



HAL
open science

Évaluation de l'impact de caches pour de la vidéo adaptative par satellite

Adrien Thibaud, Julien Fasson, Fabrice Arnal, David Pradas, Emmanuel Dubois, Emmanuel Chaput

► **To cite this version:**

Adrien Thibaud, Julien Fasson, Fabrice Arnal, David Pradas, Emmanuel Dubois, et al.. Évaluation de l'impact de caches pour de la vidéo adaptative par satellite. Rencontres Francophones sur la Conception de Protocoles, l'Évaluation de Performance et l'Expérimentation des Réseaux de Communication, May 2018, Roscoff, France. hal-01784604

HAL Id: hal-01784604

<https://hal.science/hal-01784604>

Submitted on 3 May 2018

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.

Évaluation de l'impact de caches pour de la vidéo adaptative par satellite

A. Thibaud¹, J. Fasson¹, F. Arnal², D. Pradas³, E. Dubois⁴ et E. Chaput¹

¹{adrien.thibaud,jfasson,chaput}@enseeiht.fr, TésA/Université de Toulouse; INP; IRIT; F-31017 Toulouse, France

²fabrice.arnal@thalesaleniaspace.com, Thales Alenia Space, France

³david.pradas@toulouse.viveris.com, Viveris Technologies, France

⁴emmanuel.dubois@cnes.fr, CNES, France

Aujourd'hui, le satellite géostationnaire propose à ses clients un accès Internet haut débit (de l'ordre de 20Mbit/s). Cependant le délai induit engendre une baisse de réactivité pour la plupart des applications. En particulier, le protocole de streaming vidéo adaptatif DASH ne parvient pas à s'y adapter. Au contraire, il sous-évalue les capacités du réseau et fournit le service minimal disponible. Pour réduire les délais, le CDN rapproche les données de l'utilisateur final grâce à la mise en place de caches. Ce service a fait ses preuves pour la navigation web et le téléchargement de fichiers dans Internet. Cet article propose d'analyser l'impact du CDN pour un service de streaming vidéo adaptatif et dans un contexte satcom, deux points qui, ensemble, divergent de l'utilisation habituelle du CDN. De cette première analyse, nous pouvons différencier trois situations. La première propose des performances optimales. Dans la deuxième, le CDN n'apporte rien. Enfin, dans la dernière situation, le CDN a un impact néfaste sur les performances. Ces deux derniers cas sont induits par une mauvaise politique de mise en cache qui leurre le client DASH sur les qualités à demander. Nous résolvons ce problème par le déploiement d'un proxy transparent indiquant les qualités disponibles dans les caches.

Mots-clefs : DASH, Satellite, CDN, Caches, QoE

1 Introduction et Objectifs

Les récents progrès technologiques permettent aux utilisateurs d'avoir accès à des débits toujours plus importants. Néanmoins, d'autres paramètres peuvent aussi avoir des conséquences sur la Qualité d'Expérience (QoE) de l'utilisateur. Par exemple, les clients d'opérateur satellite se plaignent souvent du manque de réactivité de leur connexion haut débit. Ce manque est en partie dû au temps de propagation (environ 250ms) induit par la position géostationnaire du satellite. De plus, les applications les plus populaires n'ont pas été conçues pour une utilisation sur des réseaux aux délais si importants. C'est notamment le cas pour le protocole de streaming vidéo adaptatif DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP) qui ne parvient pas à évaluer correctement les capacités du réseau et fournit le service minimal à l'utilisateur. Dans ce papier, nous proposons d'utiliser des caches pour résoudre ce problème. Nous nous plaçons dans le cas où le lien satellite est utilisé en accès ou backhaul et nous évaluons les avantages et les inconvénients de placer un cache sur la Gateway (Gw) ou sur le Terminal Satellite (ST).

