

Stage PFE 6 mois - niveau Master 2

Modélisation de la consommation d'énergie des applications de streaming vidéo

Mots-clés : Consommation d'énergie, bilan carbone, efficacité énergétique, systèmes de communications numériques, codecs vidéo, traitement vidéo, distribution vidéo

Encadrant de stage :

- Daniel Menard, IETR, INSA Rennes, daniel.menard@insa-rennes.fr
- François-Xavier Coudoux, IEMN, INSA Hauts de France, francois-xavier.coudoux@uphf.fr

1. Contexte général et état de l'art

Fort impact de la vidéo sur le trafic internet. Avec l'émergence de services vidéo tels que la vidéo à la demande, les webTV, les sites de partage de vidéos et la diffusion en direct, la vidéo numérique devient omniprésente dans nos vies. Le contenu vidéo représente 80 % du trafic de données dans le monde [Cis17] et ce trafic a quadruplé entre 2016 et 2021. Ce fort accroissement est lié à l'expansion des nouveaux services vidéo et l'utilisation de nouveaux formats vidéo. Ces formats font que la quantité de données vidéo à stocker et à transmettre ne cesse d'augmenter au fil du temps.

Répercussion sur les émissions de gaz à effet de serre de la vidéo. Le visionnage de vidéos en ligne a une influence significative sur les émissions mondiales de CO₂. Selon une étude du think-tank The Shift Project, publiée en 2018, le visionnage de contenus vidéo en ligne représentait une part de 1 % des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES), ce qui est comparable aux émissions de GES d'un pays comme l'Espagne [Hess19]. La quantité de données transmises sur Internet augmentera chaque année de 26 % [Cis19], ce qui rendra son empreinte carbone encore plus élevée dans un avenir proche.

Nécessité d'un modèle d'énergie global. La réduction des GES de l'écosystème de la vidéo passe par 1) une modification du comportement des usagers et des services proposées et 2) la mise à la disposition de solutions technologiques efficaces d'un point de vue énergétique. Dans le cadre de ce projet, nous nous intéressons au second point. Différentes approches sont envisagées pour réduire l'impact énergétique de la chaîne de traitement vidéo complète : mise en œuvre de post ou prétraitement, définition de techniques de compression plus efficace, mise en place d'une hiérarchie de mise en cache des vidéos, ... Mais la pertinence de chaque approche d'un point de vue énergétique nécessite d'évaluer celles-ci au sein d'un modèle énergétique global pour déterminer le gain réel. Ce modèle énergétique global nécessite de prendre en compte la consommation d'énergie des différents éléments de la chaîne de traitement vidéo : captation, encodage, stockage, transcodage, transport, décodage et affichage.

Modèles existants. Dans la littérature scientifique, des modèles ont été proposés pour différentes parties de la chaîne de traitement [Bey21]. Récemment, des modèles globaux ont été proposés pour la chaîne de traitement vidéo complète [Hess19, Phi20, Mar20, Fle21, Her03]. Deux types d'approche peuvent être considérés. L'approche top-down [Hess19], se base sur les consommations globales de chaque partie de la chaîne de traitement et une énergie par bit en est déduite. Ce modèle permet de prendre en compte l'ensemble des consommations mais peut être limité pour évaluer l'influence des différents paramètres de l'application. L'approche bottom-up [Phi20] se base sur une décomposition de la chaîne de traitement puis l'évaluation de la consommation de chaque élément. Cette approche permet de bien prendre en compte les paramètres de l'application, mais au risque de ne pas prendre en compte toutes les sources de consommation d'énergie.

2. Objectifs du stage.

Le premier objectif de ce stage est de modéliser la consommation énergétique globale de la chaîne de traitement de bout en bout. Le modèle développé sera basé sur l'analyse des principaux éléments de chaîne de diffusion vidéo, et tiendra compte des principaux paramètres mis en jeu (débit, technologie de diffusion utilisée, nature du terminal ...). Il permettra ainsi d'évaluer l'impact de l'optimisation du traitement vidéo mis en œuvre (codage/décodage/transcodage, pré/post-traitements, ...), ce qui constitue le second objectif du projet. Le modèle doit être assez précis pour, par exemple, évaluer l'apport d'un changement de résolution sur la consommation de toute la chaîne.

