œuvre mais efficace en ce qui concerne la détection de nouvelles opportunités de communication. Enfin, nous étudions les potentialités d'application de notre caractérisation sur des jeux de données réels et montrons le potentiel d'une telle vision pour les réseaux à connectivité intermittente.

## 2 Caractérisation en diptyque : l'intercontact $n$ -aire

### 2.1 Les faiblesses de l'intercontact binaire

Le concept d'intercontact binaire calqué sur les réseaux ad hoc et filaire a permis d'obtenir de nombreux résultats [TLB<sup>+</sup>11, BP10]. Pourtant, il ne prend pas en compte la proximité entre les membres d'un réseau ni leurs relations sociales. Dans une ville, nos mouvements sont dictés par nos obligations et affinités (loisirs, travail, amis). Ils ne sont pas aléatoires d'où l'importance de prendre en compte leur aspect sociétal.

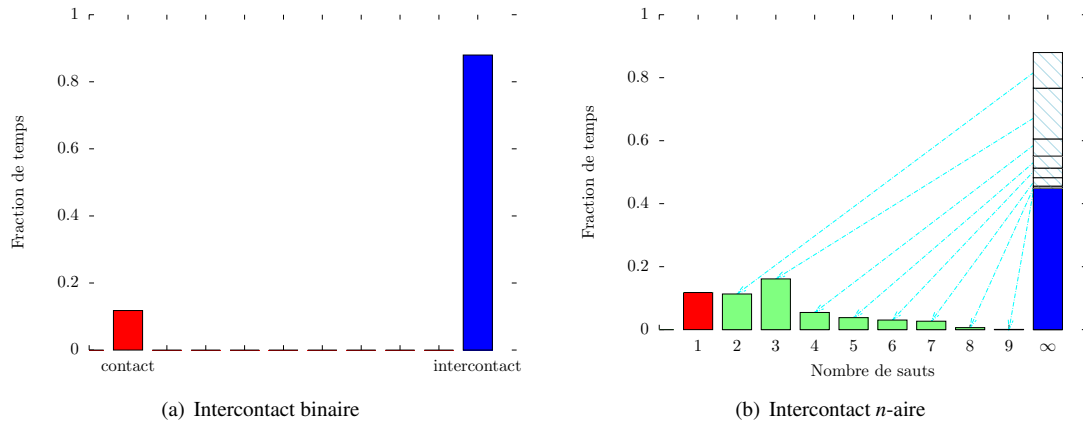


FIGURE 2: Un exemple de distribution temps-distance pour une paire de nœuds d'un réseau.

Dans la Figure 2, nous montrons un exemple illustrant les faiblesses de l'intercontact binaire. Pour une paire de nœuds d'un réseau synthétique issu du modèle RandomTrip ayant 80 nœuds durant 9 heures, nous avons étudié leur distribution temps-distance. Dans la Figure 2(a), avec une vision binaire de l'intercontact, nous observons que les deux nœuds passent 10% de leur temps en contact et donc environ 90% de leur temps en intercontact binaire. Si nous étudions la situation d'un autre œil (Figure 2(b)), nous voyons que les nœuds restent 10% de leur temps en contact mais aussi un peu moins de 10% du temps à une distance de 2 sauts de bout en bout, presque 16% du temps à 3 sauts etc. En réalité, ces nœuds ne sont reliés par aucun chemin que 50% du temps de l'expérience, alors que l'abstraction de l'intercontact binaire suggérerait que c'est le cas 90% du temps.

### 2.2 L'intercontact $n$ -aire : définition

Afin de palier le manque de précision de l'intercontact binaire, nous proposons une définition  $n$ -aire de l'intercontact. Nous choisissons de définir cette relation par paire de nœuds. L'intercontact  $n$ -aire se décompose en deux notions intuitives. L'*intercontact favorable* indique la présence d'un chemin de bout en bout entre deux nœuds spécifiques du réseau. Il souligne la possibilité de transmettre des informations entre deux entités du réseau par un chemin instantané. Ces chemins ont comme intérêt d'impliquer peu de relais et donc d'être peu coûteux en terme de délai. Ainsi :

**Définition 1** *Intercontact favorable.* Deux nœuds sont en intercontact favorable lorsqu'il existe un chemin de bout en bout de longueur minimale  $n \in [2; \infty[$  entre ces deux nœuds.

Le paramètre  $n$  est un indicateur important pour notre étude. En fonction de la distance à laquelle se trouvent les nœuds ou de la fraction de temps passée à cette distance, les protocoles appliqueront des décisions de routage différentes.

