Un MEC qui persiste au-delà de la bordure

Sadia Khizar, Marcelo Dias de Amorim, Vania Conan

▶ **To cite this version:**

Sadia Khizar, Marcelo Dias de Amorim, Vania Conan. Un MEC qui persiste au-delà de la bordure. Rencontres Francophones sur la Conception de Protocoles, l'Évaluation de Performance et l'Expérimentation des Réseaux de Communication, Sep 2020, Lyon, France. hal-02735461

HAL Id: hal-02735461
https://hal.science/hal-02735461

Submitted on 2 Jun 2020

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.

Un MEC qui persiste au-delà de la bordure

S. Khizar[1,2], M. Dias de Amorim[1] et V. Conan[2]

[1]*Sorbonne Université, CNRS, LIP6, Paris, France*
[2]*Thales SIX GTS, Gennevilliers, France*

L'informatique mobile en périphérie (MEC – *mobile edge computing*), grâce à sa proximité avec l'utilisateur final, permet une prise en charge efficace, flexible et à faible latence afin de permettre des performances et une qualité d'expérience supérieures. Nous nous intéressons à l'extension des capacités du MEC en utilisant les ressources disponibles des appareils mobiles (par exemple, les véhicules et les smartphones) au-delà de la bordure du réseau d'infrastructure. Compte tenu de la nature mobile des terminaux, nous avons besoin, au préalable, d'analyser l'évolution spatio-temporelle de ces derniers. Dans ce papier, nous étudions la formation de groupes de calculs co-localisés pouvant perdurer dans le temps dans un contexte véhiculaire. La formation des groupes se fait en fonction du temps d'arrivée des terminaux et de leur colocalisation au sein d'une cellule. Nos résultats montrent que le temps de persistance des groupes suit un motif dépendant de la densité du trafic véhiculaire et de l'heure de la journée. Cette caractérisation permet d'avoir une visibilité sur la persistance en fonction de ces paramètres, influant ainsi sur le choix du délestage à adopter pour l'extension du MEC.

Mots-clefs : Mobilité, informatique mobile en périphérie, persistance, réseaux véhiculaires

1 Introduction

La demande croissante des appareils mobiles, tant en matière de bande passante que de latence, amène les opérateurs à pousser les fonctionnalités, traditionnellement hébergées sur le cloud, au plus près de l'utilisateur. Cette architecture, appelée *mobile edge computing* (MEC), permet d'améliorer la qualité de services attendus par les utilisateurs [AZTS18]. Bien qu'un premier pas en avant, les ressources allouées en bordure du réseau semblent moindre comparées à la multitude de dispositifs mobiles entourant n'importe quel utilisateur [Cis22]. Dans le paradigme actuel, les appareils mobiles sont considérés uniquement comme des clients [ZML+17].

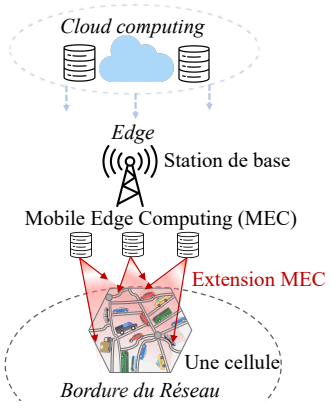


FIGURE 1: Extension du MEC au-delà de la bordure du réseau.

Dans notre approche, nous tentons de maximiser l'utilisation des appareils mobiles et explorons la possibilité de les utiliser pour traiter des calculs distribués. Ces ressources, offertes par les objets connectés, permettent d'étendre les capacités du MEC (voir figure 1) mais font apparaître de nouveaux défis. En particulier, la nature mobile de ces nœuds renforce la difficulté d'exploitation de ces derniers. Pour pouvoir délester une tâche de calcul du MEC sur des nœuds mobiles, nous avons besoin d'étudier la co-localisation de ces nœuds au sein d'une même cellule. Nous estimons la quantité de travail potentielle pour la réalisation de tâches de calculs en fonction du nombre de nœuds et de leur disponibilité au fil du temps. Pour ce faire, nous évaluons la persistance des groupes de nœuds entre les moments de leur formation et de leur dissolution – soit au bout d'un bref instant (persistance faible), soit au bout d'un long moment (persistance forte). Un seuil de réduction α est introduit afin de caractériser la rapidité avec laquelle les groupes se dissolvent. Dans cette étude, nous nous intéressons au cas des véhicules comme ressources de délestage [MB17]. La charge du réseau d'infrastructure est ainsi détournée vers les véhicules équipés à cet effet, favorisant l'extension du MEC au-delà de

la bordure. Tout d'abord, nous analysons la persistance des groupes formés par les véhicules co-localisés, puis nous comparons la différence de persistance suivant la zone géographique observée.