3. Déroulement du projet.

Le projet démarrera au printemps 2024 (période de stage de fin d'étude pour les Master et élèves ingénieur). Le stage aura une durée de 6 mois. Il se déroulera à l'INSA Rennes ; des courts séjours à l'INSA Hauts-de-France sont envisagés. Des meetings réguliers en distanciel seront organisés afin de coordonner l'avancement du travail. Des meetings en présentiel seront également organisés à Paris. Le planning du projet est le suivant :

- Bibliographie sur les modèles (2 mois)
- Comparaison, sélection et implémentation du modèle retenu (2 mois)
- Développement d'un modèle détaillé pour un bloc de la chaîne : encodeur, décodeur ... et rédaction du rapport (2 mois)

En fonction du bon déroulement du stage et sous réserve d'un financement, ce stage pourrait donner lieu à une poursuite en doctorat en codirection.

4. Profil recherché

Étudiant en dernière année de formation d'ingénieur ou master 2 en électronique, télécommunication ou informatique, vous souhaitez travailler sur l'évaluation de la consommation d'énergie et le bilan carbone des applications liées à la vidéo telles que le streaming. Pour ce stage rémunéré de 6 mois, les compétences suivantes seront appréciées

- Consommation des systèmes numériques,
- Encodage vidéo (standard MPEG),
- Réseaux et Télécommunications.

Annexe - Références bibliographiques

- [Cis17] Cisco Corp., VNI Global Fixed and Mobile Internet Traffic Forecasts. 12th complete Visual Networking Index forecast, June 2017. <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executiveperspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>
- [Cis19] Cisco, "[Cisco visual networking index: Forecast and trends, 2017-2022](#)", Feb. 2019
- [Hess19] M. Efoui-Hess, "[Climate crisis: The unsustainable use of online video. The practical case for digital sobriety](#)", July 2019.
- [Hess19] C. Herglotz, M. Kränzler, R. Schober and A. Kaup, "Sweet Streams Are Made of This: The System Engineer's View on Energy Efficiency in Video Communications [Feature]," in *IEEE Circuits and Systems Magazine*, vol. 23, no. 1, pp. 57-77, Firstquarter 2023, doi: 10.1109/MCAS.2023.3234739.
- [Phi20] Olivier PHILIPPOT, *Étude d'impact de la lecture d'une vidéo Canal+, décembre 2020*
- [Mar20] Marks, L. U., Clark, J., Livingston, J., Oleksijczuk, D., & Hilderbrand, L. (2020). *Streaming Media's Environmental Impact. Media+ Environment*, 2(1), 17242.
- [Fle21] Chloe Fletcher & al. *Carbon impact of video streaming, White paper, June 2021*

Sélection de publications des deux partenaires INSA en lien avec le sujet :

- [Nog15] E. Nogues, R. Berrada, M. Pelcat, D. Menard and E. Raffin, "A DVFS based HEVC decoder for energy-efficient software implementation on embedded processors," *2015 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)*, Turin, Italy, 2015, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICME.2015.7177406.
- [Ame20] T. Amestoy, A. Mercat, W. Hamidouche, D. Menard and C. Bergeron, "Tunable VVC Frame Partitioning Based on Lightweight Machine Learning," in *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 29, pp. 1313-1328, 2020, doi: 10.1109/TIP.2019.2938670.
- [Bey21] Mohammed Bey Ahmed Khernache, Yahia Benmoussa, Jalil Boukhobza, Daniel Ménard: *HEVC hardware vs software decoding: An objective energy consumption analysis and comparison. J. Syst. Archit. 115: 102004 (2021)*
- [Ala18] O. Alaoui-Fdili, F-X. Coudoux, Y. Fakhri, P. Corlay, D.Aboutajdine, "Energy-efficient joint video encoding and transmission framework for WVSN", in *Multimed. Tools Appl.* 77, 4 (2018) 4509-4541
- [Tri21a] A. Trioux, M. Gharbi, F-X. Coudoux, P. Corlay, "A comprehensive theoretical evaluation of the end-to-end performance of SoftCast-based linear video delivery schemes", in *Signal Processing: Imag Communication*, Volume 98, October 2021, 116369, <https://doi.org/10.1016/j.image.2021.116369>
- [Tri21b] A. Trioux, G. Valenzise, M. Cagnazzo, M. Kieffer, F-X. Coudoux, P. Corlay, M. Gharbi, [A Perceptual Study of the Decoding Process of the SoftCast Wireless Video Broadcast Scheme](#) *2021 IEEE Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP)*, Oct 2021, Tampere, Finland. 6 p., [10.1109/MMSP53017.2021.9733474](https://doi.org/10.1109/MMSP53017.2021.9733474)