**Définition 2 Intercontact pur.** Par opposition à l'intercontact favorable, l'intercontact pur indique l'absence de chemin de bout en bout entre deux nœuds du réseau.

Cette simple dichotomie dans la définition d'intercontact nous permet de comprendre plus finement le comportement des réseaux opportunistes et de différencier des situations où l'utilisation d'approches ad hoc, lors des intercontacts favorables, pourrait être plus avantageuse que des approches purement opportunistes.

## 3 Analyse

### 3.1 Jeux de données

Afin de valider nos hypothèses, nous analysons leurs applications sur deux jeux de données reconnus par la communauté dont les caractéristiques sont les suivantes. **Infocom05** est un jeu de données récolté lors d'une conférence. Des chercheurs ont équipé 41 participants avec des appareils nommés iMotes qui capturaient les contacts entre ces iMotes durant un évènement de 5 jours [CHC<sup>+</sup>07]. Nous nous concentrons sur la période de 12 heures du deuxième jour présentant la plus forte activité réseau. Chaque iMote scrute ses alentours toutes les 120 secondes. **Rollernet** est un jeu de données concernant 62 participants d'une randonnée roller dominicaine parisienne de 3 heures. Ici, chaque iMote observe ses alentours toutes les 15 secondes [TLB<sup>+</sup>11].

### 3.2 Intercontact binaire vs $n$ -aire et gains de connaissance

La première question que l'on peut se poser est celle de l'existence de l'intercontact favorable dans les réseaux à connectivité intermittente : est-ce un comportement marginal ou une caractéristique ancrée dans leur fonctionnement ? Une première analyse nous permet d'observer qu'une large portion des paires de nœuds ont des phases d'intercontact favorable de durée non nulle. La proportion de paires de nœuds ayant de l'intercontact favorable durant plus de 10% du temps de leur expérience – 75 minutes pour *Infocom05* et 6 minutes pour *Rollernet* – est de respectivement 70% et 60,1%. En ce qui concerne les durées, nous observons que 76% des paires d'*Infocom05* et 83% des paires de *Rollernet* ont des intercontacts favorables d'une durée supérieure à 20 minutes. Le simple contact ne représente en moyenne que 4,8% de la connaissance des nœuds chez *Infocom05* et 8,4% chez *Rollernet*. L'intercontact favorable rajoute en moyenne 12,4% de connaissance dans *Infocom05* et 7,2% chez *Rollernet*. Il va jusque tripler la connaissance que les nœuds peuvent avoir sur leurs chemins de bout en bout dans le réseau.

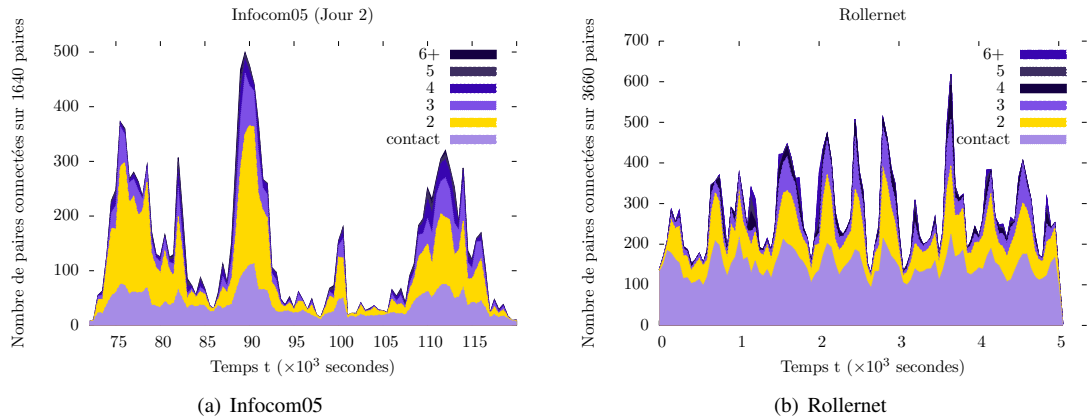
L'intercontact favorable n'est donc pas une caractéristique marginale mais bien une situation récurrente des réseaux opportunistes. L'intercontact favorable est un atout que les protocoles opportunistes peuvent utiliser afin d'améliorer leurs performances.

