



Le coût environnemental du streaming vidéo ne se limite pas au visionnage de vidéos. Thibault Penin/Unsplash, CC BY

Que sait-on des impacts environnementaux de la vidéo en ligne ? L'exemple de Netflix

Publié: 24 mai 2024, 10:31 CEST

Aurélie Bugeau

Professeure des Universités en Informatique, Université de Bordeaux

Benjamin Ninassi

Adjoint au responsable du programme Numérique et Environnement d'Inria, Inria

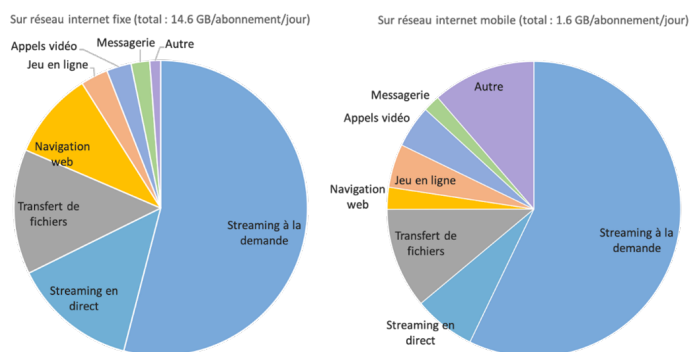
Gaël Guennebaud

Chercheur, Inria

Cet article est publié en collaboration avec Binaire, le blog pour comprendre les enjeux du numérique.

Au vu des efforts importants que le secteur des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) doit faire pour passer d'une tendance de forte croissance de ses émissions de Gaz à Effet de Serre (+45 % d'ici 2030) à une trajectoire de réduction significative (-45 % sur la même période), tous les pans du numérique doivent nécessairement questionner leur contribution à cette tendance. En ce sens il est intéressant de cartographier et d'estimer leurs impacts environnementaux afin de construire une société soutenable.

Comme le montre le graphique ci-dessous, la vidéo en ligne représente la majeure partie du trafic Internet au niveau mondial.



Principales catégories de contenu par volume de trafic en download. Données issues du rapport 2024 Global Internet Phenomena Report par Sandvine. Binaire.

Pour la France, les hébergeurs de vidéos sont majoritairement à l'origine d'un trafic croissant vers les utilisateurs au niveau de l'interconnexion, avec une hausse de x2.4 de début 2020 à fin 2022.

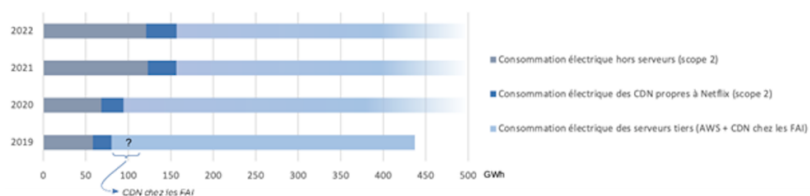
La vidéo est donc souvent pointée du doigt comme l'un des principaux responsables des impacts environnementaux du numérique et fait débat par exemple dans le rapport de The Shift Project de 2019 sur l'insoutenabilité de la vidéo en ligne. Mais au-delà des TVs et autres terminaux de visionnage, que sait-on de la matérialité qui se cache derrière le visionnage d'un film ou d'une série en vidéo à la demande (VoD) ? À quoi servent réellement ces équipements ?

Peu d'informations publiques existent sur les architectures très complexes opérées par les fournisseurs de services de VoD et sur leur dimensionnement. Néanmoins nous avons tenté une ébauche d'analyse du service Netflix. Ce dernier est en effet l'un des plus utilisés et a le mérite de rendre quelques informations accessibles concernant son fonctionnement. Cette plate-forme n'est ici qu'un exemple et le but n'est aucunement de cibler cette entreprise spécifiquement.

À travers les informations rassemblées via différentes sources (rapports d'activités, vidéos de conférences techniques, articles de blogs), nous illustrons la difficulté à cartographier les différents pans de l'architecture d'un service de VoD, travail néanmoins indispensable avant de réaliser une quantification des impacts environnementaux d'un tel service.

Bien que la consommation électrique n'englobe pas tous les impacts environnementaux, il s'agit d'une des informations rendues publiques par Netflix, comme le montre la figure ci-dessous. L'année 2019 est la seule pour laquelle une estimation de la consommation des serveurs opérés par des tiers est fournie.

Consommation électrique annuelle



Consommation électrique. Binaire

Le streaming vidéo, comment ça marche ?

La partie la plus facile à expliquer de cette consommation concerne le *content delivery network* (CDN). Il s'agit d'une infrastructure comptant plusieurs dizaines de milliers de serveurs pour Netflix répartis dans le monde et hébergeant les titres les plus populaires du catalogue à proximité des utilisateurs. Certains de ces serveurs sont hébergés directement dans les centres de données des fournisseurs d'accès à Internet (FAI) et échappent ainsi aux consommations électriques précises rapportées par Netflix.