2 Persistance d'un groupe

Nous modélisons un territoire par un ensemble C de cellules. Nous notons $g_{c,T}$ l'ensemble des nœuds se trouvant dans la cellule $c \in C$ à l'instant T. Cet ensemble de nœuds se traduit dans notre travail en un *potentiel de délestage* permettant d'estimer la quantité de tâches pouvant être allouées en parallèle. Notre but est d'étudier en quelque sorte le "temps de vie" de ce potentiel de délestage. Pour ce faire, nous définissons la notion de *persistance* qui consiste à mesurer le temps pendant lequel une fraction de l'ensemble de nœuds observé à l'instant T reste dans la cellule. Cette fraction est définie par une variable $\alpha \in [0 \cdots 1]$ que nous appelons "seuil de réduction". Plus α se rapproche de 1, moins il sera tolérant au départ des noeuds d'un groupe. Inversement, si α est proche de 0, il sera plus tolérant. Ainsi, le MEC peut choisir le moment adéquat où la persistance correspond le mieux à ses tâches.

Avant de formaliser le calcul de la persistance, nous définissons le taux de réduction $R(t,T)$ d'un groupe à un instant $t > T$ comme :

$$R(t,T) = \frac{|g_{c,t}|}{|g_{c,T}|}. \tag{1}$$

Puis :

$$\mathbb{1}(g_{c,T},t) = \begin{cases} 1 \; si \; R(t,T) \geq \alpha, \\ 0 \; si \; R(t,T) < \alpha. \end{cases} \tag{2}$$

Enfin, la persistance est définie comme :

$$\mathscr{P}(g_{c,T}) = \int_{T}^{+\infty} \mathbb{1}(g_{c,T},t)dt. \tag{3}$$

3 Analyse

3.1 Jeu de données

Dans nos analyses, nous étudions des données véhiculaires comportant les taxis de la ville de Rome. L'évaluation de la persistance des groupes est sur une journée de 24h, en semaine, discrétisée en intervalles de temps de 5 minutes. Nous évaluons la persistance sur toute la zone de simulation, puis sélectionnons deux zones pour pour mieux illustrer les résultats : zone dense (rectangle central dans la figure 2 et zone clairsemée (rectangle excentré dans la figure 2. La simulation pour la ville de Rome est effectuée sur une zone de 360 km^2. Nous divisons la zone de Rome en 120 cellules de 3 km^2. Nous nous concentrons sur une zone dense et clairsemée de Rome en sélectionnant 9 cellules de 3 km^2. Les zones sélectionnées sur la figure 2 mesurent alors 27 km^2.

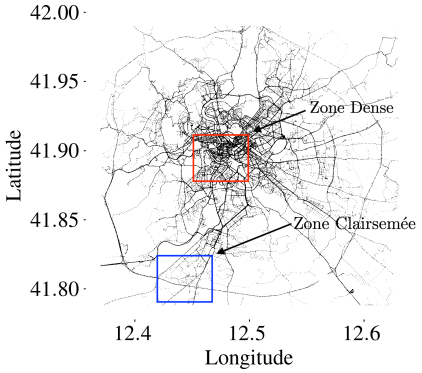


FIGURE 2: Surface de simulation

3.2 La persistance des groupes en fonction de α

Nous nous posons la question de l'existence d'un temps de persistance suffisant pour que les dispositifs mobiles puissent recevoir une tâche de calcul à traiter. Nous fixons un seuil réductionnel maximal α à 50%. Il permet de s'assurer que lors de l'envoi de tâches de calculs, au moins la moitié des dispositifs mobiles seront présents pour mener à bien leur exécution. La figure 3 illustre à titre d'exemple la persistance d'une cellule centrale sur 3 heures. Chaque courbe représente la taille d'un groupe et sa décroissance. Le nombre de nœuds total dans la cellule, à chaque instant, est représenté par la ligne noire en pointillé. Cette ligne représente aussi la quantité de nœuds au moment de la formation de chaque groupe. Il convient de rappeler

