



**HAL**  
open science

## Quand les noeuds mobiles passent à l'action !

Sadia Khizar, Marcelo Dias de Amorim, V Conan

► **To cite this version:**

Sadia Khizar, Marcelo Dias de Amorim, V Conan. Quand les noeuds mobiles passent à l'action!. CORES 2021 – 6ème Rencontres Francophones sur la Conception de Protocoles, l'Évaluation de Performance et l'Expérimentation des Réseaux de Communication, May 2021, La Rochelle, France. hal-03218132

**HAL Id: hal-03218132**

**<https://hal.science/hal-03218132>**

Submitted on 5 May 2021

**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.

# Quand les nœuds mobiles passent à l'action !

S. Khizar<sup>1,2</sup>, M. Dias de Amorim<sup>1</sup> et V. Conan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sorbonne Université, CNRS, LIP6, Paris, France

<sup>2</sup>Thales SIX GTS, Gennevilliers, France

---

Nous cherchons à tirer parti de la capacité de calcul des nœuds mobiles au-delà de la bordure du réseau pour déléster des tâches de calcul depuis l'infrastructure réseau MEC (*multi-access edge computing*). Néanmoins, la mobilité des utilisateurs fait varier les ressources disponibles au cours du temps. Dans cet article, notre objectif est de déterminer les tâches pouvant être exécutées avec succès en fonction de leurs demandes en ressources. Pour ce faire, nous utilisons des traces de mobilité réelles à large échelle. Nous étudions l'impact du délai alloué pour l'exécution des tâches. Nos résultats montrent que le potentiel de déléstage des nœuds mobiles au-delà de la bordure est significatif, même pour des délais très courts.

**Mots-clés :** Mobilité, informatique mobile en périphérie, nœuds mobiles, déléstage de tâche, réseaux cellulaires.

---

## 1 Introduction

À l'heure où le trafic internet explose, le déléstage de tâches de calcul est une technique qui suscite l'intérêt des chercheurs au cours de ces dernières décennies. Une large majorité porte son attention sur le déléstage de tâches d'un dispositif mobile vers un serveur local, ou bien vers l'infrastructure réseau sur un cloud distant, et plus récemment en bordure du réseau vers le mobile edge computing (MEC) [KKLC15, MB17].

Nous orientons notre attention vers une approche non-conventionnelle qui consiste à déléster des tâches de calcul du MEC en périphérie du réseau vers les dispositifs mobiles au-delà de la bordure du réseau (voir Figure 1). Outre le fait de soulager la charge du réseau d'infrastructure, cela pourrait entraîner d'autres améliorations telles que l'augmentation du débit, une meilleure disponibilité et de manière globale étendre les capacités du MEC. Parallèlement, le nombre de dispositifs mobiles devrait atteindre 13,1 milliards d'ici 2023 [Cis23]. Les dispositifs mobiles ne sont pas toujours utilisés pleinement de leur capacité et restent inactifs la plupart du temps [CH10]. De plus, ces derniers deviennent de plus en plus sophistiqués (processeurs haut de gamme, ressources de stockage élevées, des capteurs multiples, etc.). Ainsi, ils peuvent être considérés comme des potentielles stations de travail mobiles. Même si assigner des tâches de calcul aux nœuds mobiles au-delà de la bordure du réseau semble être une idée viable, un certain nombre de défis doivent être relevés dont la mobilité des utilisateurs.

On cherche à savoir dans quelle mesure les appareils des utilisateurs finaux pourraient contribuer à décharger des tâches de calcul de l'infrastructure réseau, estimant ainsi la taille des tâches qui pourront être déléstées et exécutées avec succès. Pour pouvoir répondre à cette question, nous proposons qu'une tâche soit définie comme un temps de calcul. Pour qu'une tâche soit exécutée, nous l'associons au temps de présence des nœuds. Nous estimons donc le temps de présence des nœuds pour une période donnée, permettant d'obtenir le potentiel de nœuds pouvant exécuter une tâche donnée. Un délai de retour de la tâche est introduit afin de caractériser la durée maximale durant laquelle le nœud doit rendre la tâche que le MEC lui a assignée. Ainsi, dans notre hypothèse, une présence continue des nœuds dans la cellule n'est pas requise pour l'exécution complète de la tâche attribuée par le MEC. Dans cette étude, nous utilisons des traces de mobilité réelles pour estimer les ressources de déléstage disponibles. Nous évaluons ainsi le potentiel

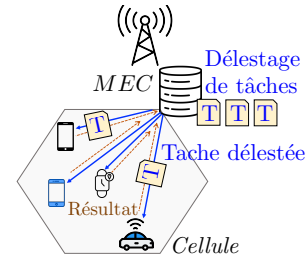


FIGURE 1: Déléstage de tâches de calcul vers les appareils mobiles.