Les FAI possèdent en effet leurs propres centres de données, afin de permettre un acheminement du trafic Internet de qualité tout en diminuant la pression sur les infrastructures réseaux.

Ainsi quand un utilisateur accède à un contenu vidéo en ligne, c'est en réalité le plus souvent sur un CDN que ce contenu est hébergé. Ces données parcourent l'ensemble des infrastructures réseaux (câbles, antennes, équipements de routage, etc.) nécessaires pour relier ce CDN à l'utilisateur, sans oublier sa box Internet et potentiellement d'autres équipements (switch, répéteur wifi, box TV, etc.) jusqu'au terminal où la vidéo est visionnée.

Le reste de la consommation des serveurs tiers concerne l'usage d'Amazon Web Services (AWS) pour toutes les opérations en amont de la diffusion des contenus vidéos à proprement parler. Cela représente un usage constant de plusieurs centaines de milliers de machines virtuelles (plus de cent mille en 2016) en plus des besoins en stockage.

En effet, une fois produite, une vidéo est tout d'abord stockée sous une forme brute, non compressée. Elle est ensuite encodée en une centaine de versions différentes de manière à offrir la meilleure qualité d'expérience utilisateur quelles que soient les caractéristiques du terminal et de son écran (plus de 1500 types d'équipements supportés), la qualité du réseau Internet et du système d'exploitation utilisé. L'encodage de vidéos nécessite ainsi plusieurs centaines de milliers de CPUs en parallèle.

Ces multiples versions sont dupliquées sur plusieurs serveurs au sein de centres de données localisés dans différentes zones géographiques (3 pour Netflix en 2016) pour des raisons de sécurité et de garantie d'accès au contenu à travers le monde.

La face cachée de la VoD

Les modèles d'affaire des plates-formes de VoD sont basés sur la rétention d'attention et le nombre d'abonnés ou de visionnages. Avant de pouvoir visionner un contenu vidéo, l'utilisateur commence par naviguer sur la plate-forme, depuis la page d'accueil jusqu'au choix du contenu. Cette navigation est personnalisée pour chaque utilisateur, et repose sur des mécanismes de captation et de rétention d'attention nécessitant la collecte, le stockage et le traitement de nombreuses données personnelles et d'usage. Toute une partie de l'infrastructure, et donc de l'empreinte environnementale, est ainsi liée non pas à la diffusion des vidéos, mais à la personnalisation de l'expérience utilisateur.

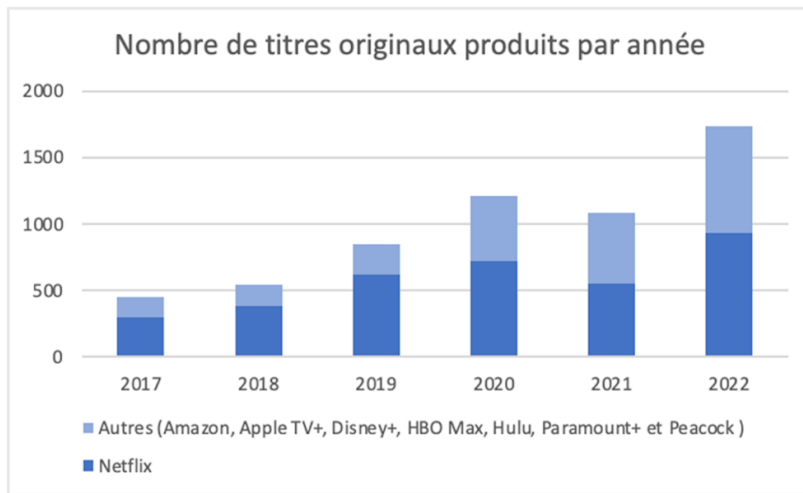
L'ensemble des données permettant la mise en œuvre de ces mécanismes est couramment appelé « datahub ». Celui-ci est constitué à la fois de données collectées par la plate-forme (données utilisateurs et données d'utilisation), agrégées avec des données issues d'autres sources dans la chaîne de valeur de Netflix : annonceurs, prestataires de paiement, fournisseurs de services, fournisseurs de mesure d'audience, critiques de contenus, réseaux sociaux... Netflix est par exemple membre de la Digital Advertising Alliance.

Ce datahub est de taille conséquente, en 2016 pour 89 millions de comptes il contenait 60 Po (1 petaoctet = 1 million de Go) de données. Il n'est pas aberrant d'imaginer qu'il soit encore bien plus important de nos jours avec 260 millions d'abonnés en 2023.

D'un autre côté, on estime la taille du catalogue de Netflix entre 50 000 et 60 000 heures de visionnage. Dans cet article, il est question de 470 Go par heure de vidéo brute, ce qui donne un catalogue non-encodé d'environ 25 Po, soit la moitié du datahub de 2016. Intuitivement, on s'attendrait pourtant à ce que le catalogue de vidéos brutes concentre une part des besoins en stockage plus importante que les données d'usage.