2 État de l'art

La QoE représente la satisfaction des utilisateurs pour un service donné. Elle est souvent représentée par une note d'opinion moyenne (MOS en anglais). Les auteurs de [KNK12] proposent une relation entre le taux de paquets perdus et le MOS dans le cas d'une application de streaming vidéo. Cependant, pour du streaming vidéo adaptatif, ce taux ne suffit pas à évaluer la QoE. D'une part, la qualité de la vidéo reçue par l'utilisateur a un impact sur sa satisfaction. D'autre part, un fort délai peut provoquer des gels d'images qui, s'ils sont longs ou fréquents, vont dégrader le MOS jusqu'à son niveau le plus bas. Dans les réseaux satellites, la technique la plus efficace pour réduire le délai est l'utilisation de PEP (Performance Enhancing Proxies) [BKG⁺01]. Ils permettent de séparer les connexions TCP pour isoler la partie satellite

| Qualité | Débit associé |
|---------|---------------|
| Q1 | 200kb/s. |
| Q2 | 500kb/s. |
| Q3 | 1000kb/s. |
| Q4 | 2000kb/s. |
| Q5 | 3000kb/s. |

TABLE 1: Qualités disponibles.

| | Qualités dans la Gw | Qualités dans le ST |
|-----|---------------------|---------------------|
| S2a | Toutes | Q1 ; Q5 |
| S2b | Toutes | Q1 ; Q4 |
| S2c | Toutes | Q5 |
| S2d | Aucune | Q5 |
| S2e | Aucune | Q1 ; Q4 |

TABLE 2: Cas d'utilisation du Scenario 2.

et ainsi accélérer la connexion. Ils présentent cependant plusieurs inconvénients [DFDC10] qui ont poussé la communauté satellite à chercher de nouvelles solutions. De nos jours, les CDNs sont très déployés dans Internet. Leur but est de placer des caches au plus proche des utilisateurs pour pouvoir servir leurs requêtes dans un délai minimal et économiser de la bande passante dans le cœur du réseau [BPV08]. De tels avantages incitent donc le monde du satellite à se pencher sur cette technologie. Dans [WLLH16], Wu *et al.* proposent d'utiliser des caches sur les stations terrestres et dans le satellite pour réduire la consommation de bande passante. Malgré de bons résultats, il n'est pas, de nos jours, envisageable de placer des caches à bord du satellite, pour des questions de faisabilité technologique. Une autre étude [BAC⁺13] propose une nouvelle stratégie de cache, favorisant les contenus petits et populaires, et surtout utilise le lien satellite comme réseau d'overlay d'un CDN existant. Notre contribution est complémentaire à ces travaux : elle a pour but d'évaluer l'apport (positif ou négatif) que peut avoir le déploiement de cache dans un réseau satellite pour les utilisateurs finaux, en supposant que ces caches sont remplis au préalable.

3 Cadre de l'étude

3.1 DASH et ses limites

DASH est un protocole de *video streaming* adaptatif. Le serveur propose une vidéo qu'il découpe en plusieurs morceaux. Celle-ci est disponible sous plusieurs qualités et est décrite dans un fichier appelé manifeste. Dans l'implantation utilisée (dash-js), le client évalue le débit de bout en bout et demande les prochains morceaux à la qualité qui correspond le mieux à ce débit. L'estimation du débit se base sur la taille des derniers morceaux téléchargés et sur le temps de téléchargement de ceux-ci (via une moyenne glissante). Ce temps de téléchargement inclut le délai de bout en bout entre le serveur et le client. Si, dans le cas des réseaux terrestres, ce délai est négligeable en comparaison du temps de téléchargement réel, ce n'est pas le cas dans les réseaux satellites.

3.2 Plateforme de test et Scénarios

Nous avons réalisé nos tests en utilisant le logiciel d'émulation OpenSAND. Cet outil permet d'émuler un lien satellite et nous fournit un cadre idéal pour tester le déploiement de caches sur les performances d'applications réelles. Notre plateforme comprend trois machines virtuelles où sont installées OpenSAND (ST, Gw et Sat), une machine utilisateur et un serveur DASH. Nous avons configuré le logiciel pour que la voie aller dispose d'un débit constant de 20Mbits/s et la voie retour de 5Mbits/s. Pour l'accès au serveur DASH depuis notre Gw, le débit limitant est celui du lien d'upload du serveur et est de 1.4Mbits/s tandis que le délai est d'environ 100ms. Pour nos caches, nous avons utilisé le logiciel Squid que nous avons installé sur notre Gw et sur notre ST. Notre serveur DASH propose une vidéo de 10 minutes découpée en 150 morceaux de 4 secondes. Cette vidéo est disponible sous 5 qualités (voir table 1). Nous étudions le comportement du client selon 3 scénarios différents. Dans le premier, nous évaluons l'impact d'un cache contenant toutes les qualités sur le ST puis sur la Gw comparativement aux performances sans cache. Dans un deuxième scénario, nos deux caches proposent seulement quelques qualités, par souci de coût de l'espace de stockage (notamment sur le ST). La répartition des qualités est décrite dans la table 2. Finalement, dans un troisième scénario, nous proposons une solution pour répondre aux problèmes rencontrés dans le scénario précédent.

