

COURS MODÉLISATION GÉOMÉTRIQUE

Chapitre 2: Compression d'images et de vidéo (méthodes avec et sans perte)

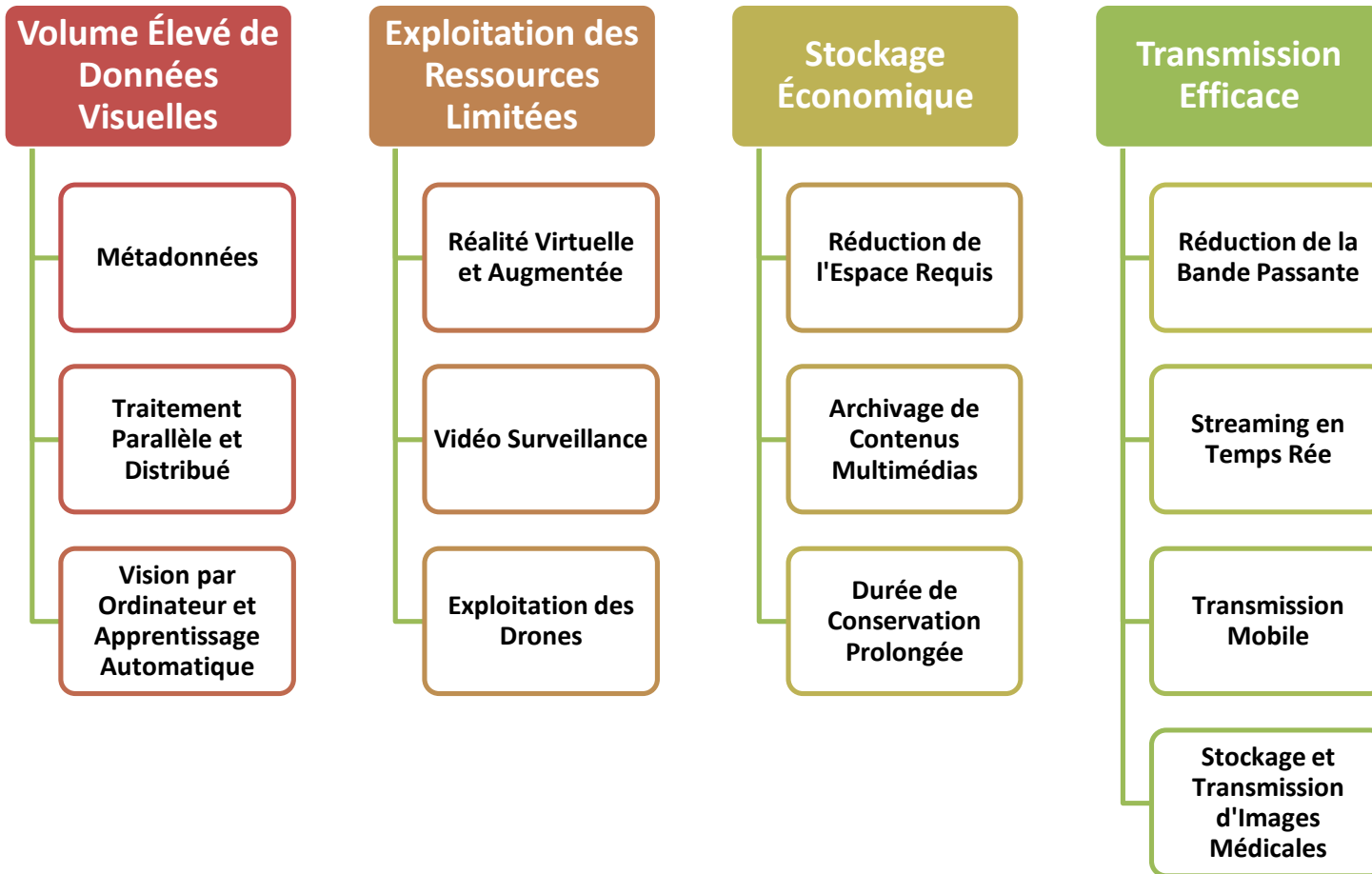
La compression

Définition de la compression

- La **compression** d'images et de vidéo est un processus essentiel en vision artificielle, qui consiste à réduire la taille des fichiers numériques d'images et de vidéos tout en préservant la qualité visuelle acceptée.
- Cette réduction de taille est cruciale pour la gestion efficace des données, la transmission sur des réseaux à bande passante limitée et le stockage sur des dispositifs de stockage.
- Ce processus repose sur des algorithmes et des techniques spécifiques conçus pour éliminer la redondance dans les données, minimiser les informations non essentielles, et optimiser la représentation de l'information.

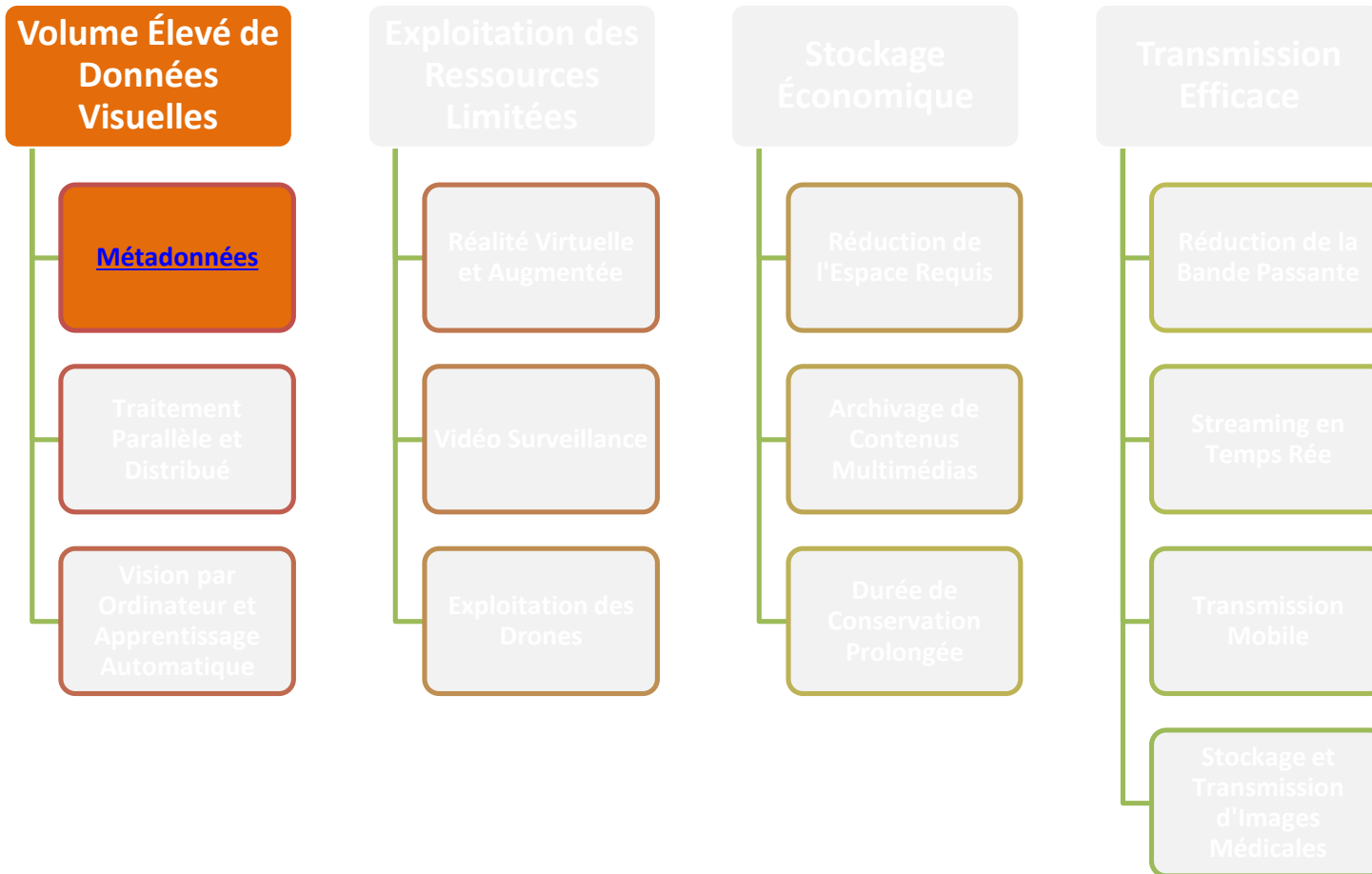
La compression

L'importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles



La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles



La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

Volume Élevé de
Données
Visuelles

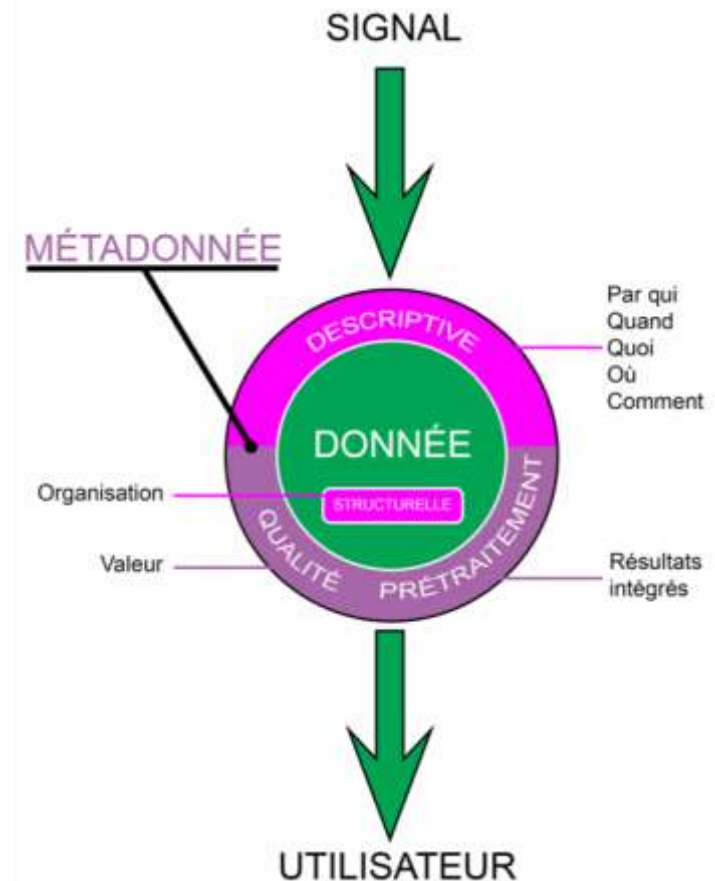
Métadonnées

Indexation des données visuelles.

