



**HAL**  
open science

# Croissance Verte dans NDN: Déploiement des Content Stores

Eliau Aubry, Thomas Silverston, Isabelle Chrisment

► **To cite this version:**

Eliau Aubry, Thomas Silverston, Isabelle Chrisment. Croissance Verte dans NDN: Déploiement des Content Stores. ALGOTEL 2016 - 18èmes Rencontres Francophones sur les Aspects Algorithmiques des Télécommunications, May 2016, Bayonne, France. hal-01304444

**HAL Id: hal-01304444**

**<https://hal.science/hal-01304444v1>**

Submitted on 20 Apr 2016

**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.

# Croissance Verte dans NDN: Déploiement des Content Stores

Elian Aubry<sup>1,2</sup>, Thomas Silverston<sup>3</sup> et Isabelle Chrisment<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Université de Lorraine, LORIA, CNRS UMR 7503, Vandoeuvre-lès-Nancy, France

<sup>2</sup>Inria Nancy – Grand Est, Villers-lès-Nancy, France

<sup>3</sup>The University of Tokyo, JFLI, CNRS UMI 3527, Tokyo, Japon

---

L'architecture *Named-Data Networking* (NDN) consiste en un réseau de caches, où les noeuds peuvent stocker les données qui transitent pour satisfaire les futures requêtes. La mémoire requise à chaque noeud, appelée *Content Store*, représente ainsi la majeure partie du coût de l'infrastructure. Cet article se propose d'étudier s'il est utile que tous les noeuds soient équipés de *Content Stores* pour améliorer les performances de l'architecture NDN. Pour cela, nous étudions l'impact du nombre de *Content Stores* dans un réseau NDN et évaluons ses performances. Nous montrons à travers d'importantes expériences de simulations avec NS-3 et son module ndnSIM que les performances de NDN sont optimales avec seulement 50% de noeuds équipés de *Content Stores*. C'est un résultat important pour les opérateurs réseaux car cela montre que l'architecture NDN peut être déployée à un coût d'infrastructure réduit.

**Mots-clés :** Information-Centric Networking, Named-Data Networking, Caching, Simulation, Green Growth

---

## 1 Introduction

L'architecture *Named-Data Networking* (NDN) [JST<sup>+</sup>] a été récemment proposée comme une alternative au modèle de communication d'hôte-à-hôte de TCP/IP pour un Internet du futur. NDN se concentre sur les données et non plus sur la localisation des hôtes et les contenus peuvent être stockés en mémoire de chaque noeud du chemin, chaque noeud du réseau pouvant ensuite répondre à de futures requêtes. Au delà des messages *Interest* et *Data* pour demander/recevoir une donnée, l'architecture NDN repose sur trois composants : une mémoire cache (*Content Store*), une table de transmission (FIB) et une table d'Intérêt (PIT). NDN est ainsi un réseau de cache et la mémoire (*Content Stores*) représente la majeure partie du coût de l'infrastructure, lequel coût est un frein au déploiement de cette nouvelle architecture par les opérateurs réseaux. Un grand nombre d'études sur de nouvelles stratégies de mise en cache ont été proposées [CHPP13, BSF14, RQW<sup>+</sup>, RT15], ainsi que sur l'allocation des mémoires [RT13, WLT<sup>+</sup>13, RR12]. L'ensemble de ces travaux considère que chaque noeud possède un *Content Store*, et propose des mécanismes visant à aider les décisions de mise en cache dans le but d'améliorer les performances de NDN. Toutefois, il n'y a eu à notre connaissance aucune étude sur l'efficacité de l'architecture NDN en fonction de la capacité de cache totale du réseau.

Dans cet article, nous évaluons les performances de l'architecture NDN en fonction du nombre de *Content Stores* dans le réseau. L'idée sous-jacente est de savoir s'il est utile que tous les noeuds soient équipés de mémoires (*Content Stores*) pour améliorer les performances de l'architecture NDN.

Pour cela, nous avons effectué d'importantes expériences de simulations avec NS-3 (Section 2), en utilisant des topologies d'opérateurs réseaux et en faisant varier le nombre de *Content Stores* dans le réseau. Nos résultats montrent que les performances des caches de NDN sont optimales avec seulement 50% de noeuds équipés de *Content Stores* (Section 3). En effet, comme cela est le cas en économie et en science environnementale avec la « Croissance Verte » (*Green Growth* [JE14]), il est possible d'obtenir un même niveau de performances sans utiliser d'avantage de ressources naturelles (sans gaspiller de ressources). Il n'est donc pas utile que tous les noeuds disposent d'importantes capacités de mémoires. C'est un résultat important pour les opérateurs réseaux car cela montre que l'architecture NDN peut être déployée à un coût d'infrastructure réduit.