### 3.3 Intercontact favorable et opportunités de transmission

Pour comprendre la répartition de l'intercontact favorable pour les paires de nœuds d'un réseau, nous représentons des sociostructures agrégées dans la Figure 3. Chaque strate colorée représente le nombre de paires de nœuds connectés par une distance minimale  $n$  en fonction du temps. La strate inférieure symbolise le nombre de paires de nœuds en contact. La deuxième indique le nombre de paires liées par un chemin de longueur 2 et ainsi de suite.

Pour *Infocom05* (voir Figure 3(a)), nous observons plusieurs pics. Ces pics indiquent des périodes de densité élevée. Sachant qu'*Infocom05* se déroule lors d'une conférence, il est facile de corrélérer ces périodes avec les heures d'arrivées, le déjeuner, la pause café et la fin de journée. Durant ces pics, on remarque qu'il y a beaucoup plus de paires connectées par une distance 2 que par le simple contact. Les environnements denses semblent favoriser la présence d'intercontact favorable.

Dans la sociostructure de *Rollernet* (voir Figure 3(b)), on retrouve le phénomène "accordéon" résultant des conditions de l'expérience. On y voit l'alternance de périodes denses et creuses montrant l'évolution



**FIGURE 3:** Sociostructures d'*Infocom05* et *Rollernet*. Les différentes strates colorées représentent le nombre de paires de nœuds connectées par une distance minimale  $n$  en fonction du temps ( $n$  se retrouve dans la légende).

de la foule durant la promenade. Les participants s'arrêtent aux feux rouges ou devant des obstacles où ils s'agrègent puis redémarrent ensuite. Les contacts sont prédominants dans *Rollernet* car l'environnement est très dynamique. Cependant, on distingue tout de même des possibilités d'intercontact favorable de distance  $n \in [2; 4]$ .

On remarque que les pics de densité tendent à favoriser l'apparition d'intercontact favorable. Ces périodes sont autant plus d'intervalles de temps où les protocoles opportunistes peuvent profiter de chemin de bout en bout entre deux nœuds du réseau afin d'améliorer leurs performances.

## 4 Conclusion

Dans notre étude, nous remettons en cause la définition classique de l'intercontact dite "binaire". Nous avons pu montrer que l'intercontact binaire ne permet pas de percevoir le côté local de l'intercontact : *le nœud que je souhaite atteindre, même s'il n'est pas en contact avec moi, est-il tout de même proche ou très lointain ?* Afin de discriminer ces situations d'intercontact "proche", nous proposons la définition d'un intercontact  $n$ -aire. Sa définition est un diptyque : en premier, un intercontact favorable de paramètre  $n$  permettant la connaissance d'un chemin de bout en bout de longueur minimale  $n$  entre deux nœuds puis, un intercontact pur lorsqu'il n'existe aucun chemin entre ces deux même nœuds du réseau. Nous montrons que cette caractérisation est justifiée par l'omniprésence de l'intercontact favorable dans deux jeux de données communément étudiés par la communauté. L'intercontact  $n$ -aire permet de discriminer deux situations de non-contact bien différentes dont la connaissance est un atout majeur lors de la conception de protocoles opportunistes. Par exemple, chaque nœud pourrait optimiser le choix du prochain nœud-relai pour les messages qu'il souhaite transmettre en fonction de l'existence d'un plus court chemin vers la destination. Obtenir cette connaissance peut facilement être confié à un protocole link state sous-jacent. Nous pensons que maintenir une simple vision binaire de l'intercontact empêche les protocoles de profiter pleinement des situations d'intercontact favorable et donc d'être optimaux.

## Références

- [BP10] Chiara Boldrini and Andrea Passarella. HCMM : Modelling spatial and temporal properties of human mobility driven by users' social relationships. *Computer Communications*, 33(9) :1056 – 1074, 2010.
- [CHC<sup>+</sup>07] Augustin Chaintreau, Pan Hui, Jon Crowcroft, Christophe Diot, Richard Gass, and James Scott. Impact of Human Mobility on Opportunistic Forwarding Algorithms. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 6(6) :606–620, 2007.
- [Fal03] Kevin Fall. A Delay-Tolerant Network Architecture for Challenged Internets. In *ACM Sigcomm*, Karlsruhe, Germany, August 2003.
- [TLB<sup>+</sup>11] Pierre-Ugo Tourmoux, Jeremie Leguay, Farid Benbadis, John Whitbeck, Vania Conan, and Marcelo Dias de Amorim. Density-Aware Routing in Highly Dynamic DTNs : The RollerNet Case. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 10 :1755–1768, 2011.