Suivi des versions des données visuelles

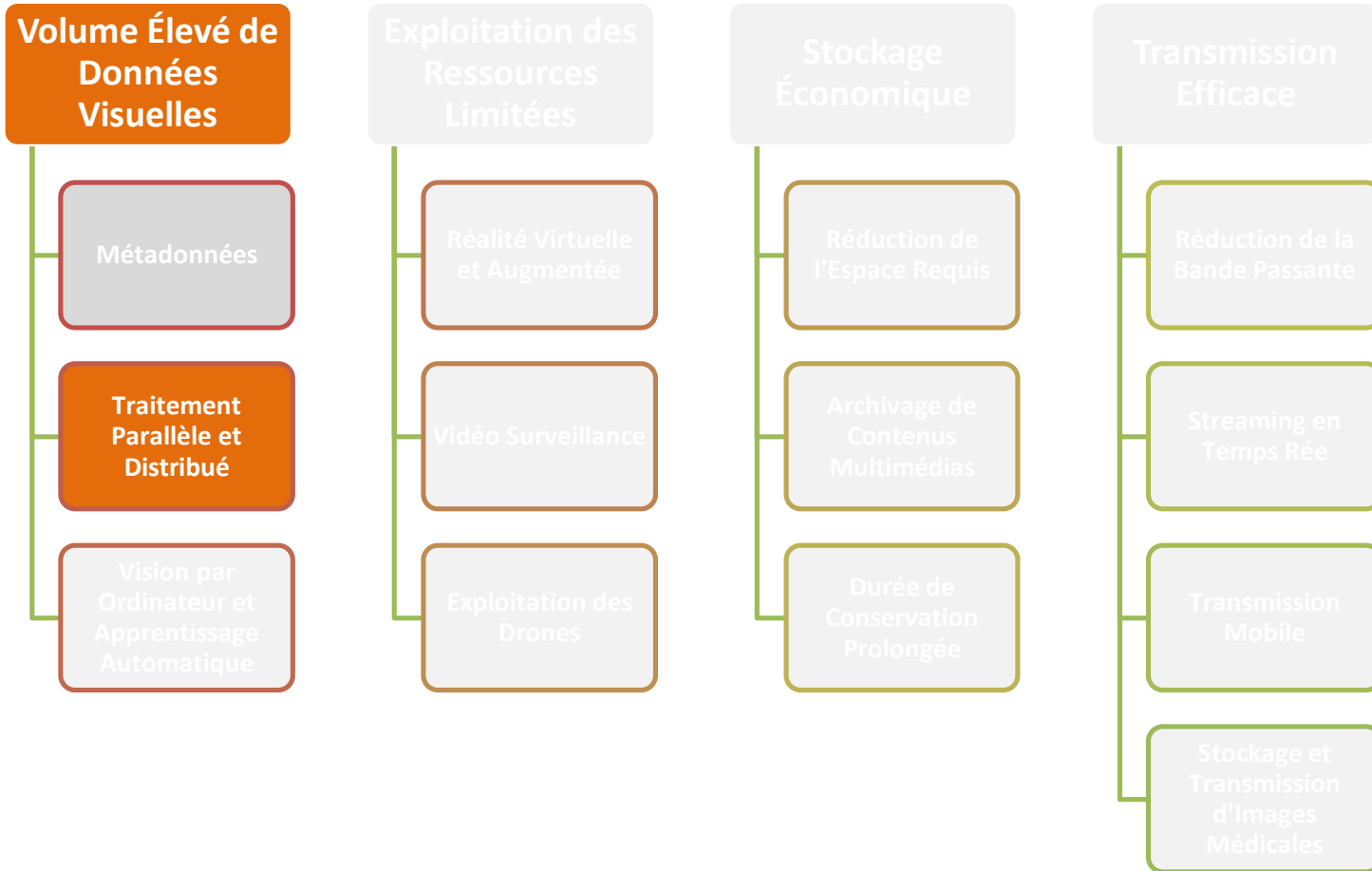
Flux de Travail Collaboratif

Maintenance et Conservation des Données



La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

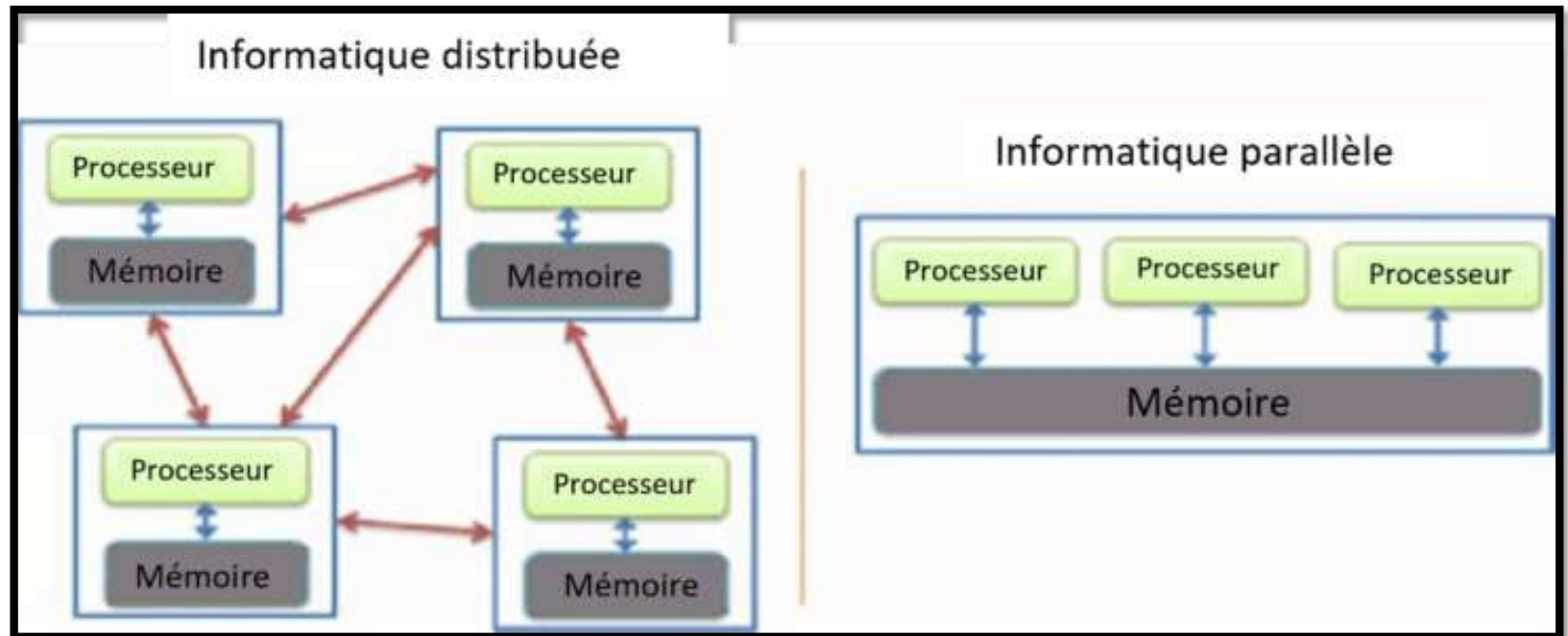


La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

Volume Élevé de
Données
Visuelles

Traitement
Parallèle et
Distribué



La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

Volume Élevé de
Données
Visuelles

Traitement
Parallèle et
Distribué

Le traitement parallèle : Diviser une grande tâche de traitement en plusieurs sous-tâches qui sont effectuées en parallèle, accélérant ainsi le processus.

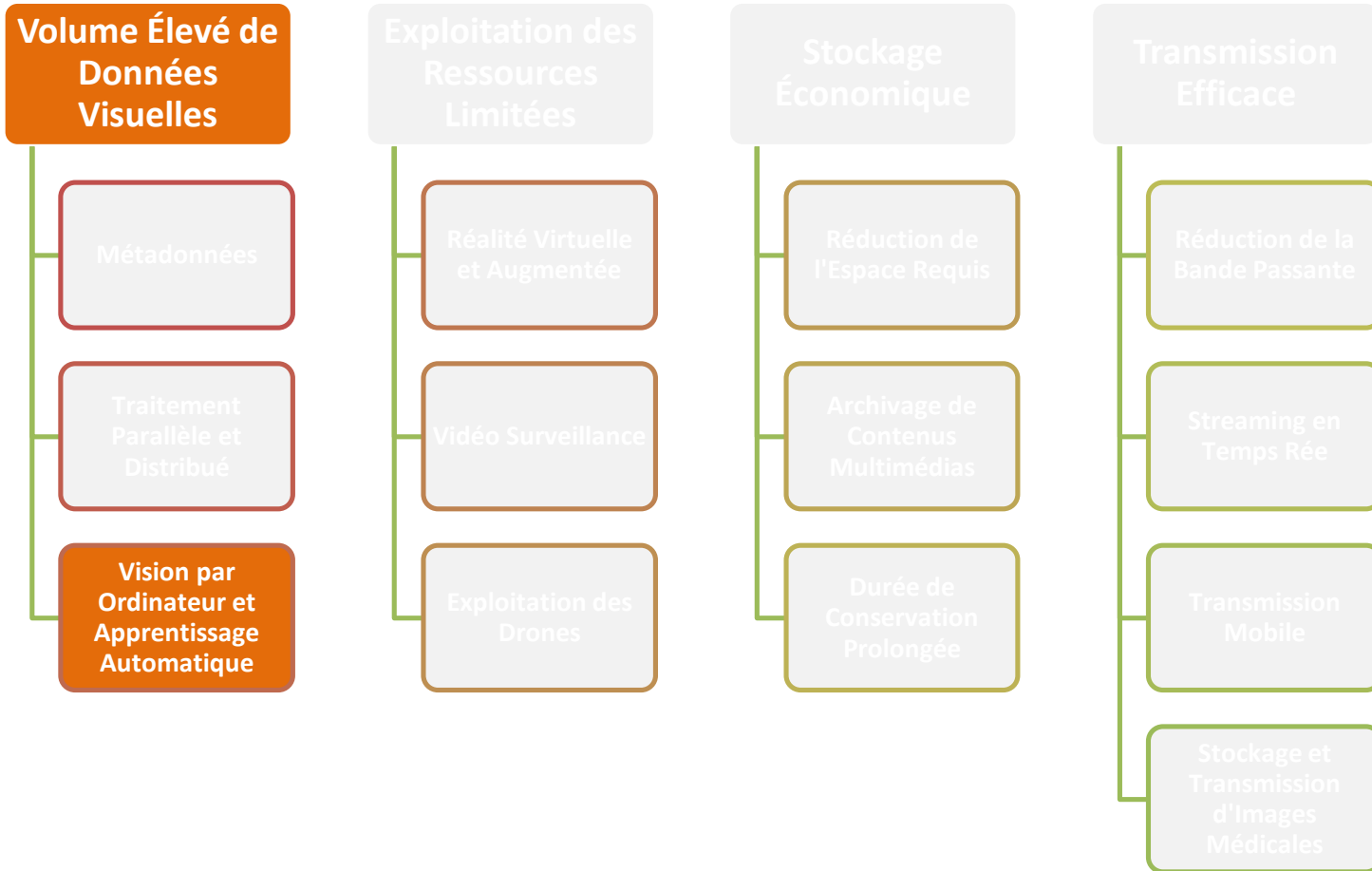
Par exemple lors de la compression d'une vidéo de haute résolution, chaque trame de la vidéo peut être compressée en parallèle, réduisant ainsi le temps nécessaire pour compresser l'ensemble de la vidéo.

Le traitement distribué peut être utilisé pour traiter simultanément de multiples vidéos, images ou flux de données visuelles.

Par exemple, lors de la surveillance vidéo à grande échelle, plusieurs caméras peuvent être gérées par des systèmes informatiques distincts qui traitent les flux vidéo localement, puis les informations pertinentes sont agrégées.

La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

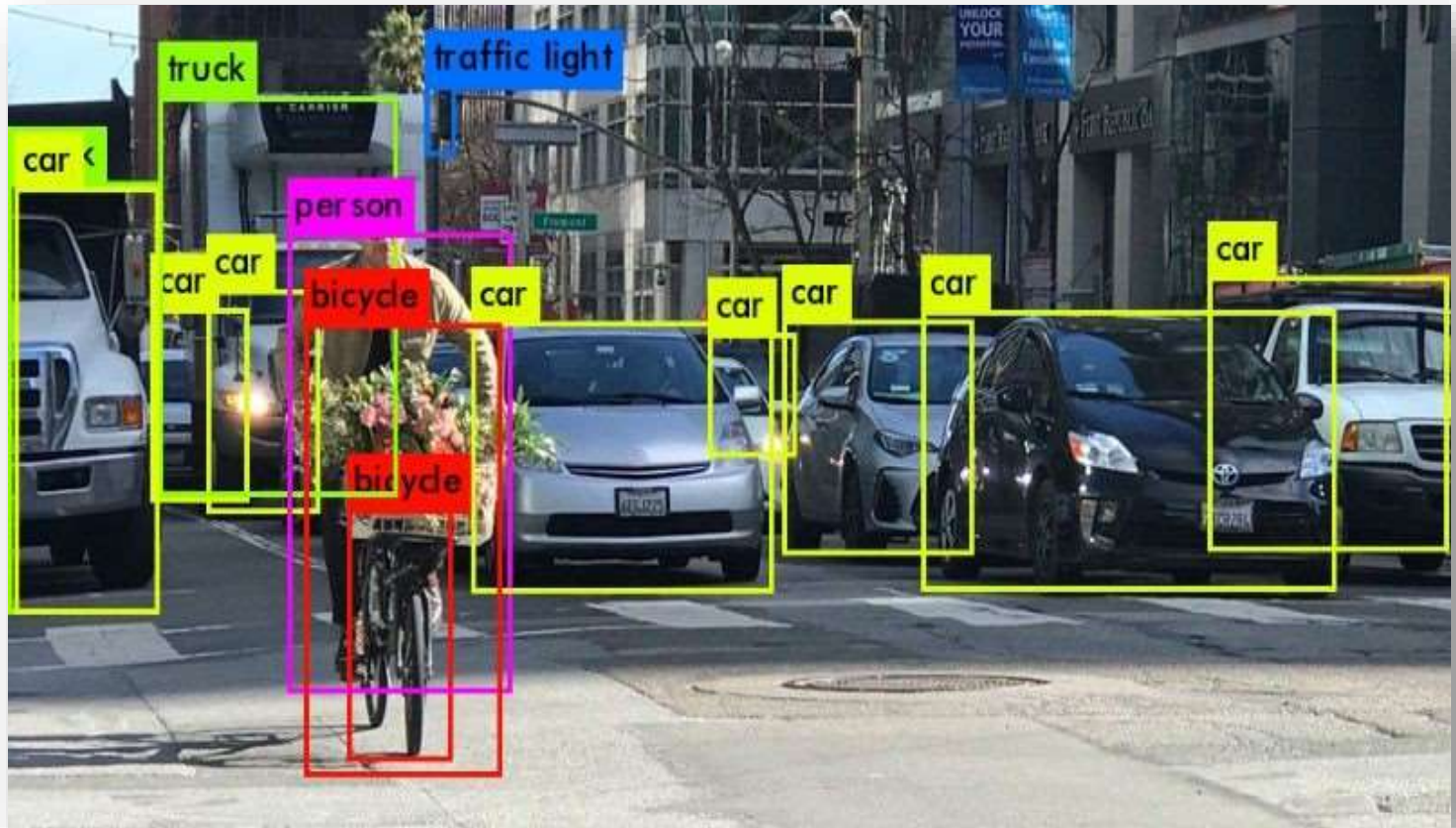


La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

Volume Élevé de
Données
Visuelles

Vision par
Ordinateur et
Apprentissage
Automatique



La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

Volume Élevé de
Données
Visuelles

Vision par
Ordinateur et
Apprentissage
Automatique

La vision par ordinateur est utilisée pour extraire des informations pertinentes à partir de grandes quantités d'images ou de vidéos.