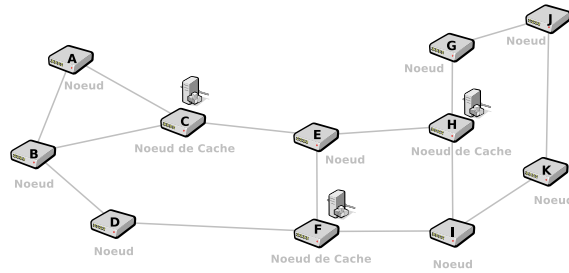


FIGURE 1: Exemple de réseau NDN avec la topologie Abilene où seuls les noeuds C, F et H possèdent une capacité de cache (*Content Store*).

## 2 Expériences : variation du nombre de *Content Stores* dans NDN

Pour évaluer l’impact du nombre de noeuds possédant des fonctionnalités de cache (i.e. un *Content Store*) dans l’architecture NDN, nous utilisons des topologies réelles d’opérateurs réseaux avec des noeuds NDN (Figure 1) dont seulement quelques uns possèdent une mémoire cache (*Content Store*). Nous considérons ensuite des scénarios où le nombre de noeuds avec *Content Stores* varie de 0% à 100% (scénario 0%, 20%, 40%, 50%, 80% et 100%) et où les noeuds possédant une mémoire cache sont placés aléatoirement dans le réseau.

Dans le *scénario 0%*, il n’y a aucun *Content Store* dans le réseau donc les contenus ne peuvent pas être stockés par les noeuds du réseau et les messages *Interest* sont transmis jusqu’au serveur original pour obtenir les données. Ce scénario rappelle un réseau IP classique dans lequel chaque requête est acheminée vers le serveur d’origine, et servira de limite pour évaluer l’impact du nombre de *Content Stores* dans NDN. Au contraire, dans le *scénario 100%*, tous les noeuds possèdent un *Content Store*, ce qui correspond au scénario classique de NDN dans lequel tout les noeuds cachent les contenus. Pour les autres scénario, seulement 20%, 40%, 50% ou 80% des noeuds possèdent un *Content Store*. De plus, nous avons aussi considéré deux autres scénarios dans lesquels un seul noeud du réseau possède une capacité de cache, et nous distinguons les deux cas : le cas où le *Content Store* est placé aléatoirement sur un noeud du réseau (*scénario I*) ; et le cas où il est placé sur le noeud le plus connecté du réseau (*scénario IMC*). Ces scénarios rappellent l’utilisation de CDN (*Content Distribution Network*) dans l’Internet, pour aider le serveur original à distribuer le contenu.

Pour évaluer ces scénarios, nous utilisons des métriques comme le *Cache Hit*, qui évalue la performance du cache et indique la proportion de requêtes ayant été satisfaites par les noeuds, ainsi que le nombre de messages *Interest* et *Data* envoyés (surcoût en communication, *overhead*).

Pour nos expériences nous utilisons le simulateur réseau NS-3, avec son module ndnSIM permettant de simuler des réseaux NDN, et des paramètres fréquemment utilisés dans les travaux connexes sur NDN [RR12, BSF14]. Nous utiliserons ainsi les topologies Abilene et Geant comprenant respectivement 21 et 41 noeuds, un catalogue de  $10^6$  contenus et des *Content Stores* pouvant stocker  $10^3$  contenus, soit 0.1% du catalogue. La stratégie de cache utilisée, *Leave-Copy Down* (LCD), est celle utilisée par défaut par NDN et consiste à ce que tous les noeuds stockent les contenus reçus ; les noeuds NDN utilisent également la politique de gestion de mémoire LFU (*Least Frequently Used*) pour libérer de l’espace mémoire. Nous simulons un réseau avec 40 utilisateurs, chacun émettant 5 requêtes par seconde (*Interest*) vers des contenus, dont la popularité suit une loi de probabilité MZipF avec des paramètres  $\alpha = 1.1$  et  $\beta = 0$ . Enfin, chaque scénario est simulé 20 fois, et nous présentons sur la figure 2 et la figure 3 la moyenne des simulations et leur écart type.

