Offre de stage de fin d'études – Master 2 / Cycle Ingénieur

Modélisation de la consommation d'énergie des codecs d'images fixes et de vidéos de nouvelle génération basés sur l'intelligence artificielle

Mots-clés : Consommation d'énergie, bilan carbone, efficacité énergétique, systèmes de communications numériques, codecs vidéo, intelligence artificielle, machine learning

Encadrants de stage :

• François-Xavier Coudoux, IEMN, INSA Hauts de France, francois-xavier.coudoux@uphf.fr

• Daniel Menard, IETR, INSA Rennes, daniel.menard@insa-rennes.fr

Le stage proposé s'inscrit dans le cadre du projet de recherche intitulé **PixelIA** qui porte sur l'évaluation de l'impact environnemental des codecs d'images fixes et de vidéos de nouvelle génération basés sur l'intelligence artificielle. Les deux partenaires identifiés du projet sont le groupe COMNUM du laboratoire IEMN (UMR CNRS 8520) de l'INSA Hauts de France et l'équipe VAADER du laboratoire IETR (UMR CNRS 6164) de l'INSA de Rennes.

1 – Contexte général, état de l'art et objectifs

Explosion des usages de l'intelligence artificielle. Depuis une dizaine d'années, les réseaux de neurones profonds ont gagné en popularité grâce à la conjonction d'avancées théoriques dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA), de la disponibilité de volumes colossaux de données pour entraîner les réseaux et de l'avènement de ressources de calcul performantes basées sur les GPU. Les progrès ont été sans précédent en quelques années seulement, si bien qu'aujourd'hui près de la moitié de la population en France utilise régulièrement des outils d'intelligence artificielle [Arc26]. C'est là l'aspect le plus visible, mais l'IA est intégrée depuis plusieurs années dans de nombreux systèmes électroniques pour les rendre plus intelligents ou plus performants. C'est le cas des systèmes de traitement vidéo numériques, et en particulier les codecs d'images fixes et de vidéo [Lad26].

Impact environnemental de l'IA. Cette explosion des usages de l'IA n'est pas sans conséquences sur le plan environnemental. L'IA représente déjà 1 à 2 % de la consommation mondiale d'électricité [IEA25], avec une croissance exponentielle. De plus, l'IA nécessite des ressources de calcul considérables, impliquant la construction d'immenses centres de données. Cela entraîne une consommation très importante de ressources en eau et en

minéraux. Il est dès lors essentiel de concilier l'innovation dans le domaine de l'intelligence artificielle appliquée au codage d'images et de vidéos avec les besoins de sobriété pour garantir un développement durable.

Etat de l'art et objectifs. Des résultats existent à propos de la consommation énergétique des codeurs ou décodeurs vidéo traditionnels [Her16], mais à notre connaissance il n'y a pas de travaux sur les codecs vidéo basées sur l'IA. Le premier défi consiste donc à évaluer l'impact environnemental de l'introduction de l'intelligence artificielle dans les nouvelles générations de codecs vidéo. La métrique développée sera basée sur l'analyse des principaux éléments du codeur vidéo, et tiendra compte des principaux paramètres débit/qualité/complexité mis en jeu. Il permettra ainsi de comparer l'impact environnemental de codecs vidéo basés IA aux dernières générations de codecs hybrides traditionnels (HEVC, VVC), ce qui constitue le second objectif du projet.

2 – Description du projet scientifique et technique

Enjeux. L'enjeu de ce projet est de pouvoir évaluer l'impact environnemental des futurs codecs vidéo basés IA. Depuis quelques années, les industriels du domaine de la diffusion vidéo s'intéressent à la problématique de l'impact environnemental et plus particulièrement de la consommation d'énergie avec des initiatives telles que VITEC's GreenPEG, Green MPEG, mais pour les codecs hybrides classiques. Les deux partenaires espèrent pouvoir contribuer sur les codecs vidéo basés IA et contribuer au choix de futurs codecs efficaces en énergie, répondant ainsi aux enjeux sociétaux adressés par le groupe INSA.

