

Compression d'images avec pertes

Voulant faire des rendus de modélisation 3D sur le logiciel Blender, je me suis demandé quel était le meilleur format à utiliser pour stocker une image, et j'ai ainsi découvert la différence entre PNG et JPEG. J'ai été intrigué par le fonctionnement et l'ingéniosité des algorithmes de compression d'images.

Pour compresser une image, diverses transformations sont appliquées aux données qui la décrivent. Ces transformations servent à diminuer la redondance de l'information, mais aussi à supprimer des informations tout en gardant imperceptible la différence entre image compressée et non compressée.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *INFORMATIQUE (Informatique pratique)*
- *INFORMATIQUE (Informatique Théorique)*
- *SCIENCES INDUSTRIELLES (Traitement du Signal)*

Mots-clés (ÉTAPE 2)

Mots-clés (en français)

Compression avec pertes

Transformée en cosinus discrète

JPEG

Codage entropique

Évaluation de la qualité d'une image

Mots-clés (en anglais)

lossy compression

Discrete cosine transform

JPEG (Joint Photographic Experts Group)

Entropy coding

Image quality assessment

Bibliographie commentée

Compresser des images est essentiel pour limiter l'espace de stockage ou le volume d'information transmis. En effet, chaque minute des dizaines de milliers d'images sont par exemple partagées sur Instagram et deux millions de photos sont envoyées sur Snapchat. [1]

Lors de la compression d'une image avec perte, la suppression de certaines informations permet de rendre le fichier moins volumineux. Il faut cependant bien choisir les informations à supprimer pour que l'image ne paraisse pas dégradée. Pour cela, on peut exploiter certaines

caractéristiques de la vision. Notamment le fait que l'œil humain est beaucoup plus sensible aux différences de luminosité qu'aux différences de couleur et par ailleurs que l'œil discerne mal les hautes fréquences spatiales. [2]

En 1991, le « Joint Photographic Experts Group » (JPEG) définit la norme de compression éponyme. L'algorithme est constitué de quatre étapes principales. D'abord, utiliser le modèle YCbCr afin de supprimer des données sur les couleurs en effectuant un sous-échantillonnage de la chrominance. Ensuite, diviser l'image en matrices de 8x8 pixels et passer de la base canonique à une base de motifs de fréquence spatiales à l'aide de la transformée en cosinus discrète. Après, à l'aide de matrices de quantification, approximer les coefficients de la matrice, surtout pour les hautes fréquences. Enfin, utiliser des algorithmes de codage par plages et des algorithmes de codage entropique pour stocker les données restantes. [3], [4], [5]

La transformée en cosinus discrète (DCT) est une fonction linéaire inversible comparable à la transformation de Fourier discrète, mais dont les coefficients sont définis dans les réels au lieu des complexes. Elle a été conçue par Nasir Ahmed en 1972, et il est possible de l'étendre en une fonction bidimensionnelle, notamment utilisée dans l'algorithme JPEG. [6]

La norme de compression JPEG 2000 a été créée à la fin des années 1990, et utilise un algorithme différent de celui de JPEG, basé sur la transformée en ondelettes discrète (DWT). [7]

L'entropie de Shannon, introduite en 1948 par Claude Shannon, est une fonction mesurant l'incertitude d'une source de données et la quantité moyenne d'information contenue dans un message. Une entropie élevée signifie une grande incertitude (données uniformément réparties), tandis qu'une entropie faible indique une prédictibilité plus grande. [8]

Problématique retenue

En exploitant la redondance de l'information et en prenant en compte les limites physiologiques de l'œil humain, comment optimiser les techniques de compression d'images avec pertes ?

Objectifs du TIPE du candidat

Mon objectif est de comprendre et expliquer le fonctionnement des différentes étapes de la compression JPEG (transformation des couleurs, sous-échantillonnage de la chrominance, quantification, codage par plages et entropique) qui utilise notamment la DCT.

Aussi, sur une large collection d'image, après avoir programmé la compression JPEG en python, je quantifierai les performances (de qualité et de taille) de JPEG

Enfin, j'étudierai les performances d'un point de vue théorique en s'appuyant sur l'entropie de Shannon.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] SUDOUEST.FR : Que se passe-t-il sur internet en 1 minute ? : <https://www.sudouest.fr/economie/reseaux-sociaux/e-mails-tweets-photos-partagees-que-se-passe-t-il-sur-internet-en-1-minute-6841846.php>
- [2] D. GRANRATH : The role of human visual models in image processing : *Granrath, D.J.. (1981). The role of human visual models in image processing. , 69(5), 552–561. doi:10.1109/proc.1981.12024*
- [3] ANDREW B. WATSON : Image Compression Using the Discrete Cosine Transform : *Andrew B. Watson, Image Compression Using the Discrete Cosine Transform, Mathematica Journal, 4(1), 1994, p. 81-88 DOI:10.1007/978-3-322-96658-2 http://sites.apam.columbia.edu/courses/ap1601y/Watson_MathJour_94.pdf*
- [4] TRINITY COLLEGE DUBLIN : introduction to the digital signal processing algorithms : <https://github.com/frcs/EE4C08>
- [5] JOINT PHOTOGRAPHIC EXPERTS GROUP : Digital Compression and Coding of Continuous-tone Still images : <https://www.w3.org/Graphics/JPEG/itu-t81.pdf>
- [6] N. AHMED; T. NATARAJAN; K.R. RAO : Discrete Cosine Transform : *N. Ahmed, T. Natarajan, and K. R. Rao, "Discrete cosine transform," IEEE Transactions on Computers, vol. C-32, pp. 90-93, Jan. 1974. doi:10.1109/t-c.1974.223784*
- [7] MARCELLIN, M. W., GORMISH, M. J., BILGIN, A., BOLIEK, M. P. : Overview of JPEG-2000 : *Marcellin, M. W., Gormish, M. J., Bilgin, A., & Boliek, M. P. (n.d.). An overview of JPEG-2000. Proceedings DCC 2000. Data Compression Conference. doi:10.1109/dcc.2000.838192 https://www.researchgate.net/publication/2645612_Overview_of_JPEG-2000*
- [8] C. E. SHANNON : A Mathematical Theory of Communication : <https://people.math.harvard.edu/~ctm/home/text/others/shannon/entropy/entropy.pdf>

Références bibliographiques (ÉTAPE 2)

- [1] ZHOU WANG; A.C. BOVIK; H.R. SHEIKH; E.P. SIMONCELLI : Image quality assessment: from error visibility to structural similarity : <https://www.cns.nyu.edu/pub/lcv/wang03-preprint.pdf>

DOT

- [1] : septembre 2024 : choix d'aborder un algorithme de compression, puis en particulier la compression d'images, puis en particulier la compression d'images avec pertes, puis en particulier la compression JPEG.
- [2] : octobre 2024 : compréhension des concepts (notamment la DCT et le codage RLE et Huffman), lecture d'articles de recherche et choix d'axer le TIPE vers l'optimisation du choix du facteur de compression.
- [3] : fin décembre 2024 : programmation de la compression JPEG (choix de python au lieu de OCaml ou C en raison de son accessibilité syntaxique).

[4] : fin janvier 2025 : choix de ne pas développer l'aspect théorique avec l'entropie de Shannon afin de pouvoir développer plus amplement l'expérience personnelle (avec comme objectif de trouver le meilleur facteur de compression).

[5] : février : conception de nombreuses images d'illustration à partir du programme conçu.

[6] : début mai 2025 : exécution de l'expérience. Je suis étonné des résultats des indices de qualités, mais ces résultats sont tout de même cohérents et exploitables.