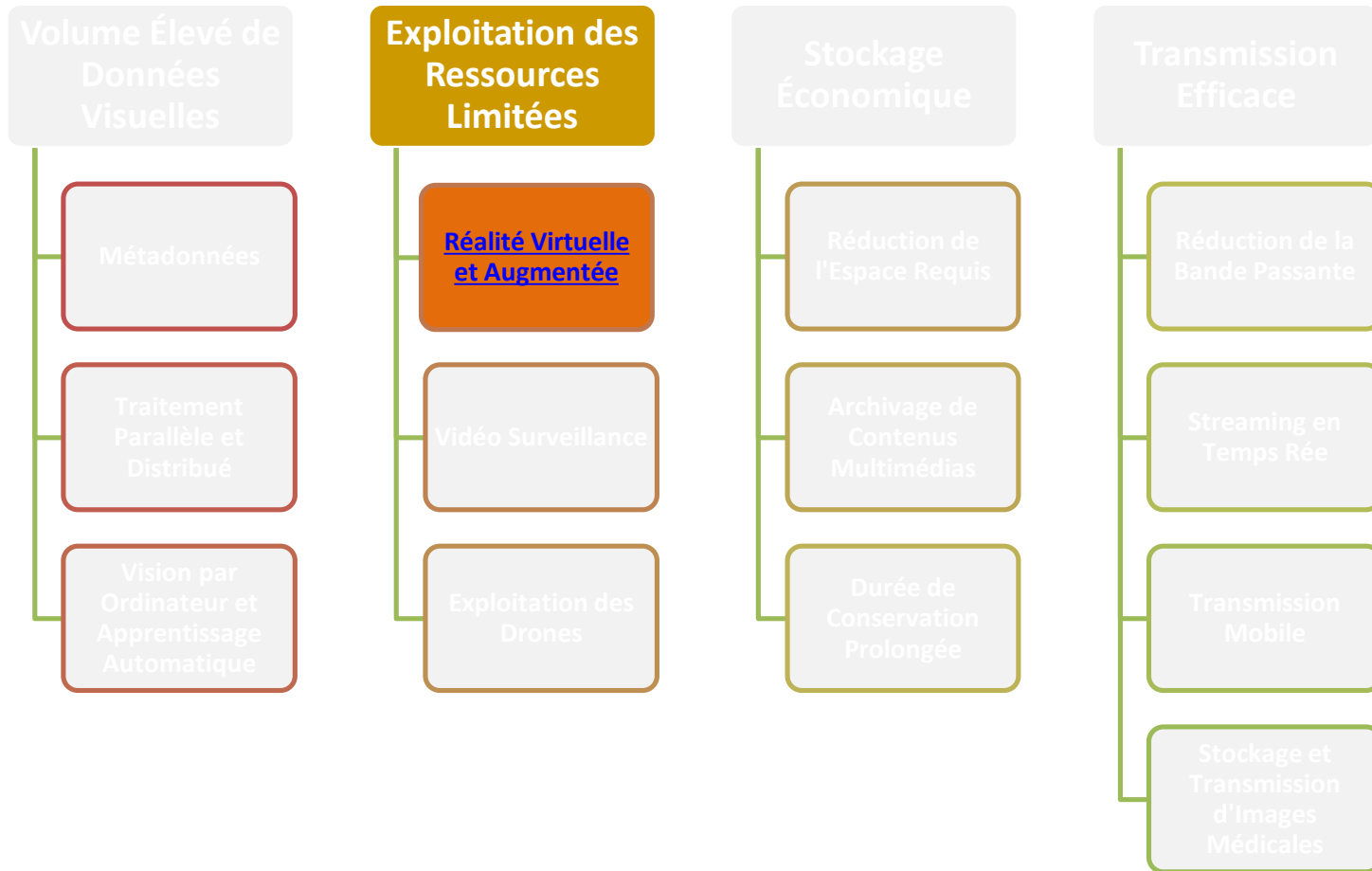
Par exemple, elle peut être utilisée pour détecter des objets, des visages, des motifs, ou pour mesurer des paramètres tels que la distance, la taille ou la vitesse à partir de données visuelles.

L'apprentissage automatique est utilisé pour automatiser des tâches complexes d'analyse et de traitement des données.

Par exemple, des algorithmes d'apprentissage automatique peuvent être formés pour reconnaître automatiquement des objets dans des images, pour la classification automatique de photos, ou pour l'annotation automatique de vidéos.

La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles



La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

Exploitation des
Ressources
Limitées

Réalité Virtuelle
et Augmentée



La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

Exploitation des
Ressources
Limitées

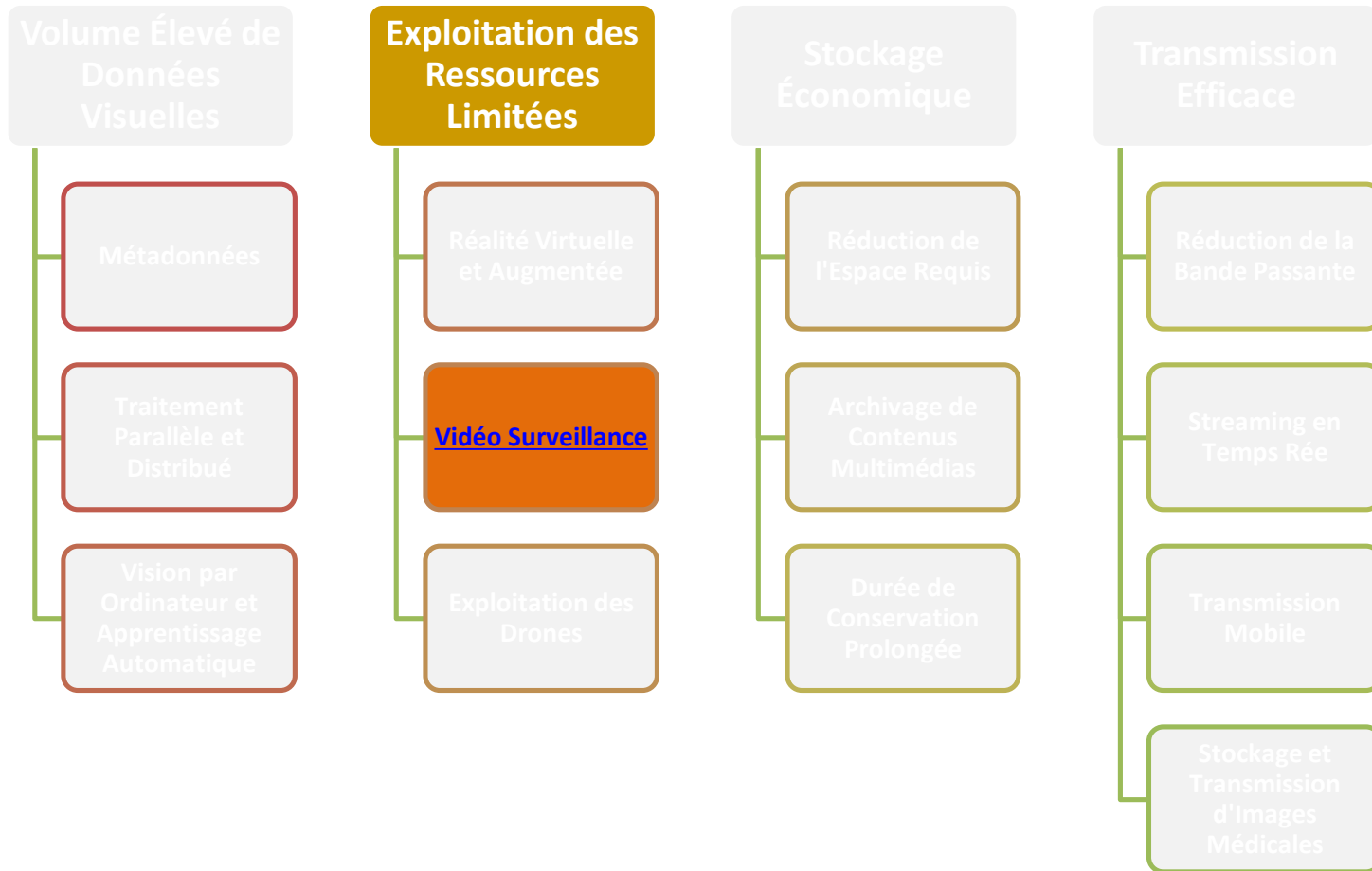
Réalité Virtuelle
et Augmentée

Les environnements de réalité virtuelle et augmentée demandent une puissance de traitement considérable.

L'utilisation de techniques de rendu graphique optimisées, de la compression d'images et de vidéos pour réduire la charge sur le processeur, et des algorithmes de suivi des mouvements efficaces fournit une expérience fluide tout en respectant les contraintes de puissance de calcul

La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles



La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

Exploitation des
Ressources
Limitées

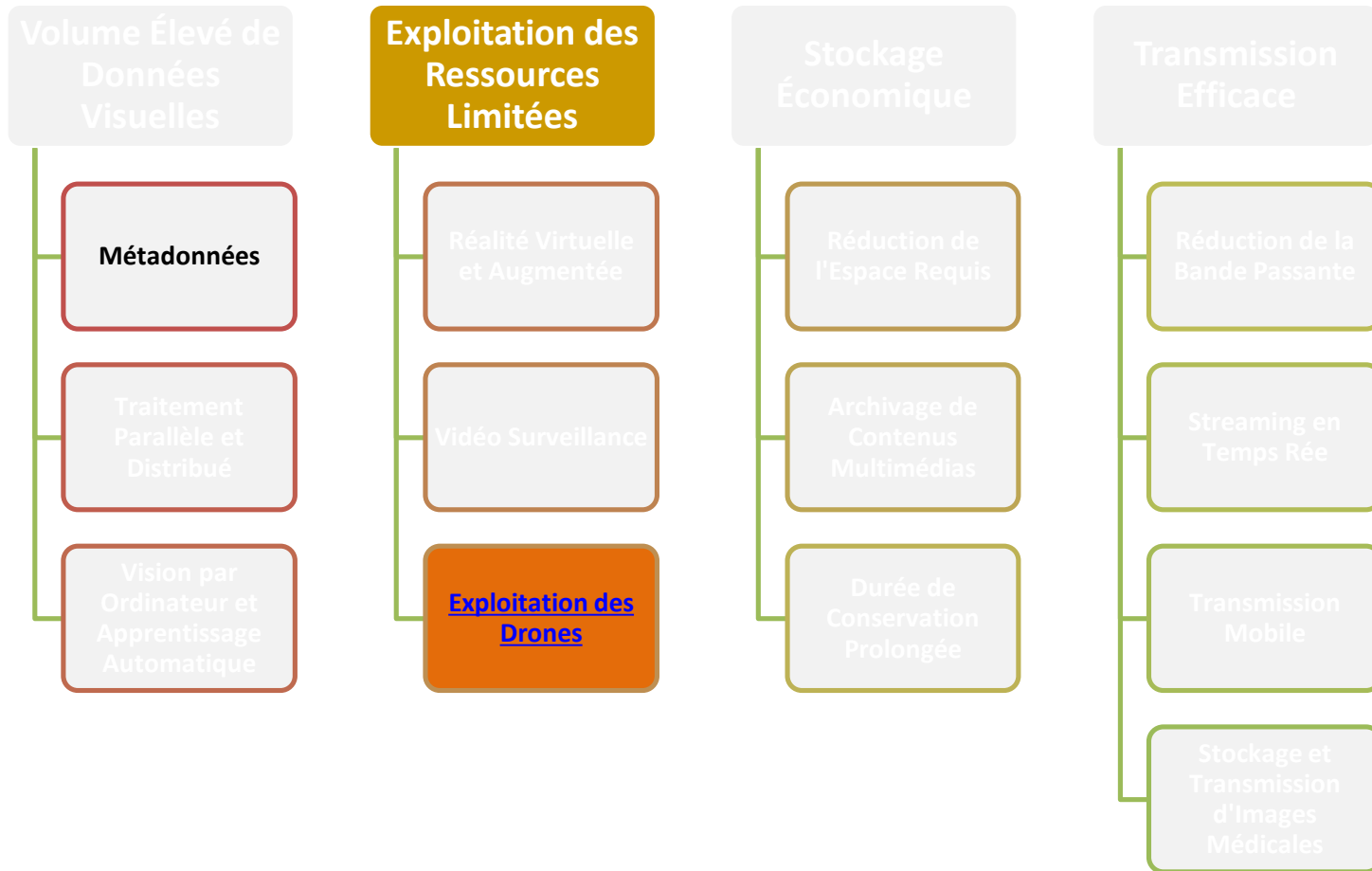
Vidéo Surveillance

l'exploitation des ressources limitées de la vidéo surveillance dans le domaine de la compression vidéo permet de maximiser l'efficacité de la collecte, de la transmission, et du stockage des vidéos de surveillance.

Cela garantit que les systèmes de surveillance fonctionnent de manière optimale, économisent des ressources et permettent aux opérateurs de surveiller et d'analyser les données vidéo de manière efficace.