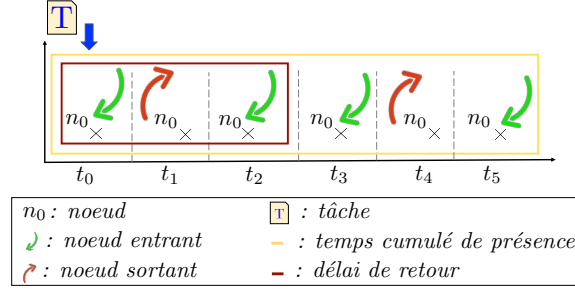


FIGURE 2: Calcul du temps cumulé de présence.

de ressources disponibles pour des tâches requérant des ressources de calculs différentes et l'impact de ce potentiel en fonction du délai de retour.

## 2 Quand les terminaux renforcent le MEC

Nous considérons un scénario dans lequel le MEC délègue des tâches vers des nœuds mobiles au sein d'une cellule. Une fois qu'un nœud reçoit une tâche, il doit l'exécuter et avant une certaine date limite. Nous appelons le temps imparti pour l'exécution de la tâche le *délai de retour*.

Nous considérons un modèle dans lequel le nœud n'exécute une tâche d'un MEC que lorsqu'il se trouve dans la cellule de ce MEC. S'il quitte la cellule, l'exécution de la tâche se met en suspens pour laisser place à l'exécution d'autres tâches d'un autre MEC. De ce fait, lorsque ledit nœud revient dans la cellule du MEC, il reprend l'exécution de la tâche attribuée de manière à la compléter et la retourner à son MEC d'origine. Ainsi, le nœud peut faire plusieurs temps de séjour dans la cellule de manière discontinue. Néanmoins, le temps cumulé de présence du nœud passé dans la cellule doit être supérieur ou égal au temps de calcul exigé par la tâche pour qu'elle puisse être menée à son terme.

Nous notons  $T$  le temps nécessaire pour l'exécution d'une tâche et  $t$  l'instant auquel la tâche est attribuée à un nœud mobile  $n$  présent dans la cellule à l'instant  $t$ . Ce nœud mènera le calcul de la tâche à terme uniquement si son temps de présence cumulé dans la cellule est suffisant. Nous considérons un temps discret pour représenter le système et notons  $\hat{n}(t) = 1$  si le nœud est présent dans la cellule à l'instant  $t$  et  $\hat{n}(t) = 0$  s'il est absent. Le temps cumulé  $\Delta$  de présence du nœud  $n$  sur une période donnée  $[t_a, t_b]$  :

$$\Delta_{t_a \rightarrow t_b}(n) = \sum_{i=t_a}^{t_b} \Delta \hat{n}(i). \quad (1)$$

En vue de l'exécution de la tâche, nous notons  $d_r$  le délai de retour (c.-à-d. le temps imparti pour exécuter et remettre la tâche au MEC). Une tâche de durée  $T$  attribuée au nœud  $n$  à l'instant  $t$  est menée à bien si :

$$T \leq \Delta_{t \rightarrow t+d_r}(n). \quad (2)$$

Dans la Figure 2, nous avons une représentation du nœud  $n_0$  entrant et sortant d'une cellule durant une période donnée équivalente ici à  $[t_0, t_5]$ . La tâche que le MEC délègue requiert par exemple un temps de calcul d'un intervalle,  $T = 1$ , et un délai de retour de  $d_r = 3$ . Nous observons que pendant la période  $[t_0, t_5]$ , ce nœud a un temps cumulé de présence de  $\Delta_{t_0 \rightarrow t_5}(n_0) = 4$ ; en revanche, le temps cumulé de présence du nœud dans la période requise est égal à  $\Delta_{t_0 \rightarrow t_2}(n_0) = 2$ . Ainsi, nous obtenons bien  $1 \leq 2 \leq 3$ . Dans cet exemple, nous constatons que si la tâche avait été attribuée, cela aurait été un potentiel succès. Pour ce même exemple, si nous nous trouvons dans la situation où la durée de calcul de la tâche nécessite  $T = 4$  et  $d_r = 5$ , le temps de présence cumulé serait  $\Delta_{t_0 \rightarrow t_4}(n_0) = 3$ . Nous déduisons que la tâche ne pourrait pas être réalisée par ce nœud. Comme énoncé précédemment, dans le cadre d'envoi de tâches de calcul à un nœud à un instant  $t$ , nous exigeons l'exécution de cette dernière dans le temps imparti fixé par le délai de retour et

