Département des sciences  
Faculté de l’informatique  
Université de Sherbrooke

Sujet de recherche

Par   
Justine Dauphinais (DAUJ8984)  
Julien Massicotte (MASJ1787)

Remise à  
François Rheault

Sherbrooke  
15 décembre 2024

# Introduction

### Présentez le sujet/question/application choisi

Notre projet porte sur l'ajout d'artéfacts vidéo couramment observés lors du traitement numérique de vidéos. Ces artéfacts, tels que le bruit, la compression, la distorsion des couleurs, et le flou, sont souvent introduits pendant l'enregistrement, le codage ou la transmission des vidéos. L'objectif de ce projet est de démontrer et d'analyser les différents types d'artéfacts visuels qui peuvent être créés artificiellement dans des vidéos et d’explorer comment chacun peut être créer.

### Expliquez la pertinence du projet et son lien avec les concepts vus en classe

Il est donc étroitement lié aux concepts de traitement du signal numérique et de compression des médias, qui ont été couverts durant le cours. L’ajout d’artéfacts comme le bruit, la compression JPEG, ou la distorsion des lentilles, implique l’application de concepts mathématiques et algorithmiques tels que la transformée de Fourier, le filtrage, et l’échantillonnage, permettant de mieux comprendre les limitations et les défis du traitement numérique des vidéos.

Mettez en évidence l'importance de ces concepts et du projet dans la viecourante

Ces concepts ont une importance considérable dans la vie courante, car les artéfacts vidéo affectent directement la qualité des vidéos que nous consommons quotidiennement, que ce soit sur des plateformes de streaming, lors de visioconférences, ou lors de l'utilisation de caméras de surveillance. Comprendre comment ces artéfacts sont créés et comment ils peuvent être atténués est essentiel pour les professionnels de l'audiovisuel, les ingénieurs, et les chercheurs qui cherchent à améliorer la qualité des médias numériques, des métiers qui pourraient potentiellement être les nôtres après nos études.

### Indiquez la connaissance nécessaire pour comprendre le projet

Une compréhension de base des concepts d’ondes et de signaux (bruit, échantillonnage, etc.), des techniques d’imagerie numérique (résolution, compression, etc.), et des outils de traitement d’image ([OpenCV](https://opencv.org/), Python) est requise.

Vulgarisez les grands concepts nécessaires pour une bonne compréhension duprojet

Les grands concepts nécessaires pour une bonne compréhension du sujet sont :

* **Bruit** : Le bruit est une variation aléatoire des niveaux de couleur ou de luminosité dans une image (souvent perçu comme des points), qui peut rendre la vidéo moins nette ou plus "sale".
* **Compression** : Réduction de la taille des fichiers vidéo, pouvant introduire des pertes de qualité visibles comme des blocs ou des flous.
* **Flou de mouvement** : Effet de traînée causé par le mouvement rapide d’objets ou de la caméra.
* **Distorsions optiques** : Déformations géométriques dues aux propriétés de la lentille, comme le barillet.

### Expliquez en détail les concepts centraux liés à votre expérimentation

Les concepts centraux liés à notre expérimentation sont :

* **Niveaux de compression** : La compression JPEG utilisée réduit la qualité en éliminant des détails pour économiser de l'espace, mais cela peut introduire des artefacts comme des blocs.
* **Bruit Gaussien** : Simule les interférences aléatoires courantes dans les capteurs électroniques.
* **Flou** : Modélisé par un noyau de convolution, utile pour reproduire les effets de mouvements dans les vidéos.
* **Distorsion d’objectif** : Liée à l’optique des caméras, elle modifie la géométrie d’une image capturée.
* **Aberration chromatique** : Décalage des couleurs, souvent visible sur les bords d’une image, causé par une lentille non corrigée.