que, pour déterminer la persistance, nous observons seulement le taux de départ des nœuds des groupes. Par exemple, le groupe arrivé à 5h40 (flèche figure 3) a un potentiel égal à 11 au moment de sa formation. La persistance avec α=0 est de 2h15, qui est l'intervalle observé jusqu'à ce que tous les nœuds de ce groupe quittent la cellule. Si l'on considère $\alpha = 0.5$, la persistance est de 25 min, c'est-à-dire le temps pour que la moitié des nœuds quitte la cellule.

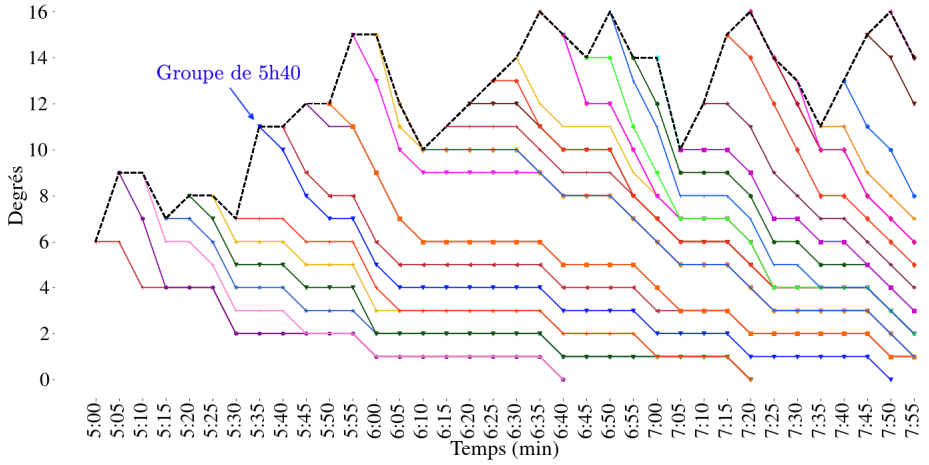
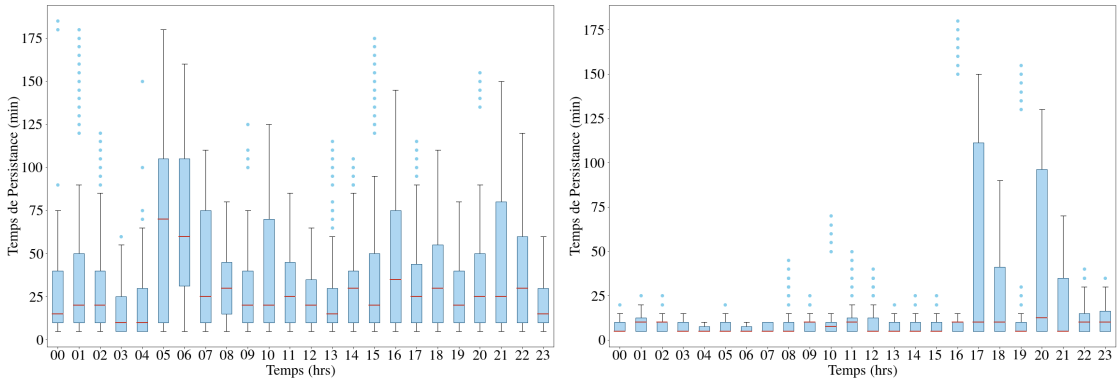