### Quand les nœuds mobiles passent à l'action !

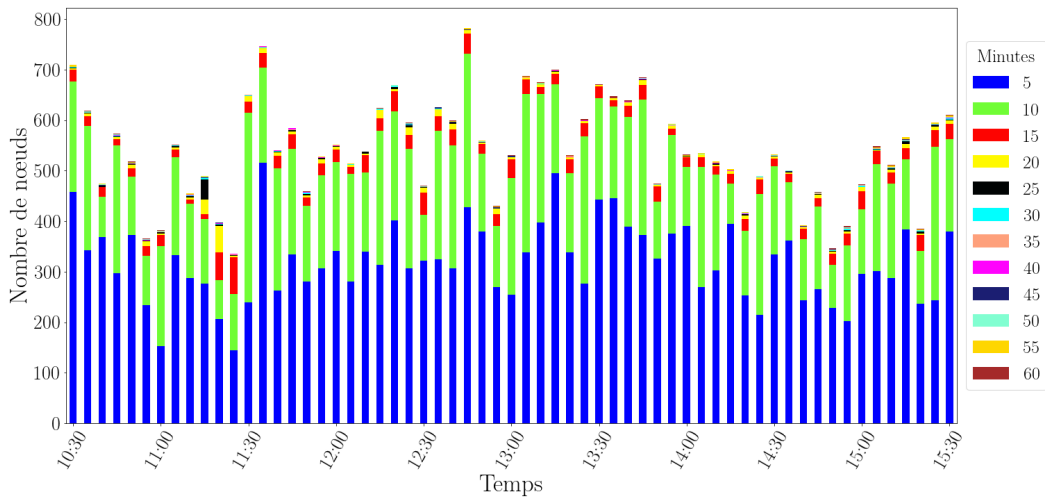


FIGURE 3: Temps de présence cumulé des nœuds dans une zone centrale de Paris.

au sein de la cellule du MEC ayant assigné la tâche. Ainsi, les nœuds recevant des tâches du MEC doivent revenir dans la cellule jusqu'au temps imparti pour l'achèvement de la tâche ; sinon, la tâche est considérée comme perdue. Elle sera exécutée soit par le MEC lui-même ou par un cloud distant.

### 3 Jeu de données et résultats

Dans notre analyse, nous utilisons des données cellulaires réelles de la ville de Paris. Nous nous focalisons sur une cellule d'une zone dense. Nous discrétisons le temps en intervalles de 5 minutes qui s'étend sur une période de 10h30 à 16h30 (soit 6h). La Figure 3 représente le temps de présence des utilisateurs au fil du temps avec un délai de retour que nous avons fixé à 1h. En d'autres mots, une barre à l'instant  $t$  indique le nombre total de nœuds ayant séjourné dans la cellule pendant une certaine période (indiquée par les couleurs) entre  $t$  et  $t+1h$ . De manière globale, nous observons une fluctuation du nombre d'utilisateurs au cours de la journée, impliquant une variation de la capacité de calcul. Nous remarquons d'emblée une grande possibilité d'exécution de tâches nécessitant un temps de calcul  $T$  de 5 à 15 minutes. Par exemple, pour une tâche envoyée à 10h30, si la durée de calcul requise est de 5 minutes, nous avons au moins 470 utilisateurs présents exclusivement 5 minutes. Ainsi, une tâche requérant ce temps de calcul serait bien menée si elle avait été affectée à l'un de ces nœuds. Par ailleurs, nous avons jusqu'à 710 d'utilisateurs à qui assigner cette tâche puisque leur temps de présence est supérieur ou égale à 5 minutes. Considérons toujours l'intervalle de 10h30, si le MEC souhaite déléster une tâche nécessitant un temps de calcul de 10 minutes, nous avons à ce moment 219 nœuds présents exclusivement pendant cette durée pour l'accomplir si besoin. À certains moments de la journée, la tendance s'inverse, nous avons plus d'utilisateurs présents exclusivement pendant 10 minutes que de 5 minutes. Cela permet au MEC d'avoir un vaste champ de possibilités pour affecter des tâches de cette durée sur les différents intervalles tels qu'à 11h00, 11h35, 12h45, 15h25. Nous constatons moins de nœuds présents pour des tâches d'une durée de 15 minutes. Néanmoins, dans le cadre de notre caractérisation, il s'avère pertinent de savoir que l'on pourrait les exploiter ; il en est de même pour les nœuds allant jusqu'à une heure de temps de présence pour un délai de retour d'une heure.