# Méthodologie & Analyse

### Détaillez les outils, logiciels et librairies utilisés, en précisant s'ils sont gratuits, open-source, etc.

* ***OpenCV*** : Librairie *open-source* de traitement d'images et de vidéos utilisée pour les manipulations vidéo. Gratuit et largement utilisé dans le domaine de l'imagerie numérique.
* ***NumPy*** : Librairie Python *open-source* utilisée pour la manipulation efficace des tableaux et les opérations mathématiques nécessaires.
* **Python** : Langage de programmation *open-source*, choisi pour sa flexibilité et la richesse de son écosystème.
* **Logiciels** : Aucun logiciel propriétaire n’a été utilisé, rendant le projet accessible et reproductible.
* **Matériel** : Un ordinateur standard avec une vidéo trouvée sur YouTube et coupée pour minimisée le temps de traitement de celle-ci pour l’entrée.

### Décrivez les données nécessaires à votre expérimentation

* **Fichier vidéo source** : Une vidéo en format .mp4 utilisée comme point de départ. La vidéo doit être suffisamment nette et sans artéfacts initiaux pour que les manipulations soient clairement observables.
* **Propriétés** : Vidéo avec un nombre constant d’images par secondes (FPS), une résolution stable, et une bonne qualité de compression initiale.

### Expliquez les manipulations effectuées sur les données

* **Ajout d'artéfacts** : Utilisation des fonctions définies dans le script Python (*gaussian\_noise, motion\_blur*, etc.) pour introduire des distorsions spécifiques sur les frames de la vidéo.
* **Division des vidéos** : Création de fichiers vidéo individuels pour chaque type d'artéfact.
* **Paramétrage dynamique** : Ajustement des intensités et des paramètres pour chaque artéfact, comme le niveau de bruit, la taille du noyau pour le flou, ou la qualité de compression. Ceux-ci vont être utilisés pour exagéré les artéfacts afin de pouvoir bien les observer durant notre analyse.

### Décrivez les entrées et sorties du projet

* **Entrées** :
  + Fichier vidéo source au format .mp4.
  + Paramètres de configuration pour chaque artéfact (e.g., niveau de bruit, intensité de vignetage).
* **Sorties** :
  + Une série de fichiers vidéo .mp4, chacun présentant un artéfact spécifique :
    - **chromatic\_aberration.mp4**
    - **color\_branding.mp4**
    - **compression.mp4**
    - **dust\_particles.mp4**
    - **frame\_dropping.mp4**
    - **gaussian\_noise.mp4**
    - **lens\_distortion.mp4**
    - **motion\_blur.mp4**
    - **salt\_pepper\_noise.mp4**
    - **vignetting.mp4**

### Présentez la représentation des données utilisées.

Les vidéos sont représentées comme une séquence de frames, chaque frame étant une matrice 2D ou 3D (selon qu’elle est en niveaux de gris ou en couleur). Les transformations sont appliquées à chaque frame individuellement pour maintenir la cohérence temporelle avec pour exception … (skip frame)

### Indiquez les livrables attendus pour ce projet.

1. Un ensemble de vidéos montrant les différents artéfacts appliqués.
2. Un rapport détaillé documentant la méthodologie, les résultats et les liens théoriques.
3. Scripts Python commentés pour permettre la reproduction des expériences.

### Présentez les données acquises et les traitements effectués

* **Données acquises** : Vidéos modifiées représentant chaque artifact.
* **Traitements effectués** :
  + Application de filtres (Gaussien, motion blur, etc.).
  + Transformation des couleurs pour simuler le color banding et l’aberration chromatique.
  + Manipulation géométrique pour simuler la distorsion des lentilles.

### Expliquez les résultats obtenus et les difficultés rencontrées

Les résultats de l'expérimentation montrent une visualisation claire des différents artéfacts vidéo appliqués. À chaque étape, leur impact visuel a été observé et analysé à divers niveaux d’intensité, permettant de mieux comprendre leur comportement et leur interaction avec les données de la vidéo source. Cette approche a également mis en lumière les limitations des algorithmes de traitement d’image, notamment leurs effets sur la qualité visuelle finale lorsqu'ils sont appliqués de manière excessive ou non optimisée.