FIGURE 3: Persistance d'une cellule entre 5h00 et 8h00 dans une zone dense

3.3 L'évolution de la persistance

L'évaluation précédente confirme l'existence de groupes perdurant dans le temps, rendant possible l'extension de la capacité du MEC. Nous nous interrogeons sur la répartition géographique de la persistance. En plus du caractère mobile des véhicules, il faut tenir compte d'autres propriétés particulières. En effet, les véhicules sont forcés d'emprunter des routes, ne pouvant donc pas se déplacer aléatoirement. Par moments, ils doivent emprunter certaines routes (autoroutes, avenues, ponts, carrefours) à fort emprunt présentant des congestions. Nous nous intéressons à la répartition du temps de persistance pour ses zones à chaque heure pendant 24 heures. La figure 4 représente la persistance dans une zone dense 4a et la figure 4b montre la persistance pour une zone clairsemée. La première observation est celle d'un comportement fluctuant au cours de la journée. Nous pouvons observer la présence de valeurs extrêmes (au-dessus du boxplot) avec des temps de persistance relativement élevés. Il s'agit de groupes co-localisés durant une longue période. Dans la zone dense, la persistance la plus courte se situe dans l'intervalle de 3h à 4h du matin. La médiane est la plus basse malgré la présence de valeurs extrêmes. Cet intervalle est propice à délester des tâches de calcul courtes requérant une persistance faible (aux alentours de 5 min). À l'opposé, entre 5h et 6h, nous avons un pic de persistance, la majorité des groupes se trouvant dans cette tranche horaire. Nous remarquons une atténuation du temps de persistance progressive jusqu'à une stabilisation aux alentours de 40 min, de 9h à 12h. Ainsi, le MEC pourrait délester une tâche à forte persistance en début de matinée. Nous observons l'élévation progressive de la médiane pendant les intervalles 16h-18h et 19h-22h, impliquant un temps de persistance plus grand. Ces instants coïncident avec les pics d'affluence (sortie de travail, d'écoles). Nous constatons, comme espéré, que les charges routières ont un impact important sur la persistance.

Pour la zone moins dense (figure 4b) , le temps de persistance est quasi infime pour toutes les heures sauf pour certaines tranches horaires telles que de 11h à 12h, 17h à 18h, 20h à 21h et de 22h à 23h, car les taxis tendent à se déplacer davantage vers la périphérie. Pour les tranches horaires de 17h à 18h et 20h à 21h, la médiane est basse. Cependant, le quartile supérieur équivaut à une persistance d'environ 1h à 3h. Pour ces intervalles, l'étendue est importante, impliquant qu'une majorité des groupes a une persistance faible et une minorité une persistance forte. Ainsi, il est préférable de délester une tâche de calcul à faible persistance dans une zone clairsemée.



(a) Étude d'une zone du centre-ville

(b) Étude d'une zone de la périphérie

FIGURE 4: Comparaison de la persistance entre une zone dense et une zone clairsemée

4 Conclusion et Perspectives

Nous avons édudié les possibilités d'extension des capacités du MEC au-delà de la bordure dans un contexte véhiculaire. Notre travail se concentre sur la formation de groupes de calcul disponibles ainsi que leurs persistances spatio-temporelles. Même si les données analysées sont spécifiques à un scénario, nos résultats montrent que le temps de persistance des groupes suit un motif dépendant de la densité du trafic véhiculaire et de l'heure de la journée. L'analyse de l'évolution de la persistance nous amène à penser que les régions périurbaines, qui sont des zones de passage, sont propices à un délestage court (persistance faible) et inversement pour les régions urbaines. Nous suggérons de dissocier les régions à forte et faible affluence afin d'avoir une cartographie plus juste. Dans nos travaux futurs, nous évaluerons la persistance sur différentes villes et sur des périodes plus longues.

Références

[AZTS18] N. Abbas, Y. Zhang, A. Taherkordi, and T. Skeie. Mobile edge computing : A survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(1) :450–465, Feb 2018.

[BBL+14] Lorenzo Bracciale, Marco Bonola, Pierpaolo Loreti, Giuseppe Bianchi, Raul Amici, and Antonello Rabuffi. Crawdad dataset roma/taxi (v. 2014-07-17). https ://crawdad.org/roma/taxi/20140717, july 2014.

[Cis22] Cisco visual networking index : global mobile data traffic forecast update. `https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-738429.pdf`, 2017–2022.

[MB17] P. Mach and Z. Becvar. Mobile edge computing : A survey on architecture and computation offloading. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, 19(3) :1628–1656, thirdquarter 2017.

[ZML+17] K. Zhang, Y. Mao, S. Leng, Y. He, and Y. ZHANG. Mobile-edge computing for vehicular networks : A promising network paradigm with predictive off-loading. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 12(2) :36–44, June 2017.