

Étude de différentes méthodes de compression et décompression d'images

La consommation de vidéos en ligne s'est fortement accentuée ces dernières années augmentant la demande déjà importante en bande passante mais aussi en énergie pour pouvoir transmettre ces contenus. Cette consommation énergétique accrue pose ainsi un véritable enjeu environnemental.

Une vidéo étant une suite d'images, étudier la méthode utilisée par le format jpeg pour les compresser permettrait de comprendre les fondamentaux de la compression d'image avec perte, mais aussi de voir comment adapter son fonctionnement pour répondre à ces nouveaux enjeux.

Mots-clés :

Français :

- Compression
- Transformée en cosinus discrète (TCD)
- Transformée de Fourier discrète (TFD)
- Optique de Fourier
- Utilisation du processeur

Anglais :

- Compression
- Discret cosinus transform (DCT)
- Discret Fourier transform (DFT)
- Fourier optics
- CPU usage

Bibliographie documentée :

Aujourd'hui 60% du trafic internet est utilisé pour le visionnage de vidéo en ligne notamment sur des services de « Videos on demand » et les réseaux sociaux. Pour évaluer l'impact écologique de ces services on considère dans un premier temps la consommation des infrastructures pour distribuer les données (réseaux de fibres optiques, réseaux mobiles, wifi, ...) et la consommation des appareils lisant la vidéo. On remarque que la consommation de ces derniers est négligeable devant la consommation des infrastructures réseaux, qui elle, engendre une production de 306 Mt de CO₂ en 2018 soit autant que les émissions de l'Espagne en 1 an. [1]

Ces valeurs risquent d'augmenter dans les années à venir au vu de la demande grandissante de vidéos en très haute définition (full HD) et en 4k. Or cette augmentation de la qualité implique une augmentation du débit nécessaire pour transmettre les vidéos et une consommation accrue des équipements réseaux. Une première solution est d'utiliser des codecs pour diminuer le « poids » des vidéos et donc les émissions de CO₂. En effet ces derniers permettent de compresser les vidéos en utilisant divers algorithmes de compressions avec ou sans perte de qualité. Actuellement le codec le plus utilisé est le MPEG-4, néanmoins il est de moins en moins adapté aux exigences d'aujourd'hui et a vocation à être remplacé par des codecs plus récent et efficaces. [2]

On va s'intéresser à la partie essentielle de la compression vidéo, la compression des images la composant. Pour cela on va se baser sur la compression des images au format jpeg qui utilise une transformée en cosinus discrète pour la réaliser [3]. La transformée en cosinus discrète, comme la transformée de Fourier discrète, va permettre de réaliser le spectre des fréquences spatiales composant une image [5]. La différence fondamentale est que la transformée en cosinus discrète est à valeurs réelles contrairement à celle de Fourier qui est à valeurs complexes. La compression jpeg consiste à réaliser le spectre de l'image puis de travailler sur les fréquences spatiales composant l'image pour en négliger certaines en appliquant simplement un filtre numérique (passe-haut, passe-bas, ...). Les hautes fréquences correspondant à des variations ponctuelles et succinctes dans l'image la vision humaine y est très peu sensible et supprimer ces hautes fréquences ne va pas amener à une baisse drastique de la qualité d'image. Il suffit ensuite d'appliquer la DCT inverse pour retrouver l'image originale, on parle ici de compression avec pertes. [4]

L'idée première est ainsi de réduire le plus possible la taille du fichier pour limiter l'impact écologique des réseaux d'acheminement. En revanche bien que les terminaux où sont lus les vidéos n'aient pas un réel impact sur l'empreinte écologique du streaming, les data center les distribuant sont eux très polluants [1]. C'est pourquoi il faudrait aussi réduire la charge demandée au processeur lors de la compression d'une image/vidéo car c'est une tâche très gourmande en énergie et qui est exécutée de manière récurrente chez les géants du web. YouTube doit par exemple encoder/compresser 720 000h de vidéos par jour.

Ainsi une approche proposée pour réduire l'utilisation du processeur est d'utiliser le plan de fourrier avec un système optique pour réaliser le spectre d'une image [6]. Ce système permet donc de d'obtenir le spectre de l'image sans avoir à réaliser les calculs réduisant de fait la consommation électrique.

[1] CLIMATE CRISIS: THE UNSUSTAINABLE USE OF ONLINE VIDEO (Maxime Efoui-Hess pour The shift Project juillet 2019)

[2] The 4K Video Codec War: What You Need To Know (STEWART WOLPIN pour Twice.com, 14 mai 2018)

[3] Techniques de compression avec pertes (Élisabeth Morency)

[4] De Fourier à la compression d'images et de vidéos (Christine Guillemot & Aline Roumy, 16 avril 2019)

[5] Transformée de Fourier d'une image (Frédéric Legrand)

[6] Du traitement du signal avec des ondes et des lentilles : Le traitement d'images et la transformée de Fourier à la lumière de la diffraction en Optique (Jean-Claude Pissondes)

Problématique retenue :

On se demande premièrement, comment fonctionne la compression du jpeg et pourquoi il utilise la DCT plutôt que la DFT ? Puis s'il est possible d'adapter le procédé afin d'utiliser un système optique pour réduire la demande en calculs tout en respectant une qualité d'image suffisante ?

Objectifs du TIPE du candidat :

- Étudier le fonctionnement de la compression du format jpeg en développant un algorithme python la réalisant.
- Comprendre et savoir utiliser la transformée de fourrier discrète.
- Justifier le choix du jpeg d'utiliser la DCT plutôt que la DFT.
- Utiliser un capteur CCD sur le plan de Fourier pour récupérer le spectre d'une image.
- Comparer la compression par DCT, DFT et par optique de fourrier en considérant le taux de compression l'utilisation du processeur et la fidélité de l'image retournée par rapport à l'originale.
- Conclure quant à une implémentation optique pour compresser/décompresser les images.