La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

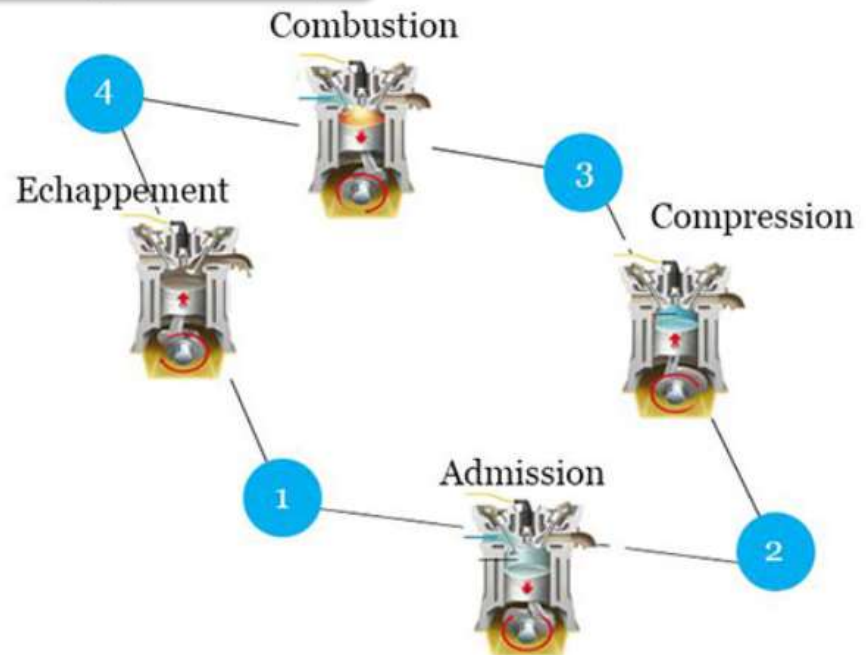


La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

Exploitation des
Ressources
Limitées

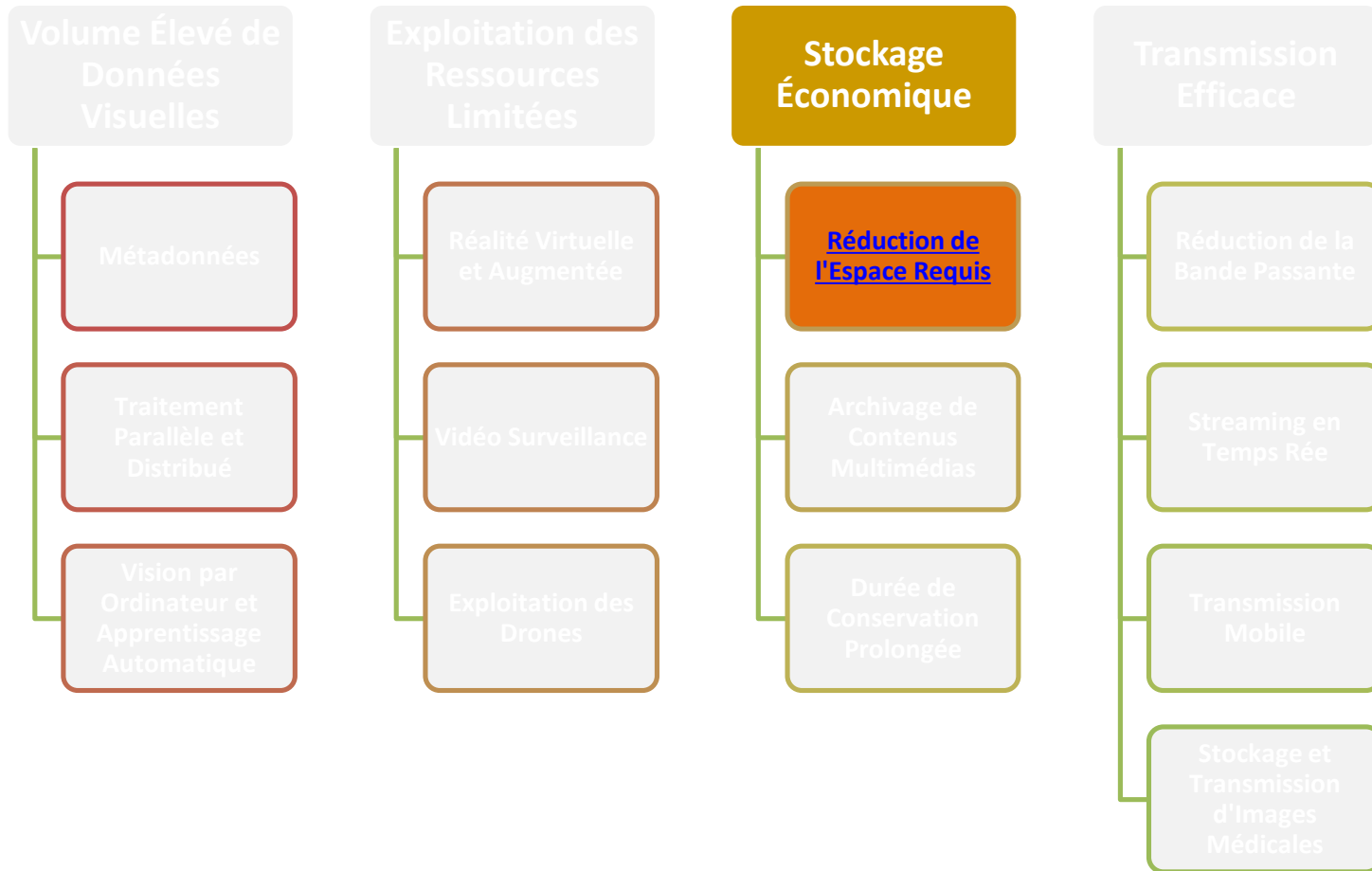
Exploitation des
Drones



Pour garantir que les drones peuvent fonctionner efficacement tout en transmettant des données visuelles en temps réel pour une variété d'applications, de la surveillance à la cartographie en passant par la recherche et le sauvetage, on exploite les techniques de compression vidéo pour réduire la taille des données vidéo, réduire la bande passante nécessaire et optimiser le stockage

La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles



La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

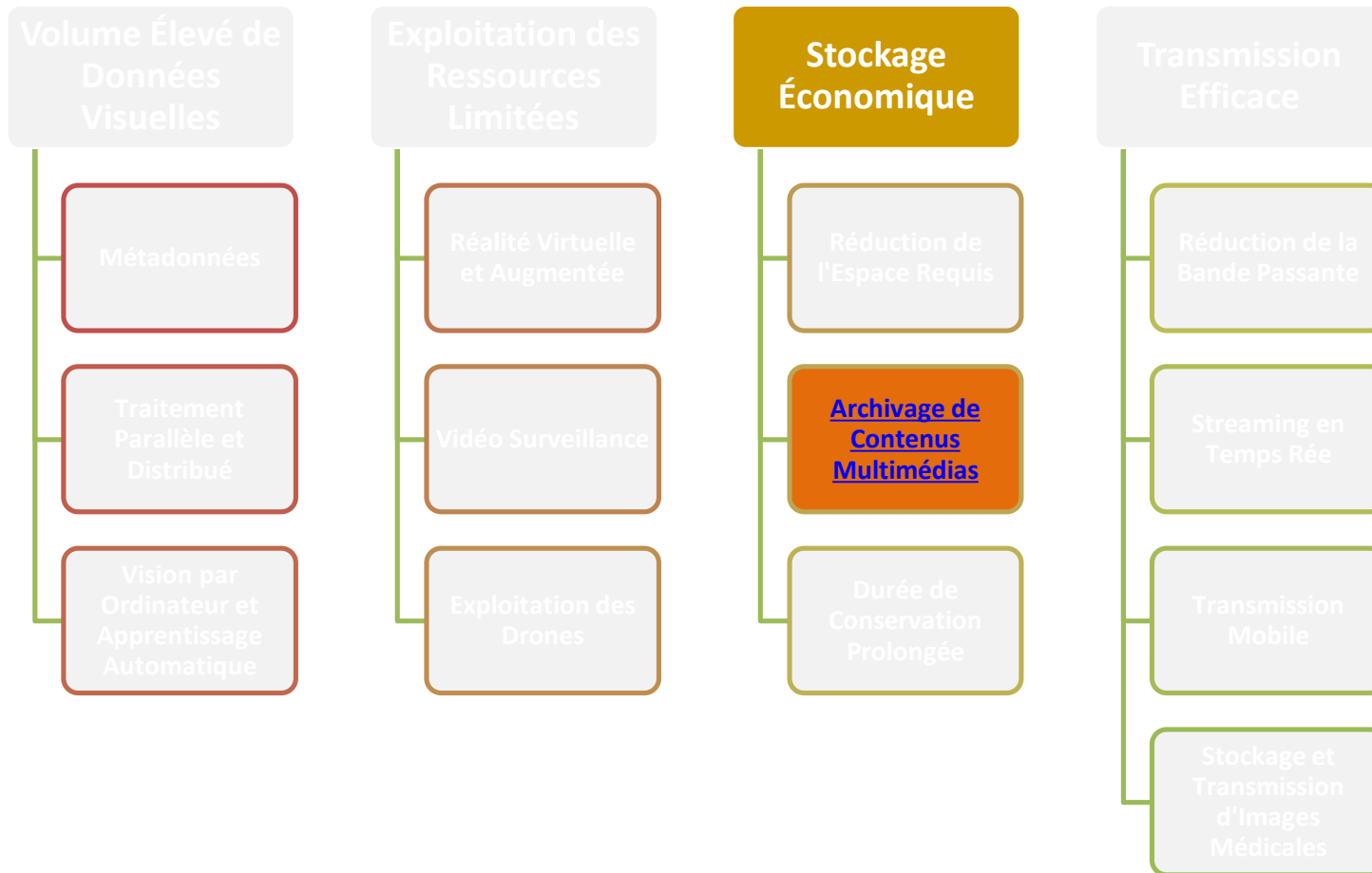
Stockage
Économique

Réduction de
l'Espace Requis

La compression réduit la quantité de données nécessaire pour stocker une image ou une vidéo. Par exemple, une image non compressée peut occuper beaucoup d'espace sur un disque dur, tandis que la même image compressée nécessitera beaucoup moins d'espace. Cela permet d'économiser des coûts liés à l'achat de supports de stockage supplémentaires.

La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles



La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

Stockage
Économique

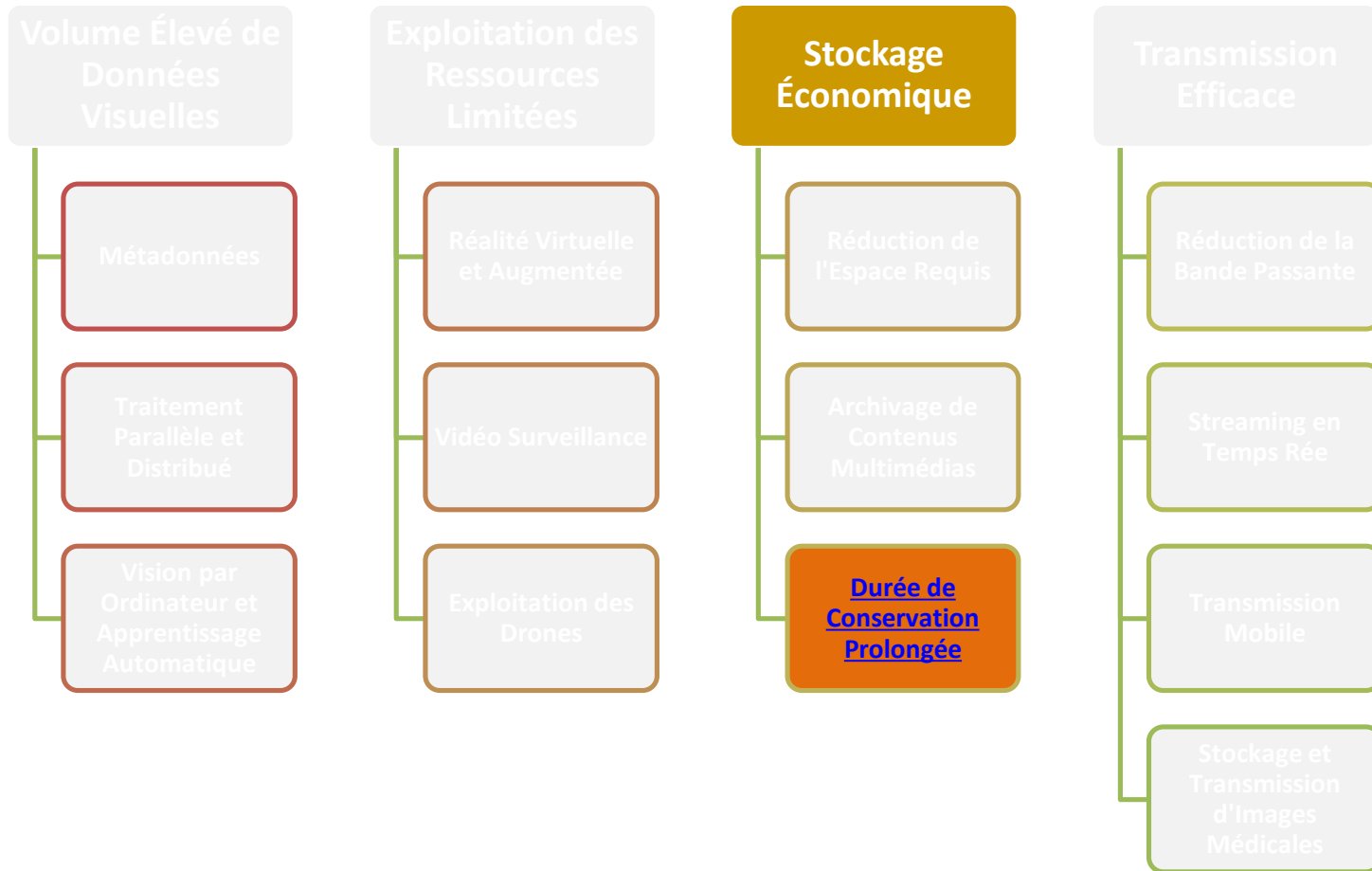
Archivage de
Contenus
Multimédias

Dans le secteur de la télévision, du cinéma et de la production vidéo, la compression est utilisée pour archiver des contenus multimédias tout en conservant leur qualité.

ça permet aux entreprises de stocker d'énormes quantités de contenus tout en optimisant l'utilisation de l'espace de stockage.