Une des principales difficultés a été de déterminer comment appliquer chaque effet de manière cohérente pour représenter fidèlement les différents types d'artéfacts vidéo. Cela nécessitait une compréhension approfondie des principes physiques ou mathématiques derrière chaque artéfact, comme la distorsion de lentilles, le bruit ou l'aberration chromatique. Trouver les bons paramètres pour chaque transformation, tout en veillant à conserver une représentation réaliste et perceptible des effets, a demandé des ajustements itératifs et une expérimentation constante. Cette étape a été essentielle pour s’assurer que chaque artéfact soit à la fois identifiable et conforme aux attentes théoriques.

### Faites des liens entre vos résultats et des concepts du cours

**Traitement de signal** : Les distorsions appliquées (bruit, flou) sont des exemples pratiques de modifications d’un signal vidéo.

**Compression et quantification** : L’utilisation d’une compression JPEG montre les effets de la perte d’informations sur la qualité vidéo.

**Perception humaine** : Le projet explore comment certains artéfacts sont plus perceptibles que d’autres en fonction des limites de la vision humaine.

# Discussion

### Réfléchissez sur les outils, logiciels et librairies utilisés, en évaluant leur pertinence et leurs performances.

Les outils utilisés, notamment Python, OpenCV et NumPy, se sont avérés parfaitement adaptés au projet. OpenCV, en particulier, est optimisé pour le traitement d'images et de vidéos et offre des fonctions puissantes pour manipuler des frames en temps réel. NumPy a permis une gestion efficace des opérations matricielles, essentielles pour les transformations appliquées.

Les performances ont été satisfaisantes pour les vidéos de résolution moyenne, mais le traitement a ralenti pour des vidéos en haute résolution, en particulier lors de manipulations intensives comme le flou ou le calcul des distorsions de lentilles. La longueur de la vidéo jouait aussi particulièrement un rôle dans la longueur du traitement. Nous avions une vidéo de 31 secondes ce qui donnait 1030 images (environ 33 images par seconde). Des optimisations supplémentaires pourraient améliorer ces performances et nous donner la possibilité de traiter des vidéos en plus haute résolution et plus longue sans sacrifier un énorme temps.

PARLER DU TEMPS QUE ÇA PREND RAAA (j’ai perdu 30 ans à attendre)

### Analysez les données utilisées et leur adéquation avec le projet.

La vidéo source (coupée à 30 secondes) était appropriée pour démontrer clairement les artéfacts visuels. Une vidéo nette et sans artefact initial a permis de mieux observer les effets des manipulations appliquées. Cependant, il aurait été intéressant de comparer avec une vidéo ayant déjà des artéfacts pour étudier les interactions entre ceux-ci.

### Expliquez l'utilité des concepts vus en classe dans votre expérimentation

**Traitement de signal** : Les notions de bruit, de filtrage, et de convolution ont été directement appliquées dans l’ajout d’artéfacts comme le flou de mouvement ou le bruit gaussien.

**Compression vidéo** : La compréhension des effets de la quantification et des algorithmes de compression a permis d’introduire des artéfacts de compression réalistes.

**Perception humaine** : Les concepts liés à la sensibilité de l’œil humain ont guidé le choix des paramètres pour s’assurer que les artéfacts soient perceptibles.

**Imagerie numérique** : Les bases de la conversion numérique-analogique ont été cruciales pour comprendre l’impact des transformations appliquées.

### Discutez des concepts découverts ou approfondis lors de votre expérimentation (approfondir ici et mettre des screenshots pour chaque + expliquer chez artéfact et d’où ils viennent + sources yeeehaw)

…

### Faites des observations pertinentes sur le projet

Les artéfacts, bien qu’ils soient indésirables, peuvent être intentionnellement ajoutés dans des domaines artistiques ou cinématographiques pour créer un effet spécifique.