Verrous. Le projet devra permettre à partir d'un état de l'art complet des schémas de codage vidéo basés IA, de développer un modèle fin débit-distorsion-impact environnemental qui tiennent compte de leurs principales caractéristiques. Le modèle retenu permettra de quantifier l'impact de l'ajustement des différents paramètres du codec vidéo sur son impact environnemental global.

Impact en termes d'enjeux sociétaux. Ce projet adresse directement les aspects consommation d'énergie des systèmes de compression vidéo. Les solutions que nous développerons dans le projet devraient permettre de maîtriser l'impact environnemental de ces applications et de le réduire considérablement, ce qui constitue un atout majeur au service de la société. L'étude du Shift Project [Hess19] montre que les GES liés à la diffusion vidéo représente 1% des émissions totales de GES soit l'équivalent des émissions d'un pays comme l'Espagne.

3 – Objectifs du stage

L'objectif de ce stage est de modéliser la consommation énergétique des nouveaux codecs d'images fixes et de vidéos basés IA, en se basant sur l'analyse des principaux éléments qui les composent et en tenant compte des principaux paramètres débit/qualité/complexité mis en jeu. Le modèle permettra dans un second temps de comparer l'impact environnemental de codecs vidéo basés IA aux dernières générations de codecs hybrides traditionnels (HEVC, VVC).

Il est prévu de commencer le projet par un état de l'art exhaustif des codecs d'images fixes et de vidéos basés IA. A la suite de cette première phase bibliographique, un modèle d'impact environnemental sera développé et testé sur un schéma de compression vidéo basé IA. Tout d'abord la consommation d'énergie sera considérée et ensuite une analyse de cycle de vie sera réalisée. Une comparaison avec des codecs vidéo hybrides classiques à qualité/débit équivalent sera réalisée.

4 – Déroulement du stage

Le projet démarrera au printemps 2027 et aura une durée de 6 mois. Il se déroulera à l'INSA Hauts-de-France ; des courts séjours à l'INSA Rennes sont envisagés. Des meetings réguliers en distanciel seront organisés afin de vérifier l'avancement du travail. Deux ou trois meetings en présentiel seront organisés à Paris. Le planning du stage est le suivant :

• Bibliographie sur les codecs images et vidéos basés IA, ainsi que sur les modèles existants (2 mois)
• Développement d'un modèle d'impact environnemental (3 mois)
• Evaluation du modèle et comparaison avec des codecs classiques, rédaction du rapport et préparation de la soutenance (1 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.

5 – 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 nouveaux codecs d'images fixes et de vidéo basés sur l'intelligence artificielle. Pour ce stage rémunéré de 6 mois, les compétences suivantes seront appréciées :

• Consommation des systèmes numériques,

• Encodage vidéo (standards MPEG, codecs basés IA, JPEG AI),

• Intelligence artificielle, machine learning.

Annexe – Références bibliographiques

[Arc26] *Arcep, Arcom, CGE, ANCT, Baromètre du numérique, édition 2026*

[Lad26] *Ladune, T., Philippe, P., Jaffuer, P., Blard, T., Kervadec, S., Henry, F., & Clare, G. (2026). Cool-chic 5.0: Faster Encoding and Inter-Feature Entropy Modeling for Overfitted Image Compression. arXiv preprint arXiv:2605.02726.*

[Hess19] *M. Efoui-Hess, "Climate crisis: The unsustainable use of online video. The practical case for digital sobriety," July 2019.*

[IEA25] *International Energy Agency, Energy and AI, IEA, 2025 https://www.iea.org/reports/energy-and-ai,*

[Her16] *Herglotz, C., Springer, D., Reichenbach, M., Stabernack, B., & Kaup, A. (2016). Modeling the energy consumption of the HEVC decoding process. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 28(1), 217-229.*

[Her23] C. Herglotz, M. Kränzler, R. Schober and A. Kaup, "Sweet Streams Are Made of This: The System Engineer's View on E nergy 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.