Pour des tâches nécessitant un temps de calcul donné, nous cherchons également à savoir quel est le nombre de possibilités de les exécuter en variant le délai de retour. La Figure 4 présente une vision de ce nombre sur un intervalle d'étude de deux heures ( $t_a = 11h00$  et  $t_b = 13h00$ ). Nous avons sélectionné de manière arbitraire 500 nœuds apparaissant et disparaissant au cours du temps dans une cellule afin d'évaluer l'impact du délai de retour allant de 10 à 120 minutes. Nous avons analysé le cumul du temps de présence d'un nœud par rapport à sa capacité à effectuer une tâche de calcul donnée durant une période donnée. Cela nous permet d'obtenir le nombre de fois qu'une tâche donnée peut être exécutée par un nœud unique durant la période choisie (11h00→13h00). Nous faisons cela pour chacun des 500 nœuds sélectionnés en sommant

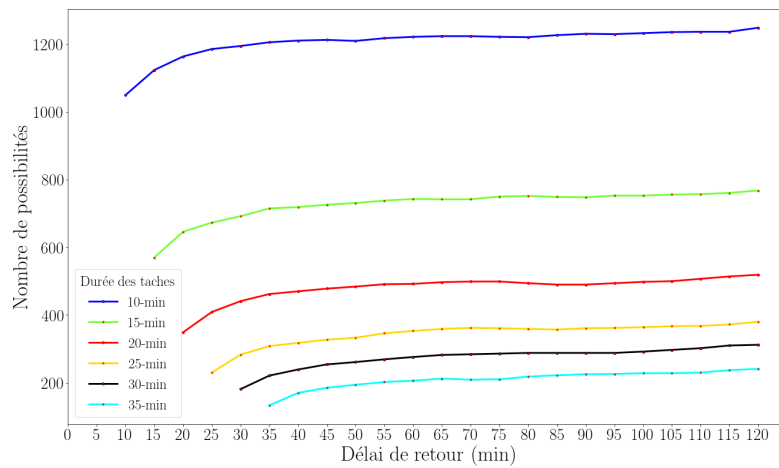


FIGURE 4: Variation du délai de retour.

ainsi le nombre de possibilités obtenues en fonction des différentes durées de tâches (de 10 minutes à 35 minutes). Nous ne montrons pas la courbe pour  $T = 5$  minutes pour une question de visibilité (il s'agit d'une droite horizontale aux alentours de 2800). Nous observons que même pour un sous-ensemble de 500 nœuds, nous pouvons exécuter entre 1050 à 1250 tâches de 10 minutes en fonction de la tolérance au délai de retour. La capacité à pouvoir traiter des tâches de 15 minutes est entre 550 à 770. Pour les tâches de 20 minutes, nous avons à disposition un nombre entre 350 à 520 de possibilités. De manière globale, nous remarquons qu'une tolérance au délai de retour d'une tâche permet d'accroître les possibilités d'exécution jusqu'à une certaine stabilité. Ainsi, en fonction du délai de retour requis par le MEC, il disposera d'un vaste choix de nœuds potentiels à qui attribuer ses tâches.

## 4 Conclusion et Perspectives

L'approche non-conventionnelle de cette étude consiste à utiliser les nœuds mobiles pour le compte du MEC afin de démultiplier ses possibilités de calcul. Nous avons évalué de manière préliminaire la possibilité de délestage de tâches de calcul sur des nœuds mobiles en exploitant des données réelles de mobilité. Pour cela, nous avons associé la durée d'une tâche au temps cumulé de présence des nœuds de manière discontinue pendant une période donnée. Cela nous a permis d'estimer quelles durées et quelles quantités de tâches peuvent être accomplies en fonction d'un délai de retour que nous pouvons faire varier selon la tolérance temporelle voulue. Nos résultats montrent la faisabilité d'exécution de tâches indépendamment du délai de retour. Dans la continuité de nos travaux, nous allons étendre cette étude sur un nombre de cellules plus élevé afin d'obtenir une caractérisation plus fine des opportunités que la bordure du réseau présente.

## Références

- [CH10] Aaron Carroll and Gernot Heiser. An analysis of power consumption in a smartphone. In *Proceedings of the 2010 USENIX Conference on USENIX Annual Technical Conference*, USENIXATC'10, page 21, USA, 2010. USENIX Association.
- [Cis23] Cisco. Cisco annual internet report. <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>, 2018–2023.
- [KKLC15] Jeongho Kwak, Yeongjin Kim, Joohyun Lee, and S. Chong. Dream : Dynamic resource and task allocation for energy minimization in mobile cloud systems. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 33 :2510–2523, 2015.
- [MB17] P. Mach and Z. Becvar. Mobile edge computing : A survey on architecture and computation offloading. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, 19(3) :1628–1656, 2017.