

Compte rendu TIPE vacances Toussaint

Sujet : L'utilisation de nouveaux codecs vidéo pour réduire l'empreinte écologique des sites de streaming

Problématique : Comment fonctionne un codec vidéo et quel est son impact sur la bande passante /sur la puissance de calcul nécessaire ?

Travail réalisé :

- Expérience rapide comparant deux codecs, un d'ancienne génération (h.264) et un de nouvelle génération (h.265 ou HEVC). A permis de montrer qu'il y'avait des évolutions significatives notamment pour la bande passante nécessaire qui est drastiquement réduite (donc la consommation aussi) avec le nouveau codec pour une qualité équivalente. Ainsi cette expérience confirme qu'il y'a un enjeu écologique important si les plateformes de streaming décident de changer de codec. Néanmoins les codecs récents demandent plus de charge au processeur.

-Je me suis donc intéressé au fonctionnement même des codecs vidéo, et notamment sur la manière dont les images (frames) qui composent les vidéos sont compressées. Il s'avère que pour compresser une image on transpose ses données d'origine qui sont dans le domaine spatial ($\text{pixel}(x,y)=\text{valeurs}(R,G,B)$) dans le domaine fréquentiel. Pour cela on utilise la transformée discrète en cosinus ou **DCT** :

Principe de fonctionnement : en étant passé dans le domaine fréquentiel, on peut se permettre de négliger certains coefficients qui sont alors « analogues » à des harmoniques d'un signal sinusoïdal basique. Ainsi pour compresser une image on aura tendance à négliger les coefficients correspondants à des fréquences élevées. En effet elles sont dues à des changements très brefs dans l'image et ces éléments sont très peu visibles par l'œil humain.

- J'ai donc réalisé un programme informatique (en pièce jointe) permettant de réaliser cette compression. Ce programme sera la base de ma simulation une fois correctement finalisé. En effet il me permettra de mesurer la taille du fichier comparée à sa taille originale.

Son fonctionnement : Prend en entrée une image en niveaux de gris (à terme en couleur ?) et renvoie l'apparence de l'image compressée. Le programme va appliquer la DCT à des blocs de 8*8 pixels (utilisé par la convention du format JPEG dû à un compromis entre qualité et efficacité). Pour appliquer la DCT on utilise en général un changement de base passant d'une base « spatial » à une base « fréquentielle » (je dois encore approfondir ce point notamment sur l'aspect mathématique). Ces sous matrices 8*8 fréquentielles ont la particularité d'avoir les coefficients correspondants aux basses fréquences en haut à gauche et ceux aux hautes fréquences en bas à droite. Ainsi les coefficients en haut à gauche de la matrice sont très importants et ne sont pas négligeables au risque d'avoir une image très différente. Ainsi pour compresser les images on utilise des méthodes de quantification où l'une consiste à négliger les coefficients les plus en bas à gauche (méthode que j'utilise dans l'exemple). Ainsi on peut réduire drastiquement la taille du fichier, pour retrouver l'image il suffit d'utiliser un logiciel qui connaît la méthode de quantification utilisée (c'est impératif !) et qui va réaliser la DCT inverse. Ici un exemple de son fonctionnement :

Nathan Foucher PSI



Figure 1 Image Originale

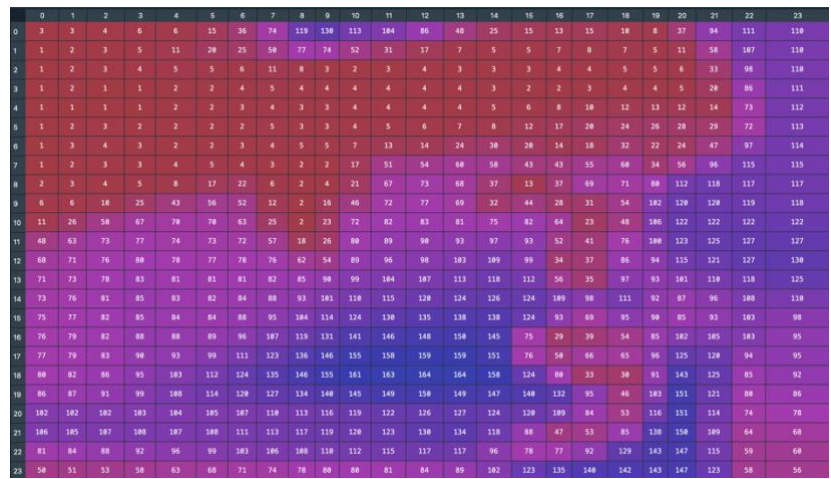


Figure 2 Coefficients de l'image originale (domaine spatial)