La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles



La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

Stockage
Économique

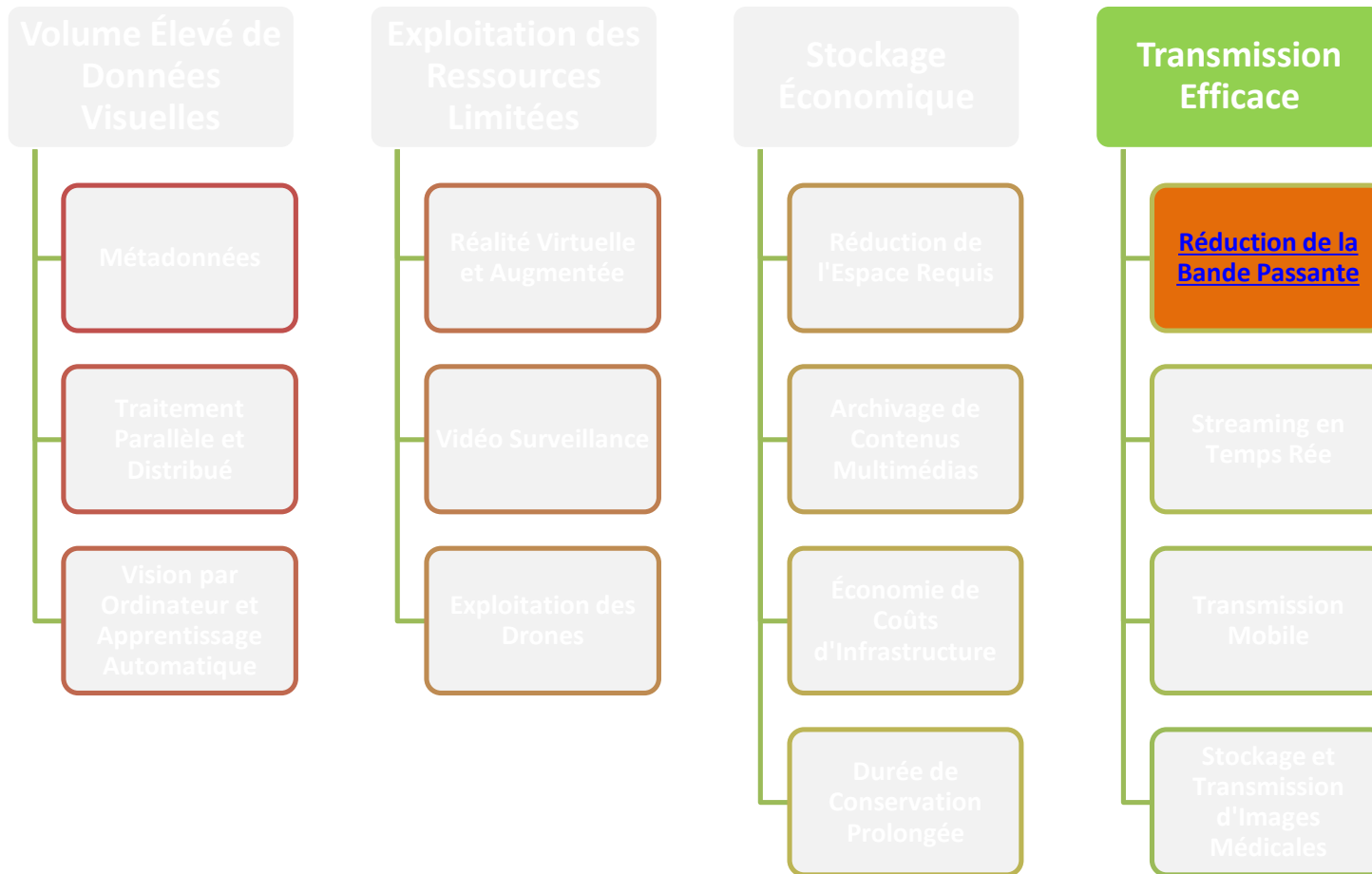
Durée de
Conservation
Prolongée

La compression permet également de prolonger la durée de conservation des données visuelles.

En réduisant la taille des fichiers, elle assure que les données peuvent être stockées sur une plus longue période sans avoir besoin d'une mise à niveau constante de l'infrastructure de stockage.

La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles



La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

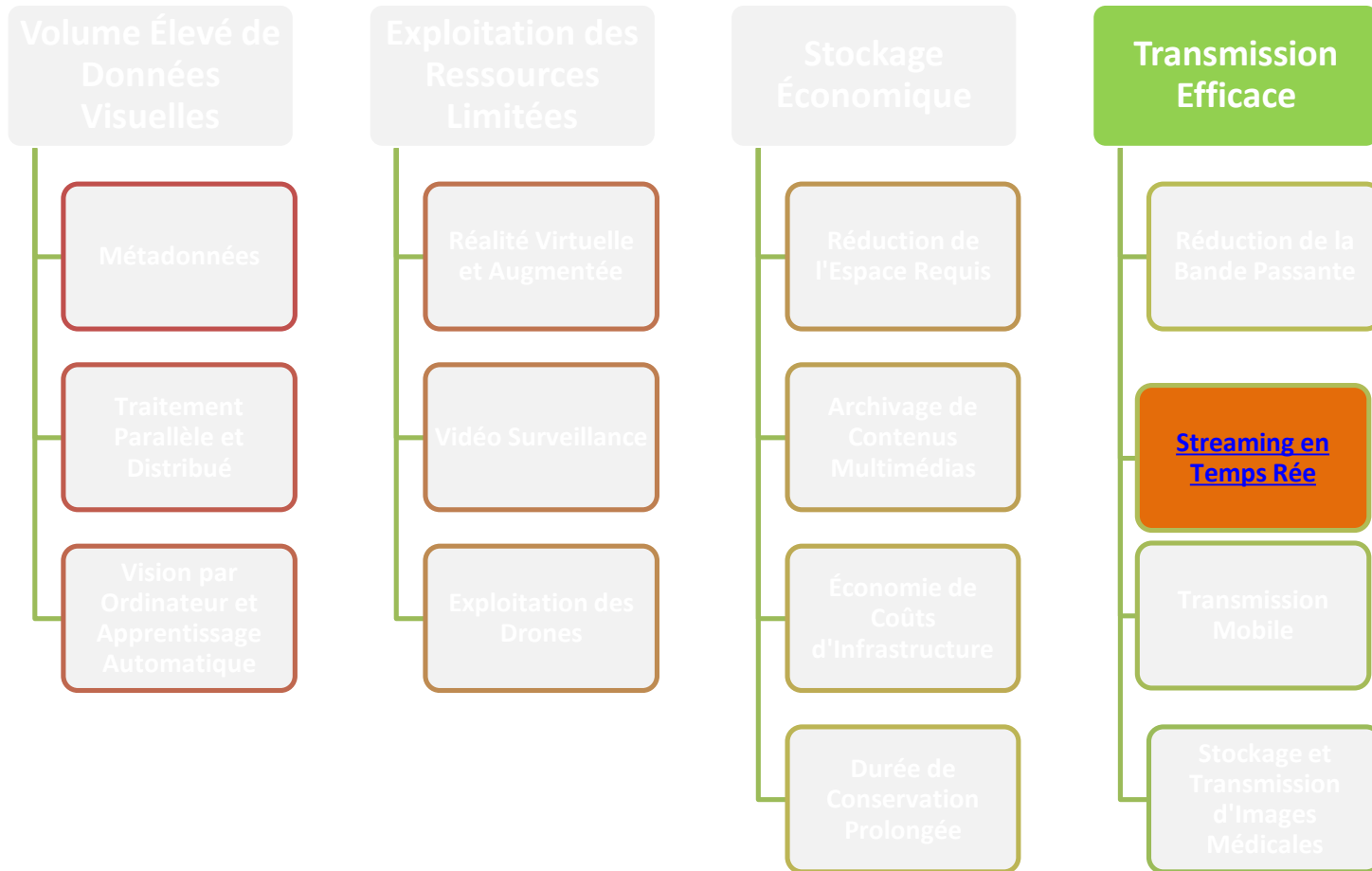
Transmission
Efficace

Réduction de la
Bande Passante

En réduisant la bande passante nécessaire, la compression permet la transmission de contenus visuels de haute qualité même sur des connexions Internet à faible débit.

La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles



La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

Transmission
Efficace

Streaming en
Temps Réel

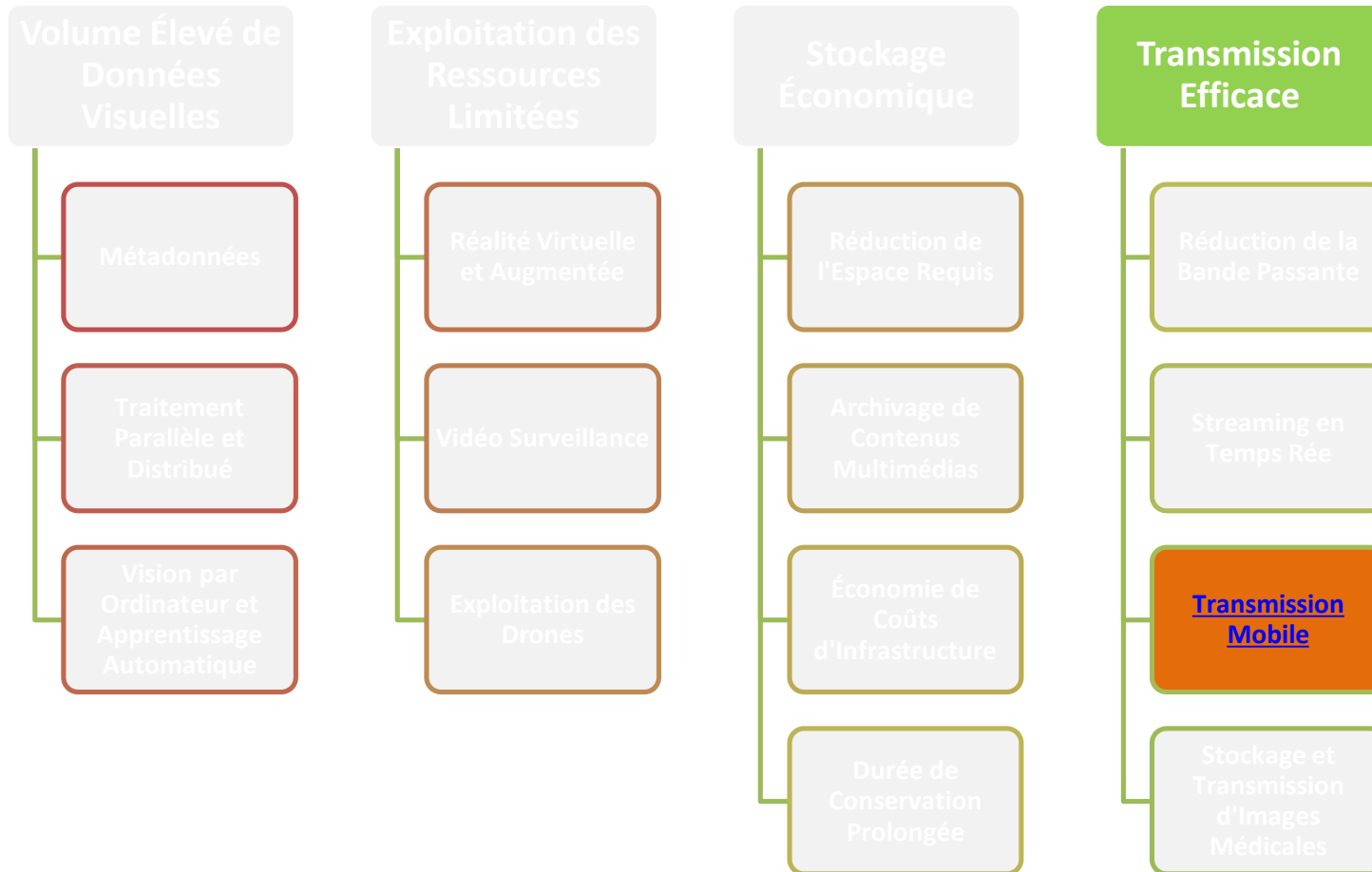
La transmission efficace est cruciale dans les applications de streaming en direct, comme la diffusion en continu de vidéos en temps réel.

La compression permet aux plates-formes de streaming de fournir des vidéos de qualité à un public en direct, même lorsque la bande passante est limitée.

Cela garantit que les utilisateurs peuvent regarder des vidéos sans interruption ni mise en mémoire tampon.