## 3 Résultats des expériences de simulation

Nous présentons les résultats d’évaluation avec les topologies Abilene et Geant pour le *Cache Hit* sur la Figure 2. Quelque soit la topologie, le *Cache Hit* augmente avec le nombre de *Content Stores* puis diminue lorsque ce nombre dépasse 40%. Cette diminution au delà des 40% est due à la raison suivante : chaque noeud possédant le contenu répond aux requêtes, mettant ainsi à jour sa FIB pour les futures requêtes vers ce même contenu. Mais à mesure des nombreuses requêtes dans le réseau, les contenus présents dans les *Content Stores* des noeuds sont remplacés (LFU), rendant les entrées des FIB obsolètes. Des requêtes vont donc être inutilement transmises vers des noeuds qui ne possèdent plus les contenus demandés, ce qui aura pour effet de réduire les performances du réseau de cache, c’est à dire diminuer le *Cache Hit*. De plus, les

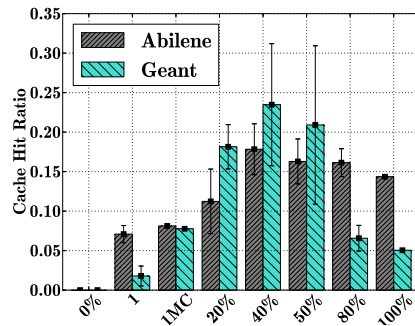


FIGURE 2: Performance du réseau NDN (*Cache Hit*) en fonction du nombre de *Content Stores*. L'abscisse indique la quantité de *Content Stores* dans le réseau ; l'ordonnée la performance du réseau NDN.

contenus non-populaires n'étant pas conservés dans les mémoires caches avec la stratégie LFU, augmenter le nombre de *Content Store* va diminuer le *Cache Hit* lorsque ces contenus seront demandés.

Avec la topologie Geant, on observe également que les performances du réseau NDN avec le scénario *1MC* sont meilleures qu'avec le scénario *1*. En effet, la topologie Geant est un maillage, et le noeud le plus connecté possède beaucoup plus de liens que les autres ; ce noeud fera office de « concentrateur » vers lequel vont converger la plupart des messages *Interest*. Il stockera ainsi les contenus les plus demandés et permettra aux requêtes d'être plus largement satisfaites, augmentant de ce fait le *Cache Hit* et améliorant les performances du réseau. A l'inverse, la topologie Abilene est moins maillée, et placer l'unique *Content Store* sur le noeud le plus connecté aura un impact moins important. Finalement, nous observons qu'il existe un effet seuil au delà duquel il n'est pas nécessaire d'augmenter le nombre de *Content Stores* dans le réseau. En effet, cela ne va pas augmenter les performances de cache du réseau, voire au contraire les diminuer (*scénario 50%*, *scénario 80%* et *scénario 100%*).

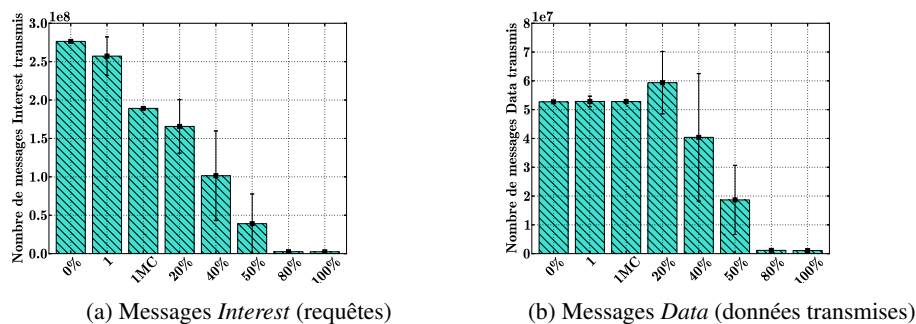


FIGURE 3: Nombre de messages envoyés avec la topologie Geant (*overhead*).

Concernant le nombre de messages *Interest* (Figure 3a) et *Data* (Figure 3b) envoyés dans le réseau, les deux topologies affichent des résultats similaires et nous présentons seulement ceux obtenus avec la topologie Geant. Le nombre de messages *Interest* et *Data* décroît lorsque le nombre de *Content Stores* augmente. Par exemple, le nombre de messages *Interest* est divisé par six entre les scénarios *0%* et *scénario 50%*. Lorsqu'il n'y a pas de *Content Store* dans le réseau (*scénario 0%*), les messages *Interest* inondent le réseau, et les messages *Data* sont envoyés vers l'utilisateur en étant transmis sur chacun des liens où un message *Interest* a été transmis, augmentant le nombre de messages et consommant inutilement les ressources du réseau. En augmentant le nombre de *Content Stores* dans le réseau NDN, certains des contenus se retrouvent répliqués dans plusieurs noeuds, diminuant la distance entre utilisateurs et contenu, et réduisant de ce fait le nombre de messages *Interest* et *Data*. Dans la Figure 3b, nous observons que le nombre de messages *Data* est plus important pour le scénario *20%* que les autres scénarios, notamment *scénario 0%*. Cela est due au fait qu'un plus grand nombre de messages *Interest* vont être propagés pour finalement atteindre les quelques *Content Stores* présents dans le réseau, générant de plus nombreux messages *Data* en retour. Pour les autres scénarios, les *Interest* rencontreront des caches plus proches disposant des contenus, évitant l'inondation des messages *Interest* et donc de nombreuses répliquations de messages *Data*.