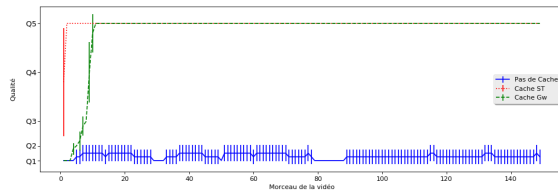


FIGURE 1: Scénario 1

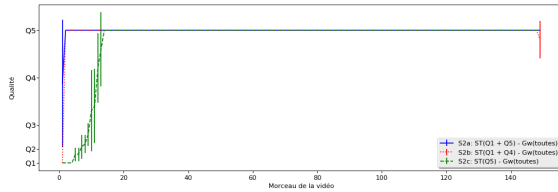


FIGURE 2: Scénario 2 a, b et c

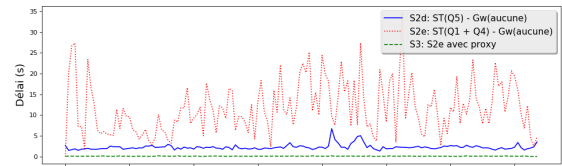


FIGURE 3: Scénario 2 d et e et Scénario 3

4 Évaluations

4.1 Premières évaluations

Les résultats du scénario 1 sont présentés dans la figure 1. Lorsque l'utilisateur récupère la vidéo directement depuis le serveur, il estime disposer d'un faible débit et demande ainsi une basse qualité. Ce scénario montre que lorsqu'un cache est déployé sur la Gw, le client DASH estime progressivement avoir assez de débit pour récupérer les morceaux de qualité Q5 (ce phénomène est dû au slow start de TCP sur le lien satellite). Le fait de ne plus avoir à parcourir le réseau terrestre, mais seulement le réseau satellite, réduit suffisamment le délai total pour permettre au client d'estimer un débit plus proche du réel. Le délai pour récupérer chaque morceau est inférieur à 4 secondes (résultats non présentés ici), ce qui nous assure une lecture de la vidéo sans gel d'image. Quand un cache est déployé sur le ST, le client estime dès le début un débit satisfaisant pour récupérer la meilleure qualité, puisque les délais sont très courts. Les résultats du scénario 2 sont présentés dans les figures 2 (S2a, b et c) et 3 (S2d et e). **S2a** nous indique qu'il est inutile de mettre des qualités intermédiaires dans le cache du ST lorsque la plus basse et la plus haute sont disponibles. Nous remarquons aussi que le cache de la Gw est ici inutile (tous les morceaux sont récupérés depuis le ST). Comme S2a nous l'a déjà montré, avoir la plus basse qualité sur le ST permet au client DASH de rapidement demander la meilleure qualité. Dans **S2b**, Q5 est disponible sur la Gw mais pas sur le ST et c'est d'ailleurs depuis la Gw que l'utilisateur récupère les morceaux. S2b nous montre à nouveau qu'il est inutile d'avoir des qualités intermédiaires sur le ST puisque le client va forcément demander la meilleure qualité après avoir récupéré un morceau depuis le ST. **S2c** et **S2d**, quant à eux, nous indique qu'il est nécessaire d'avoir au moins une basse qualité dans un des deux caches pour que le client DASH estime un bon débit et demande la meilleure qualité. Pour S2c, le client subit le slow start de TCP avant qu'il demande la qualité Q5, tandis que pour S2d, le client récupère les morceaux depuis le serveur originel et n'évalue jamais le débit comme étant suffisant pour demander la qualité Q5 (pourtant présente sur le ST). Dans **S2e**, le client DASH va pouvoir récupérer les morceaux de la qualité Q1 depuis le ST et ainsi évaluer un excellent débit, puis demander des morceaux de la qualité Q5, seulement disponible sur le serveur originel. Comme nous pouvons le voir sur la courbe des délais (figure 3), la récupération d'un morceau de la qualité Q5 depuis celui-ci prend énormément de temps et l'utilisateur subit de très longs gels d'image. Le visionnage de la vidéo est donc impossible dans de telles conditions.