La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles



La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

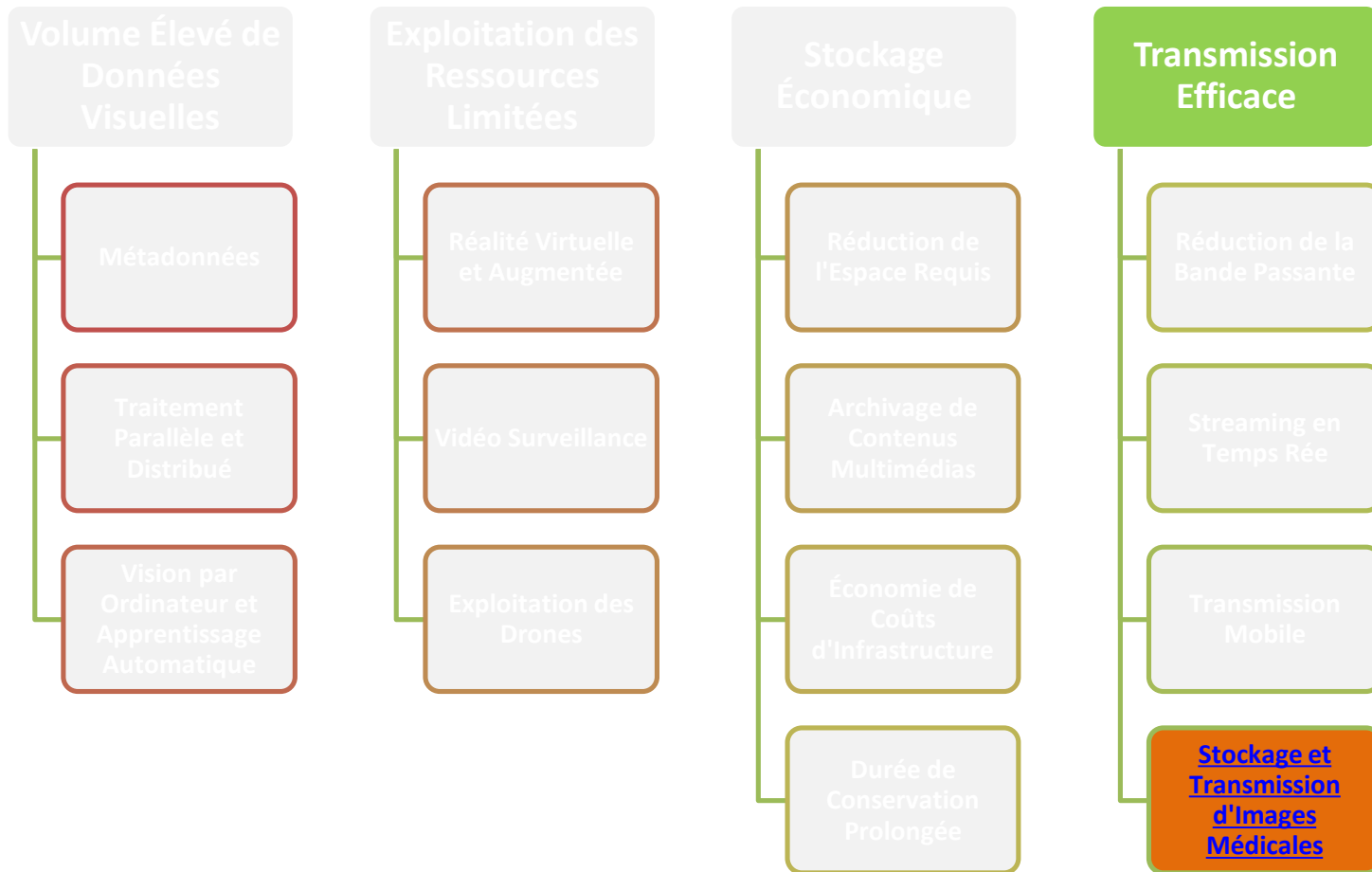
Transmission
Efficace

Transmission
Mobile

Optimisation de la transmission d'images et de vidéos sur des réseaux mobiles, que ce soit pour le visionnement de vidéos en déplacement, la téléphonie vidéo ou la transmission de données médicales

La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles



La compression

L'Importance de la Compression dans la Gestion des Données Visuelles

Transmission
Efficace

Stockage et
Transmission
d'Images
Médicales

La réduction de la taille des images médicales (telles que les radiographies) afin de faciliter leur stockage et leur transmission entre les professionnels de la santé, même dans des régions éloignées.

La compression

Evaluation de la compression

1. Quotient de Compression Q

$Q = \text{Taille des données originales} / \text{taille des données compressées.}$

le Taux de compression T

$T = 1 / \text{Quotient de compression}$

Gain de compression G

$G = 1 - T = (\text{Taille Initiale} - \text{Taille Finale}) / \text{Taille Initiale}$

La compression

Evaluation de la compression

2. Taux de Bits Par Pixel (Bits Per Pixel, bpp) :

La formule pour le taux de BPP est la suivante :

$$\text{BPP} = (\text{Nombre de Bits dans l'Image Compressée}) / (\text{Nombre de Pixels dans l'Image d'origine})$$

3. PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) :

La formule du PSNR est composée de deux parties. Tout d'abord, calculez

la Mean Squared Error (MSE) :

$$\text{MSE} = (1 / \text{Nombre de Pixels}) * \sum_{i=1}^n (I(i) - K(i))^2$$

Sachant que :

La compression

Evaluation de la compression

n :résolution totale,.

I(i) : C'est la valeur du pixel à la position "i" dans l'image originale (I).

K(i) : C'est la valeur du pixel à la position "i" dans l'image reconstruite ou comprimée (K).

Ensuite, utilisez la MSE pour calculer

le PSNR en décibels (dB) :

$$\text{PSNR (dB)} = 10 * \log_{10}(\text{Valeur Maximale des Pixels}^2 / \text{MSE})$$

La compression

Evaluation de la compression

4. SSIM (Structural Similarity Index Mean) :

La formule du SSIM est assez complexe et comprend plusieurs paramètres, notamment les moyennes, les écarts types, la covariance et les constantes C1 et C2. Voici la formule complète :

$$\text{SSIM} = ((2 * \mu_I * \mu_K + C1) * (2 * \sigma_{IK} + C2)) / ((\mu_I^2 + \mu_K^2 + C1) * (\sigma_I^2 + \sigma_K^2 + C2))$$

I : Image originale.

K : Image reconstruite ou modifiée.

μ_I : Moyenne des valeurs des pixels dans l'image originale *I*.

μ_K : Moyenne des valeurs des pixels dans l'image reconstruite *K*.

σ_I : Écart type des valeurs des pixels dans l'image originale *I*.

σ_K : Écart type des valeurs des pixels dans l'image reconstruite *K*.

σ_{IK} : Covariance entre les pixels de *I* et de *K*.

C1 et *C2* : Deux constantes pour stabiliser le calcul et éviter la division par zéro.

La compression

Evaluation de la compression

5. BSSIM (Blind Structural Similarity Index) :

La formule du BSSIM est également complexe et utilise des caractéristiques de l'image. Elle ne peut être exprimée simplement ici, mais elle est basée sur des calculs perceptuels complexes.

$$BSSIM(I)=f(\text{Luminance}(I),\text{Contrast}(I),\text{Structure}(I),\text{Texture}(I),\dots)$$

La compression

Evaluation de la compression

Autres critères de qualité possibles :

- Vitesse de compression / décompression
- Accessibilité de l'algorithme : sous licence ou libre
- Assurance de la Qualité et la Robustesse
- Diminuer la complexité et le débit.

La compression d'image

Méthodes de compression sans perte

1. RLE (Run-Length Encoding)

La compression RLE (Run-Length Encoding) est une technique de compression simple qui trouve des applications dans la compression d'images et de données où des séquences de caractères identiques se répètent.

L'idée de base derrière RLE est de représenter ces séquences répétées par un code unique plutôt que de stocker chaque occurrence séparément.

La compression d'image

Méthodes de compression sans perte

Principe de base de la compression RLE

L'algorithme RLE traite les données en parcourant la séquence d'entrée caractère par caractère. Il identifie les séquences consécutives de caractères identiques et les remplace par une paire (longueur, caractère). La longueur indique le nombre de répétitions du caractère.

La compression d'image

Méthodes de compression sans perte

Principe de base de la compression RLE

Étape 1 : Compression

- 1. Initialisation** : Commencez par initialiser un compteur de longueur à 1 et un caractère courant avec le premier caractère de la séquence.
- 2. Parcours des caractères** : Parcourez la séquence de caractères un par un. Pour chaque caractère rencontré :
 1. Si le caractère est égal au caractère courant, augmentez le compteur de longueur de 1.
 2. Si le caractère est différent du caractère courant, émettez la paire (longueur, caractère courant) dans la séquence compressée. Réinitialisez le compteur de longueur à 1 et mettez à jour le caractère courant.
- 3. Fin de la séquence** : Lorsque vous avez parcouru toute la séquence, émettez la dernière paire (longueur, caractère courant) dans la séquence compressée.

La compression d'image

Méthodes de compression sans perte

La décompression RLE

Étape 2 : Décompression

Pour décompresser les données RLE, parcourez la séquence compressée en lisant les paires (longueur, caractère) et reproduisez chaque caractère le nombre de fois spécifié par la longueur.

La compression d'image

Méthodes de compression sans perte

Exemple de compression RLE

Supposons que nous ayons la séquence d'entrée suivante :

"AAABBBCCCD D D D D D D D D D"

1.Initialisation : Commencez avec le compteur de longueur à 1 et le caractère courant à "A".

2.Parcours des caractères : Parcourez la séquence caractère par caractère.

1. Première étape : "A" est identique au caractère courant, augmentez le compteur de longueur à 2 (1+1).
2. Deuxième étape : "A" est identique au caractère courant, augmentez le compteur de longueur à 3 (2+1).
3. Troisième étape : "B" est différent du caractère courant, émettez la paire (3, "A") et réinitialisez le compteur de longueur à 1 avec le caractère courant "B".

3.Le processus se poursuit de la même manière jusqu'à la fin de la séquence.

4.Fin de la séquence : Lorsque vous atteignez la fin de la séquence, émettez la dernière paire (8, "D").

La sortie compressée serait donc : "3A3B3C8D".

La compression d'image

Méthodes de compression sans perte

1. Evaluation de RLE

Q	T	G
$17/8=2.12$	$1/2.12=0.47$	$1-0.47=0.53$

La compression d'image

Méthodes de compression sans perte

2. Huffman

- L'algorithme parcourt les données d'un fichier et examine chaque octet ainsi que le nombre de fois où ce dernier apparaît. Ensuite, l'algorithme construit un arbre (ou graphe).
- La construction de l'arbre s'effectue en commençant par ses feuilles jusqu'à sa racine. Pour ce faire, les octets sont classés par ordre décroissant de fréquence d'apparition. Chaque fréquence d'apparition correspond donc à un octet et constitue les feuilles de l'arbre.
- Elles sont alors liées deux par deux pour former les noeuds du graphe jusqu'à ce qu'il n'y ait plus qu'un seul noeud, soit la racine.
- Les noeuds sont ainsi formés par la somme de chaque fréquence d'apparition de ses deux feuilles ou de ses deux noeuds-descendants directs. Puis, les branches de l'arbre

La compression d'image

Méthodes de compression sans perte

2. Huffman

- C'est à dire les liens qui unissent les noeuds se voient attribuer soit le chiffre 1, soit le chiffre 0 selon ce principe :
- Le lien qui unit le noeud signifiant la fréquence la plus élevée avec son noeud-ascendant se voit attribuer le chiffre 1, les autres le chiffre 0 en cas d'égalité (par convention) on met le 0 à gauche et le 1 à droite .
- En fin de compte, les octets compressés sont codés par les chiffres attribués aux liens, qui sont alignés en remontant depuis le noeud-racine jusqu'aux feuilles terminales.

La compression d'image

Méthodes de compression sans perte

2. Huffman

L'algorithme de compression **Huffman** est un algorithme de compression sans perte populaire et efficace. Il repose sur la création d'un arbre binaire qui permet de représenter les caractères les plus fréquents par des codes plus courts et les caractères moins fréquents par des codes plus longs.

La compression d'image

Méthodes de compression sans perte

2. Huffman

Étape 1 : Création de l'arbre de Huffman

1. Création d'une file de priorité (ou une file d'attente) : Commencez par construire une file de priorité contenant tous les caractères distincts de l'ensemble de données à compresser, en fonction de leur fréquence d'apparition. Les caractères les moins fréquents auront la priorité la plus élevée.

2. Construction de l'arbre : Répétez les étapes suivantes jusqu'à ce qu'il ne reste qu'un seul nœud dans la file de priorité :

1. Prenez les deux nœuds de priorité la plus basse de la file.
2. Créez un nouveau nœud qui a ces deux nœuds comme enfants et dont la priorité est la somme de leurs priorités.
3. Ajoutez ce nouveau nœud à la file de priorité.

Lorsque l'arbre de Huffman est construit, chaque caractère correspond à un chemin unique depuis la racine de l'arbre. Les caractères les plus fréquents auront des chemins plus courts, tandis que les caractères moins fréquents auront des chemins plus longs.

La compression d'image

Méthodes de compression sans perte

2. Huffman

Étape 2 : Encodage et décodage des données

Une fois l'arbre de Huffman créé, chaque caractère est associé à un code binaire unique basé sur son chemin dans l'arbre.

L'encodage consiste à remplacer chaque caractère par son code correspondant, tandis que le décodage consiste à parcourir l'arbre pour obtenir le caractère d'origine.