À ce volume de données, s'ajoute les flux vidéos et de données produites en lien avec les tournages et montages par les studios de Netflix eux-même, qui représentent environ 100 Po par an.

Pour soutenir leur modèle économique, le volume de productions originales est en forte croissance, de même que les impacts environnementaux associés, qui représentent pour Netflix plus de la moitié de ses émissions de gaz à effet de serre.



Omdia 2023/Binaire

Au-delà du stockage, chaque action sur la plate-forme (rechercher, cliquer sur lecture, etc.) génère un évènement traité par Netflix, il y en avait 500 milliards par jour en 2016. Cette captation de données sert par exemple à la génération d'une page d'accueil personnalisée pour chaque compte utilisateur. Cette dernière nécessiterait au total plus de 22 000 serveurs virtuels hébergés chez AWS, et le stockage de plus de 14,3 Po de données pour la gestion d'un cache dynamique appelé EVCache.

Parmi les éléments de personnalisation de l'expérience utilisateur, il y a bien évidemment le contenu proposé, mais également la manière dont il est présenté avec une personnalisation des vignettes utilisées, ou encore l'utilisation de « Dynamic Sizzles », génération de vidéos personnalisés agrégeant du contenu de plusieurs films ou série.

Ces mécanismes de rétention d'attention reposent sur l'utilisation d'algorithmes d'apprentissage automatique en continu de plus en plus avancés, nécessitant à la fois de grandes quantités de données et de puissance de calcul. Pour des raisons évidentes de mise à jour, ces algorithmes sont entraînés de manière incrémentale. La généralisation de leur usage provoque nécessairement une croissance des données acquises, traitées et stockées, augmentant ainsi les impacts environnementaux associés.

À toutes ces données, il faut ajouter les politiques de sauvegarde nécessaires à la reprise d'activité en cas d'incident. Elles sont appliquées à chaque niveau de cette architecture, ce qui peut induire une duplication plus ou moins importante de l'ensemble de ces contenus. Notons que Netflix met également en œuvre des méthodologies sophistiquées d'épuration des données, tant au niveau du cache et du datahub que des données produites par les studios.

« Juste » une vidéo ?

Ainsi, visionner une vidéo en ligne implique beaucoup d'étapes et de données générées bien au-delà du contenu vidéo lui-même. L'optimisation de l'expérience utilisateur à l'extrême repose sur des ressources matérielles significatives par rapport au simple visionnage de vidéo. Le manque d'informations disponibles sur le fonctionnement complet des plates-formes et les infrastructures associées rendent à ce stade hasardeux l'évaluation par un tiers indépendant des impacts environnementaux de leur activité au regard des limites planétaires.

D'aucuns pourraient rétorquer que ces impacts ramenés au nombre d'abonnés seraient sans doute négligeables au regard de bien d'autres postes de consommation. Par exemple, pour 2019, la consommation électrique des serveurs utilisés par Netflix ne représente qu'environ 2,3 kWh/an par abonné. Ce chiffre peut paraître dérisoire, voire contradictoire avec les chiffres de la consommation énergétique des centres de données dans le monde de l'agence internationale de l'énergie qui représenterait environ la consommation électrique d'un pays comme l'Italie ou le Royaume-Uni. Cela illustre une difficulté avec les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) qui est un secteur composé d'une myriade de services, chacun en apparence insignifiant, mais dont la somme des impacts est préoccupante. Autrement dit, la réduction globale des impacts environnementaux des TIC passe nécessairement par une myriade de "petits gains". Dans le contexte du streaming vidéo, Netflix n'est qu'un service de VoD parmi tout un ensemble de fournisseurs, et de nouveaux modes de partages de vidéos en pair à pair ou via les réseaux sociaux.

La vidéo à la demande peut-elle devenir soutenable ?

Afin de se conformer à une trajectoire de réduction des impacts environnementaux du secteur de la vidéo en ligne, on peut légitimement se demander à quoi ressemblerait une plate-forme de VoD compatible avec une trajectoire environnementale soutenable. L'analyse précédente soulève au moins quatre axes principaux de réduction :

- le compromis à faire entre le poids (résolution maximale et nombre de variantes) des vidéos encodées (qui impacte à fois les besoins en calcul, stockage et transmission) et la qualité réellement perçue par les utilisateurs,
- la remise en question de la personnalisation de l'expérience à l'extrême,
- la nécessité de hautes performances (en termes de qualité de service, disponibilité, etc.) pour un service de divertissement,
- et enfin, le rythme de production de nouveaux contenus.

Au-delà des enjeux environnementaux, les algorithmes de recommandations au cœur de ces plates-formes de VoD posent aussi de nombreuses questions éthiques et démocratiques.