Les artéfacts liés à la compression sont particulièrement perceptibles dans les zones à faible contraste, ce qui reflète l’importance de l’analyse spatiale et fréquentielle dans les algorithmes de compression.

Certains artéfacts, comme le bruit gaussien ou le flou de mouvement, peuvent servir de métaphores pour démontrer les limitations des capteurs ou des systèmes de transmission.

### Évaluez la complexité de l'expérimentation et la pertinence du questionnement initial

Bien que les outils utilisés soient accessibles, la mise en œuvre des différents effets nécessitait une compréhension approfondie des transformations algorithmiques et des concepts de traitement de signal. Beaucoup d’heures ont été mises dans le développement du script et dans la recherche de méthode de réaliser les effets souhaités.

Le questionnement était pertinent car il relie les aspects théoriques vus en classe à des observations pratiques, tout en mettant en évidence l'impact des artéfacts sur la perception visuelle.

### Soulignez l'importance des concepts abordés dans le projet

Ces concepts sont cruciaux dans plusieurs domaines dans lesquels nous pourrions nous retrouver dans le futur, y compris :

* **Streaming vidéo** : Réduction des artéfacts pour améliorer l'expérience utilisateur.
* **Industrie du film et des jeux vidéo** : Application d’effets visuels intentionnels.
* **Surveillance et analyse vidéo** : Minimisation des distorsions pour maximiser l’efficacité des algorithmes d’analyse.

# Conclusion

### Faites part de votre réflexion personnelle sur le projet

Ce projet a été une excellente occasion de mettre en pratique les concepts théoriques appris en classe tout en découvrant de nouveaux aspects du traitement vidéo. Il a permis de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents à l'apparition des artéfacts visuels et leur impact sur la qualité perçue des vidéos. La diversité des transformations appliquées a révélé à quel point de simples ajustements peuvent influencer la perception visuelle, renforçant ainsi l’importance des détails dans les applications d’imagerie numérique.

### Évaluez l'intérêt du projet et la charge de travail qu'il a nécessitée

L'intérêt du projet réside dans son applicabilité directe à des domaines variés, tels que le streaming vidéo, la surveillance ou la production multimédia. Ce type d’analyse est pertinent pour quiconque cherche à optimiser la qualité visuelle ou à comprendre les limitations des technologies d'imagerie actuelles. Cependant, le projet a été relativement exigeant en termes de charge de travail, nécessitant une gestion minutieuse des paramètres pour chaque artéfact et une compréhension approfondie des outils de traitement vidéo. Bien que les outils utilisés aient facilité l’implémentation, le temps consacré à l’ajustement et aux tests a été conséquent.

### Analysez si des éléments manquent à votre rapport/expérimentation

Bien que le projet soit complet dans sa portée actuelle, certains éléments auraient pu être inclus pour approfondir l’analyse. Par exemple, une évaluation quantitative de l’impact des artéfacts, à travers des métriques de qualité vidéo comme le PSNR (*Peak Signal-to-Noise Ratio*) ou le SSIM (*Structural Similarity Index*), aurait enrichi le rapport. De plus, une comparaison avec des artéfacts présents dans des vidéos réelles aurait permis d’évaluer la fidélité des effets simulés par rapport aux conditions réelles.

### Proposer des pistes pour approfondir le questionnement ou poursuivre les recherches

Pour aller plus loin, il serait intéressant d’étudier les stratégies d’atténuation ou de correction des artéfacts, telles que le post-traitement par intelligence artificielle ou le filtrage avancé. Aussi, intégrer des vidéos provenant de sources variées (e.g., drones, caméras de surveillance) permettrait de tester l’adaptabilité des techniques appliquées à des contextes diversifiés.

[Fin]