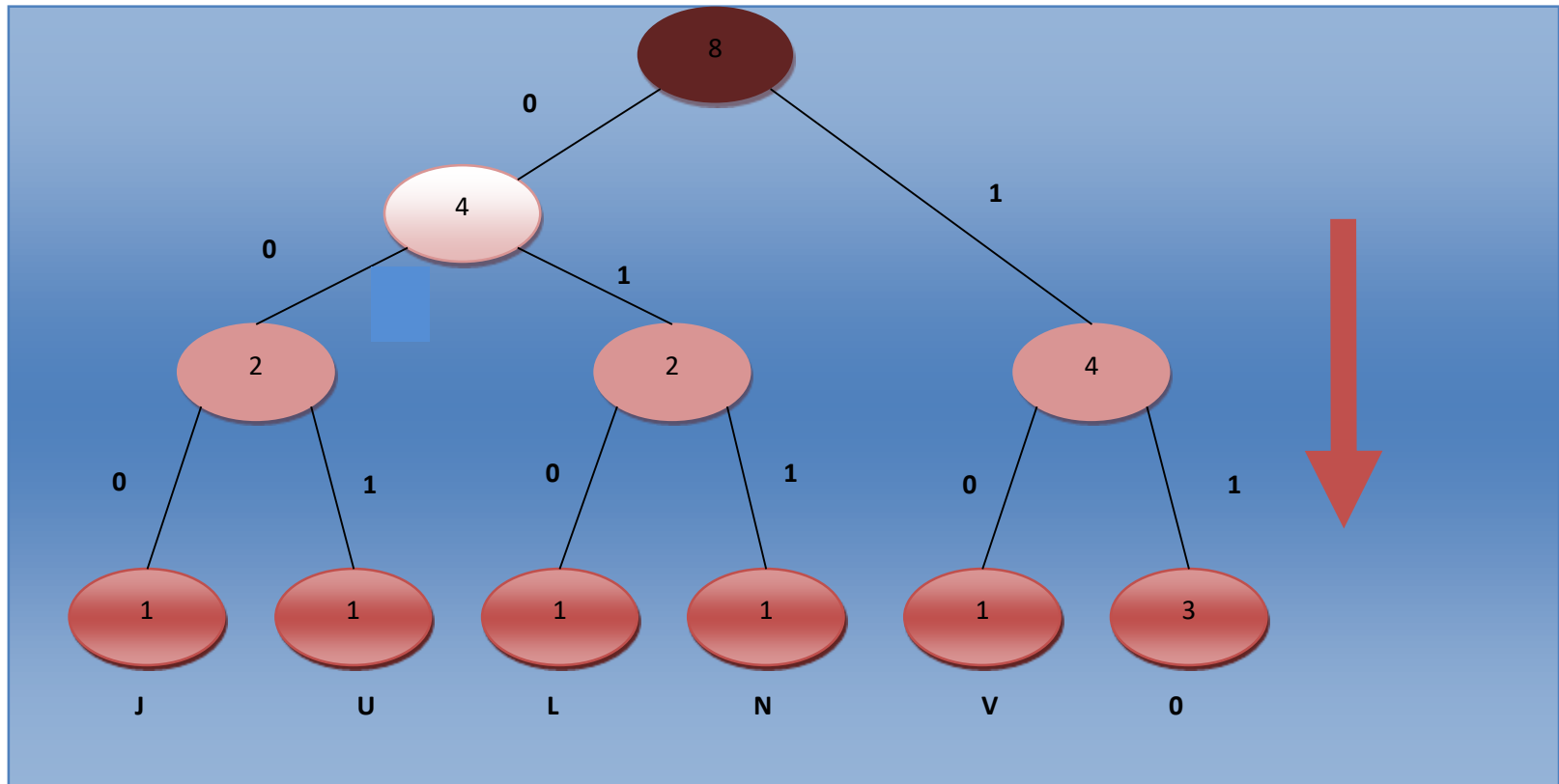
La compression d'image

Méthodes de compression sans perte

2. Huffman

Exemple explicatif

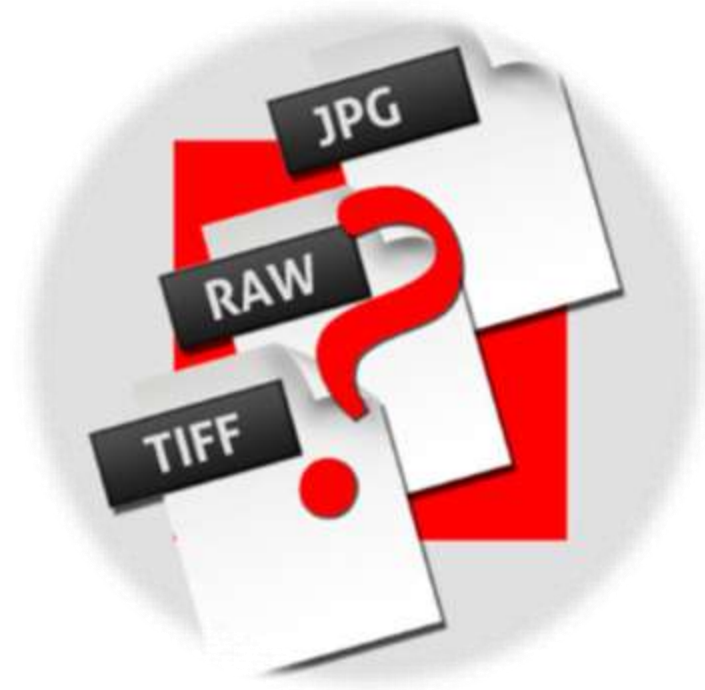
Le mot **JULONOVO** contient 1 fois les lettres J U L N V et 3 fois la lettre O



La compression d'image

Les formats de fichiers sans perte sans perte

Les formats de fichiers sans perte sont conçus pour conserver toutes les informations de l'image d'origine sans altération, ce qui les rend adaptés à des applications où la qualité de l'image est cruciale.



La compression d'image

Les formats de fichiers sans perte sans perte

1.PNG (Portable Network Graphics)

Le format PNG est largement utilisé pour la compression sans perte d'images. Il prend en charge la transparence, la compression sans perte, et la gestion des couleurs. Il est particulièrement adapté pour les images contenant du texte, des graphiques et des images avec des zones transparentes.

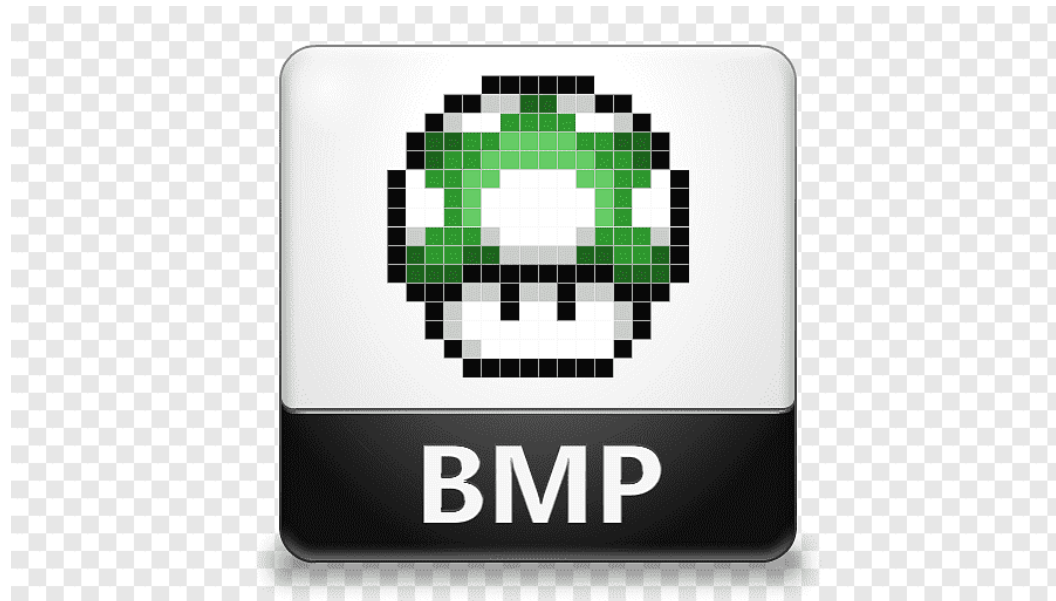


La compression d'image

Les formats de fichiers sans perte sans perte

2. BMP (Bitmap) :

est l'un des formats d'images sans perte les plus simples. Il stocke les données d'image pixel par pixel, ce qui garantit une qualité parfaite, mais entraîne des fichiers volumineux. Les fichiers BMP sont souvent utilisés pour des tâches où la qualité prime sur la taille du fichier.

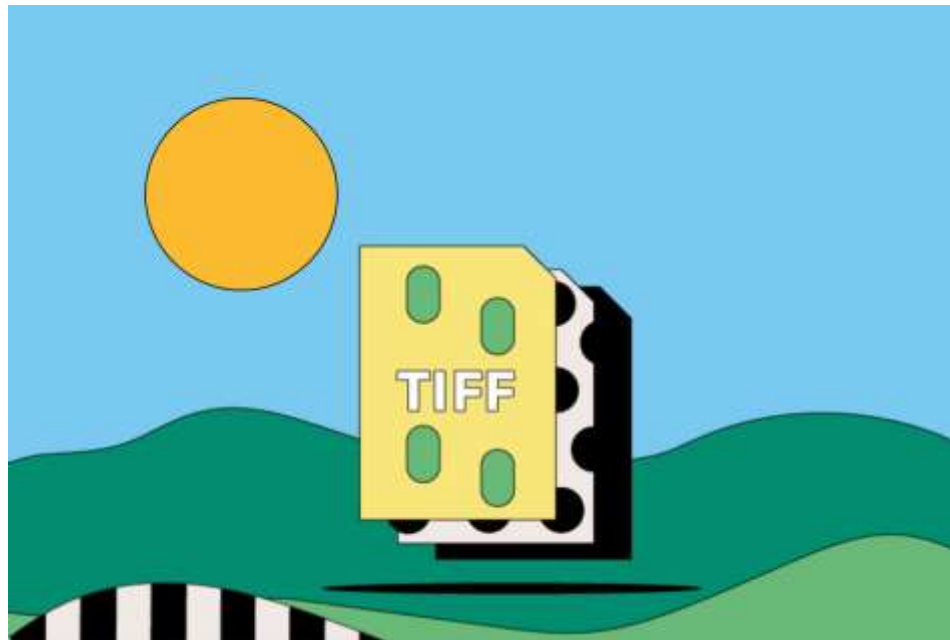


La compression d'image

Les formats de fichiers sans perte sans perte

3. TIFF (Tagged Image File Format) :

est couramment utilisé dans l'industrie de la photographie, la médecine et d'autres domaines où la précision des couleurs et la qualité de l'image sont essentielles. Il prend en charge la compression sans perte, la gestion des couches et de nombreux autres attributs.

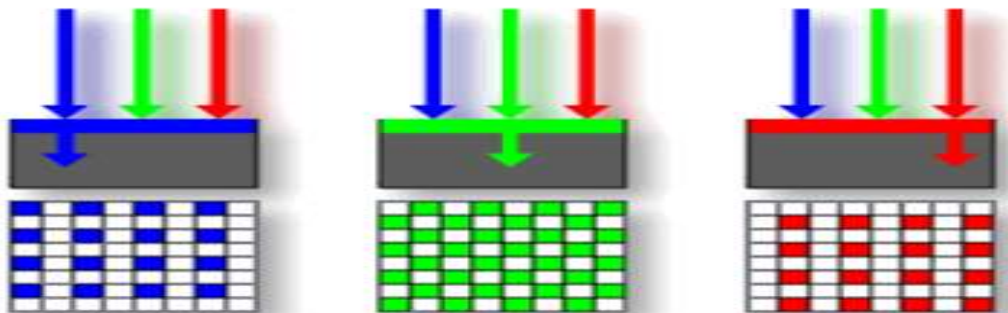
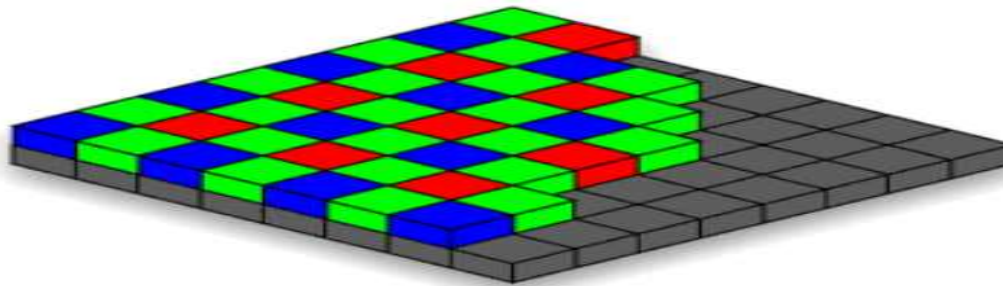


La compression d'image

Les formats de fichiers sans perte sans perte

4.RAW (Formats de fichiers bruts) :

sont utilisés dans la photographie numérique pour stocker des données brutes non traitées directement à partir du capteur de l'appareil photo. Ils offrent une qualité sans perte et la possibilité de post-traiter l'image sans perte de données. Cependant, les fichiers RAW peuvent être spécifiques à un fabricant et donc moins courants que les formats universels comme le PNG ou le TIFF.



La compression d'image

Les formats de fichiers sans perte sans perte

5. GIF (Graphics Interchange Format) :

est principalement utilisé pour les images simples, telles que les icônes, les graphiques et les animations courtes. Il utilise une palette de couleurs indexées, ce qui peut entraîner une perte de qualité pour les images avec de nombreuses couleurs, mais il offre une compression sans perte pour les images à palette réduite.



La compression d'image

Avantages et inconvénients de compression sans perte

La compression d'image sans perte est une méthode de compression qui permet de réduire la taille d'une image numérique sans perte de qualité. Elle est couramment utilisée dans des domaines où la qualité de l'image est cruciale, tels que la photographie professionnelle, la médecine, l'archivage d'images et d'autres applications où chaque détail de l'image doit être préservé. Voici quelques avantages et inconvénients de la compression d'image sans perte :



La compression d'image

Avantages de la compression sans perte

- 1. Qualité préservée :** La compression d'image sans perte ne compromet pas la qualité de l'image. Chaque pixel de l'image originale est préservé dans l'image compressée.
- 2. Réversibilité :** Vous pouvez restaurer l'image compressée à son état d'origine sans perte d'information. Cela la rend idéale pour les archives et la retouche d'images.
- 3. Précision des couleurs :** La compression sans perte préserve la précision des couleurs, ce qui est essentiel dans des domaines comme la photographie et la médecine.
- 4. Aucun effet de compression visible :** Contrairement à la compression avec perte, il n'y a pas de perte de détails visibles, tels que des artefacts de compression ou une détérioration de la netteté de l'image.