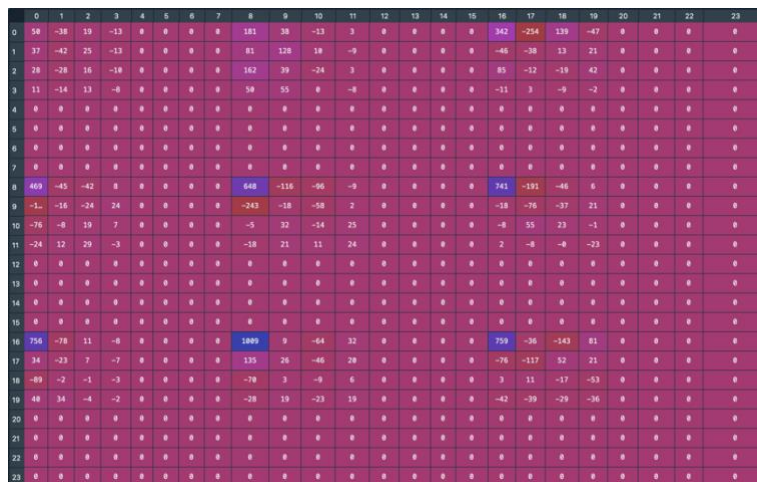


Figure 3 DCT appliquée à des blocs 8*8 de l'image et en supprimant tous les coefficients à la moitié. On peut donc supprimer tous les 0 et obtenir une matrice 12*12 donc la taille du fichier est divisée par 2 ! Il suffit d'un logiciel qui connait la méthode de quantification utilisée pour retrouver l'image compressée

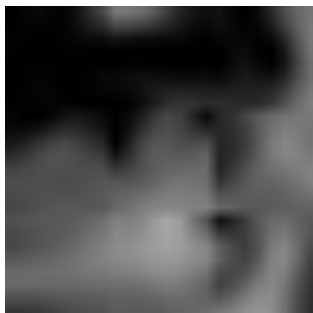
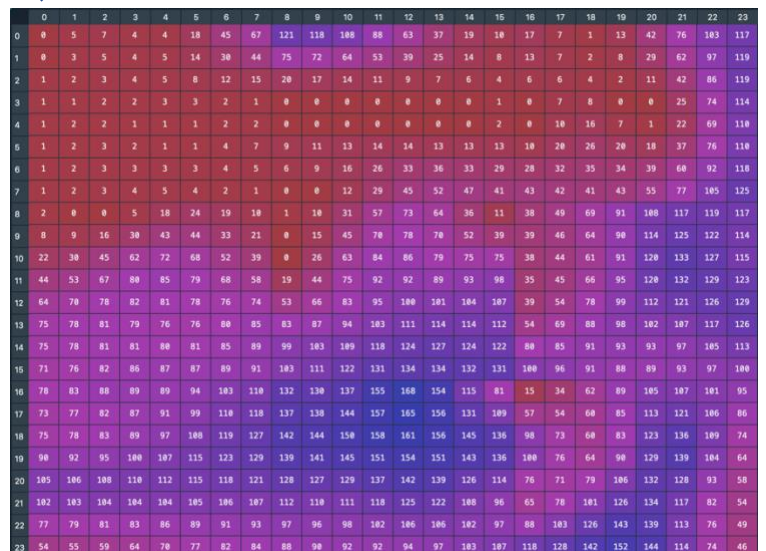


Figure 4 Image final, perte de qualité fortement visible due à une surcompression



Axes de travaux à réaliser :

- La DCT étant un dérivé de la transformée de fourrier discrète il en réalité possible de compresser une image en utilisant aussi cette dernière. Ainsi pour relier mon sujet aux notions de physique du programme j'ai prévu de travailler aussi avec la transformée de fourrier discrète ce qui me permettra de parler **d'échantillonnage, de spectre, de fréquences etc...** Néanmoins la transformée de fourrier est moins efficace que la DCT, je pourrais ainsi comparer les deux méthodes pour en voir les inconvénients.

- Faire différentes acquisitions d'image avec un format brut sans compression (format .raw). L'idée est de prendre des photos très différentes en salle de TP, certaines avec beaucoup de changement brut de couleur (peut-être fait en envoyant différents faisceaux laser sur le capteur ?) et d'autres avec moins de changements. Puis ensuite tester le taux de compression possible avec mon programme tout en gardant une fidélité correcte avec les différentes images.

-Finaliser mon programme pour donner :

- 1 : un fichier final et sa taille (en Mo.)

- 2 : le temps de calcul nécessaire, pour compresser et décompresser l'image.

Ces deux données en les comparant avec celles du fichier original me permettront de conjecturer sur les avantages et/ou inconvénients de la compression.

Références :

- très bonne explication du fonctionnement global de la DCT en informatique :

<http://www-ijk.imag.fr/membres/Valerie.Perrier/SiteWeb/node9.html>

- <https://www.yumpu.com/fr/document/read/16699131/le-traitement-du-signal-la-transformee-de-fourier-la-lirmm>

-une implémentation un peu différente de la mienne de la DCT sur python :

<https://fairyonice.github.io/2D-DCT.html>

-Principe de fonctionnement de la norme JPEG :

<https://slideplayer.fr/slide/12383472/>

-voir aussi la page Wikipédia anglaise sur la DCT, bien plus développée et référencée que la page française

- Video Compression using the Three Dimensional Discrete Cosine Transform (Marc Servais, Gerhard De Jager, Member, IEEE)

Nathan Foucher PSI

- HD Video Playback Power Consumption Analysis (White paper Intel)