4.2 Formulation du problème

Nous avons donc mis en lumière plusieurs comportements du client DASH. Dans le premier, tout est pour le mieux : il récupère les morceaux de vidéo depuis le ST ou la Gw et atteint la meilleure qualité disponible. Dans le deuxième, les caches n'ont pas d'influences sur les performances : le client n'est pas

en mesure d'évaluer un débit suffisant pour demander les qualités présentes dans les caches, qui sont donc stockées inutilement. Finalement, dans le dernier cas, le client est capable d'évaluer un très bon débit en récupérant une qualité basse depuis le ST ou la Gw puis demande la meilleure qualité qui n'est, elle, pas disponible dans les caches. Le débit évalué est alors très faible et le client redemande une qualité basse, qu'il obtient d'un des caches. Il boucle ainsi jusqu'à ce que l'utilisateur se lasse et abandonne le visionnage de la vidéo. Dans ces deux derniers cas, le problème provient du fait que le client n'est pas conscient des qualités présentes dans les caches qui engendre un mauvais choix de la qualité du prochain morceau.

4.3 Proposition et évaluation

Le client DASH est téléchargé depuis le serveur lors du chargement de la page web. Il a donc fallu trouver une solution fonctionnant avec le client originel. Nous proposons de déployer un proxy qui modifie le manifeste pour n'indiquer que les qualités présentes dans le cache. Ainsi, nous nous assurons que ces qualités sont utilisées, mais surtout que l'utilisateur ne demandera pas un morceau d'une qualité non présente dans les caches qu'il ne sera pas capable de récupérer dans des délais satisfaisants. La figure 3 présente les résultats du scénario 3. Ce scénario reprend la configuration du scénario S2e mais avec notre proxy sur le ST. Avec le proxy, le client demande des morceaux de la qualité Q4 dès qu'il estime disposer d'un bon débit. Même si la qualité n'est pas optimale, il n'y a pas de gel d'image à répétition et l'utilisateur est capable de visionner sa vidéo dans de bonnes conditions.

5 Conclusion

Nous avons vu que la présence d'un cache sur la Gw permet à l'utilisateur d'obtenir la meilleure qualité (après une phase d'initialisation) dans des délais suffisants au bon visionnage de la vidéo. Le lien satellite est cependant utilisé. Un cache sur le ST permet de réduire l'utilisation du lien en stockant les données les plus populaires. Cela évite ainsi de transmettre plusieurs fois ces objets sur le lien satellite. Cependant, un remplissage inadapté de ce cache peut avoir des effets négatifs sur la QoE de l'utilisateur, lui rendant potentiellement impossible le visionnage de la vidéo. Notre solution consiste à utiliser un proxy modifiant le fichier de description de la vidéo pour n'indiquer que les qualités disponibles dans les caches. Bien qu'elle aille à l'encontre du comportement adaptatif de DASH (en occultant certaines qualités au client), cette solution représente une réponse efficace dans les réseaux satellites où les opérateurs doivent s'accommoder d'applications inadaptées à leurs contraintes spécifiques.

Références

- [BAC⁺13] C. Brinton, E. Aryafar, S. Corda, S. Russo, R. Renoso, and M. Chiang. An Intelligent Satellite Multicast and Caching Overlay for CDNs to Improve Performance in Video Applications. In *31st AIAA International Communications Satellite Systems Conference (ICSSC)*, Oct 2013.
- [BKG⁺01] John Border, Markku Kojo, Jim Griner, Gabriel Montenegro, and Zach Shelby. *RFC 3135 : Performance Enhancing Proxies Intended to Mitigate Link-Related Degradations*. Internet Engineering Task Force, June 2001.
- [BPV08] Rajkumar Buyya, Mukaddim Pathan, and Athena Vakali. *Content Delivery Networks*. Springer Publishing Company, Incorporated, 1st edition, 2008.
- [DFDC10] E. Dubois, J. Fasson, C. Donny, and E. Chaput. Enhancing tcp based communications in mobile satellite scenarios : Tcp peeps issues and solutions. In *2010 5th Advanced Satellite Multimedia Systems Conference and the 11th Signal Processing for Space Communications Workshop*, pages 476–483, Sept 2010.
- [KNK12] S. Khorsandroo, R. Md Noor, and S. Khorsandroo. A generic quantitative relationship between quality of experience and packet loss in video streaming services. In *2012 Fourth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)*, pages 352–356, July 2012.
- [WLLH16] H. Wu, J. Li, H. Lu, and P. Hong. A Two-Layer Caching Model for Content Delivery Services in Satellite-Terrestrial Networks. In *2016 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*, pages 1–6, Dec 2016.