Dans nos expériences, le nombre de messages envoyés n'évolue pratiquement plus au delà de "80%" de *Content Stores* dans le réseau, un seuil au delà duquel les résultats sont similaires en terme de nombre de messages envoyés.

Ainsi le nombre de *Content Stores* dans le réseau NDN a un impact sur ses performances. Les performances du réseau de cache augmentent jusqu'à environ 40% de *Content Stores* dans le réseau puis ne sont plus améliorées. Le nombre de messages quant à lui continue de diminuer jusqu'à un palier à partir de 80% de *Content Stores*. Ainsi, en corrélant les résultats de nos expériences, 50% de *Content Stores* dans le réseau permet d'optimiser les performances du réseau (*Cache Hit*), tout en bénéficiant d'une importante diminution du nombre de messages. Compte-tenu du fait que les mémoires caches sont généralement très coûteuses dans les infrastructures matérielles, déployer seulement 50% de *Content Stores* (mémoire cache) dans le réseau permettra de diminuer fortement le coût de l'infrastructure pour l'opérateur réseau.

## 4 Conclusion et travaux futurs

Dans cet article, nous avons évalué l'impact du nombre des *Content Stores* dans un réseau NDN. Nous avons pour cela effectué d'importantes expériences de simulation avec le simulateur NS-3 et son module ndnSIM, et fait varier le nombre de *Content Stores* dans le réseau.

Les résultats montrent que les performances du réseau NDN sont meilleures avec seulement 50% de noeuds possédant un *Content Store* (mémoire cache). En effet, la probabilité de trouver un contenu en mémoire est maximale (*Cache Hit*) et le nombre de messages dans le réseaux est fortement diminué. Ces résultats sont importants pour les opérateurs réseaux car ils montrent que les coûts d'infrastructure pour déployer NDN peuvent être largement diminués car il n'est pas nécessaire d'équiper tous les noeuds d'importantes capacités de stockage.

Pour nos travaux futurs, nous étudierons l'impact des tailles de caches hétérogènes sur les performances du réseau. Nous évaluerons aussi la réduction de consommation d'énergie qui sera réalisée grâce à cette diminution du nombre de *Content Stores*, ce qui diminuera également les coûts d'opération de l'infrastructure. Nous étudierons également le déploiement de l'architecture NDN en environnement virtualisé (NFV), ce qui peut également favoriser son déploiement. Une stratégie de placement optimale des *Content Stores* dans le réseau sera également étudiée, ainsi que des mécanismes de routage des messages *Interest* dans NDN.

## Références

- [BSF14] C. Bernardini, T. Silverston, and O. Festor. Socially-aware caching strategy for content centric networking. In *IFIP Networking*, 2014.
- [CHPP13] W. Koong Chai, D. He, I. Psaras, and G. Pavlou. Cache less for more in information-centric networks (extended version). *Computer Communications*, 36(7) :758 – 770, 2013.
- [JE14] M. Jakob and O. Edenhofer. Green growth, degrowth, and the commons. *Oxford Review of Economic Policy*, 30(3) :447–468, 2014.
- [JST<sup>+</sup>] V. Jacobson, D. K. Smetters, J. D. Thornton, M. F. Plass, N. H. Briggs, and R. L. Braynard. Networking Named Content. *ACM CoNEXT '09*.
- [RQW<sup>+</sup>] J. Ren, W. Qi, C. Westphal, J. Wang, K. Lu, S. Liu, and S. Wang. MAGIC : A distributed Max-Gain In-network Caching strategy in information-centric networks. In *IEEE NOMEN'14*.
- [RR12] D. Rossi and G. Rossini. On sizing CCN content stores by exploiting topological information. In *IEEE INFOCOM WKSHPS NOMEN*, 2012.
- [RT13] M. Rezaad and Y. C. Tay. A Cache Miss Equation for Partitioning an NDN Content Store. In *ACM AINTEC*, 2013.
- [RT15] M. Rezaad and Y.C. Tay. Ccndns : A strategy for spreading content and decoupling ndn caches. In *IFIP Networking*, 2015.
- [WLT<sup>+</sup>13] Y. Wang, Z. Li, G. Tyson, S. Uhlig, and G. Xie. Optimal cache allocation for content-centric networking. In *IEEE ICNP*, 2013.