La compression d'image

Inconvénients de la compression sans perte

- 1. Taille des fichiers :** La compression sans perte ne permet généralement pas de réduire la taille des fichiers autant que la compression avec perte. Par conséquent, les fichiers restent relativement volumineux.
- 2. Limitations de réduction de taille :** La compression sans perte atteint rapidement un point de diminution des gains de taille de fichier. Pour des images déjà fortement compressées, les gains de taille sont minimes.
- 3. Moins efficace que la compression avec perte :** Dans de nombreux cas, la compression avec perte peut réduire la taille des fichiers de manière beaucoup plus significative, aux dépens de la qualité de l'image.
- 4. Non adaptée aux photographies haute résolution :** Pour les images à très haute résolution, la compression sans perte peut ne pas être pratique en raison de la taille des fichiers résultants.

La compression d'image

Méthodes de compression sans perte

2. Huffman

- ❑ La lettre O qui apparait le plus souvent reçoit un code plus court que les autres
- ❑ Les lettres sont donc codées comme suit

La lettre	Code associé
J	000
U	001
L	010
N	011
V	10
O	11

La compression d'image

Méthodes de compression avec perte

- Elle permet d'avoir de forts taux de compression tout en maintenant une qualité d'image acceptable.
- Alors que la compression sans perte divise la taille d'un fichier par 3 en moyenne, la compression avec perte va jusqu'à la diviser par 50.
- Ce résultat exige évidemment un sacrifice d'élimination d'informations figurant dans le fichier d'origine.
- Cette compression doit effectuer une analyse préalable pour connaître les informations qui pourront éventuellement être sacrifiées.

La compression d'image

Méthodes de compression avec perte

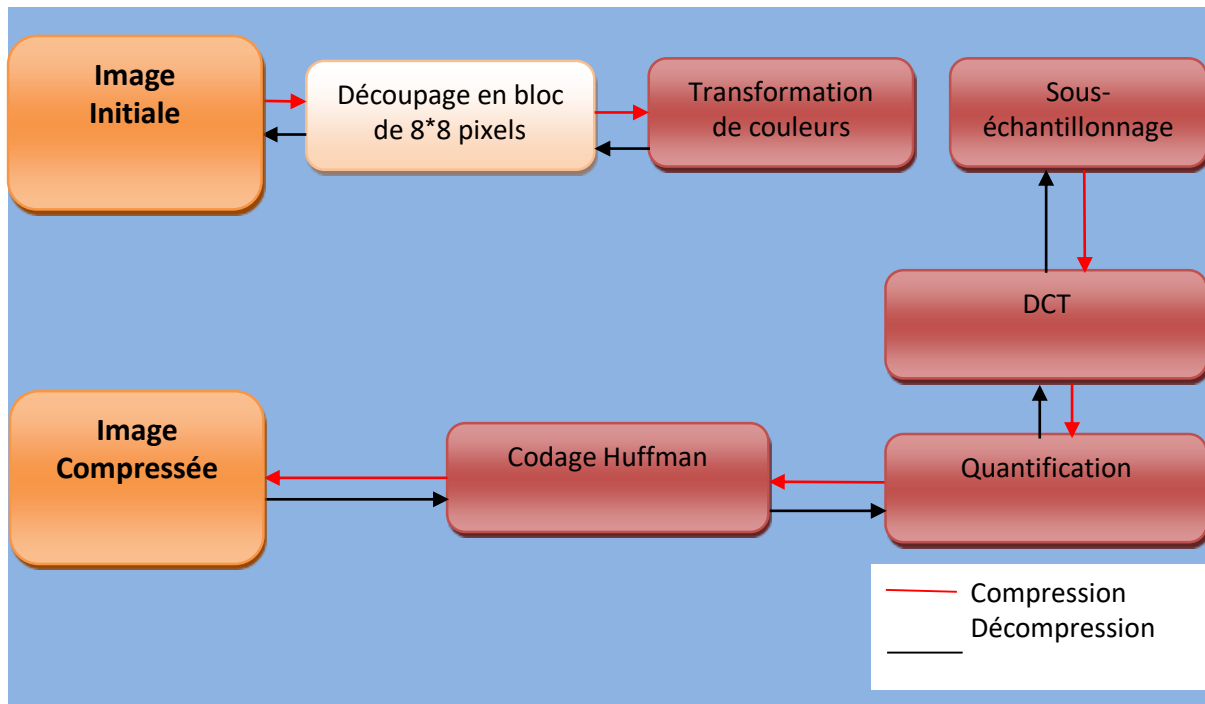
2. La technologie JPEG

- ❑ JPEG l'acronyme de *Joint Photographic Experts Group* est une méthode de compression non conservative de l'image ,elle s'appuie sur une analyse de la perception de l'oeil humain, ainsi que sur l'usage de codeurs classiques (RLE, et Huffman), ce format a l'avantage de fournir des images de bonne qualité et de petite taille, donc particulièrement utile sur Internet.
- ❑ Etant donné que l'œil est assez sensible à la luminance mais peu à la chrominance, la compression JPEG applique plusieurs transformations afin de réduire les informations sur la chrominance et ainsi réduire la taille du fichier image sans perdre une grande qualité de l'image.
- ❑ La compression JPEG standard s'appuie (en principe) sur 5 étapes:

La compression d'image

Méthodes de compression avec perte

2. La technologie JPEG



La compression d'image

Méthodes de compression avec perte

2. La technologie JPEG

Transformation de couleurs

la luminance (Y) est liée à la luminosité et à la clarté de l'image, Elle indique à quel point un pixel est clair ou sombre, sans tenir compte de sa couleur.

la chrominance (Cb, Cr) portent des informations sur la teinte et la saturation des couleurs dans l'image. Dans un espace colorimétrique tel que YCbCr, la chrominance est généralement représentée par deux composantes :

Cb :chrominance bleue et **Cr** :chrominance rouge

La compression d'image

Méthodes de compression avec perte

2. La technologie JPEG

Transformation de couleurs

Partant du plan RGB de représentation des couleurs, il est préférable de travailler dans le plan YYC_bC_r , pour atteindre le meilleur taux de compression.

Avec :

$$Y = 0,299 * R + 0,587 * G + 0,114 * B$$

$$Cb = -0,1687 * R + -0,3313 * G + 0,5 * B$$

$$Cr = 0,5 * R - 0,4187 * G - 0,0813 * B$$

La conversion inverse se fait ainsi :

$$R = Y + 1,402Cr$$

$$G = Y - 0,34414Cb - 0,71414Cr$$

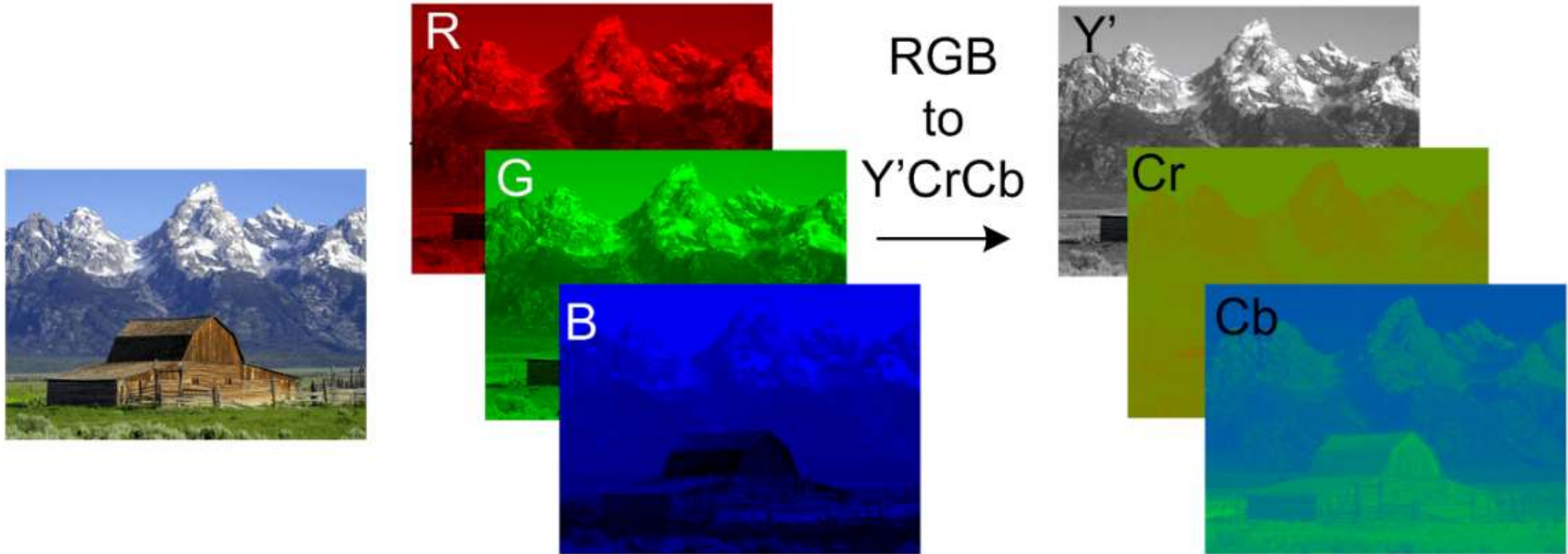
$$B = Y + 1,772Cb$$

La compression d'image

Méthodes de compression avec perte

2. La technologie JPEG

Transformation de couleurs



La compression d'image

Méthodes de compression avec perte

2. La technologie JPEG

Sous-échantillonnage

La façon la plus simple d'exploiter la faible sensibilité de l'œil aux couleurs est simplement d'utiliser moins de pixels pour les différentes chrominances de base. Par exemple, au lieu d'utiliser une information de chrominance par pixel, on peut utiliser une information de chrominance pour deux pixels ce qui n'a presque pas d'effet dans la perception de qualité de l'image.

Un gain équivalent ne serait pas possible avec un système comme RGB car en RGB chaque couleur de base transporte une information de luminance et donc une perte de résolution serait directement visible.

La compression d'image

Méthodes de compression avec perte

2. La technologie JPEG

Sous-échantillonnage

Le standard JPEG offre plusieurs façons pour sous-échantillonner une chrominance. La luminance est tout le temps laissée au maximum (1:1).

les deux chrominances de base sont sous-échantillonnées 2:1 horizontalement et soit 1:1 ou 2:1 verticalement; ce qui signifie qu'une information de chrominance couvre la même surface qu'un bloc de 2x1 ou 2x2 informations de luminance.

JPEG fait allusion à ces méthodes sous le nom de sous-échantillonnage 2h1v et 2h2v.

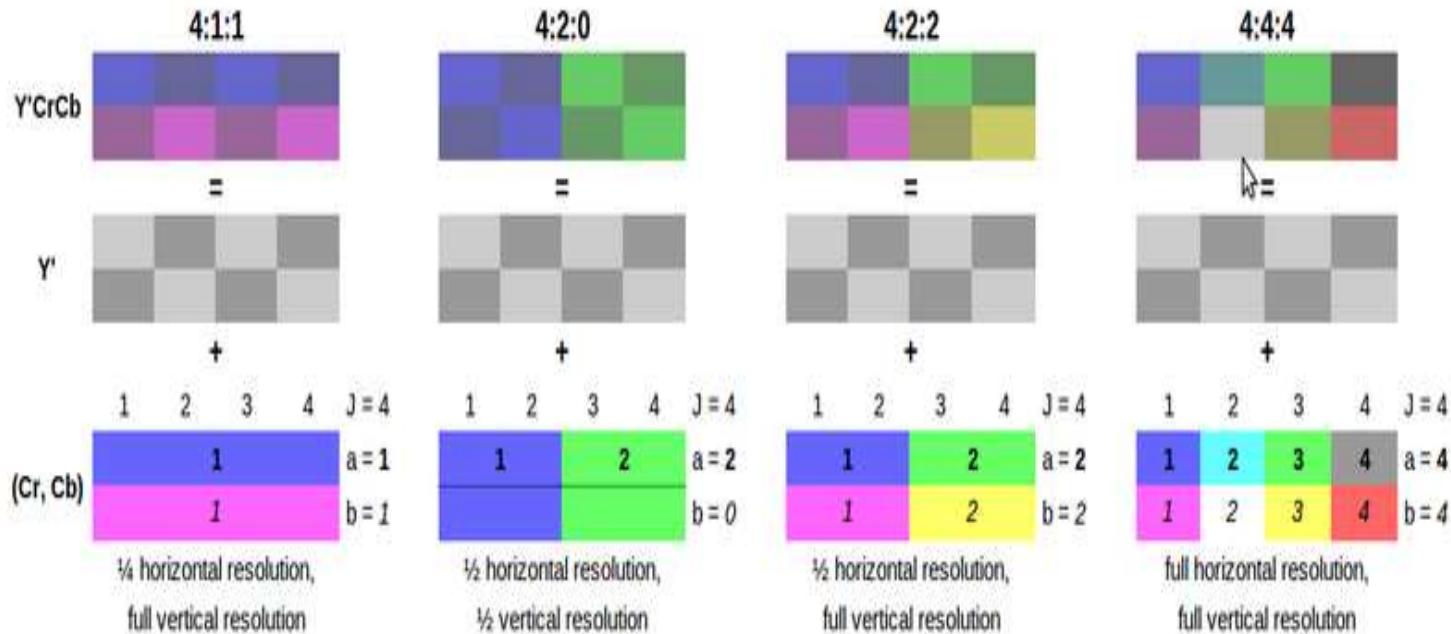
Une autre notation couramment utilisée est l'échantillonnage 4:2:2 pour 2h1v (très utilisé en TV) et 4:2:0 pour 2h2v.

La compression d'image

Méthodes de compression avec perte

2. La technologie JPEG

Sous-échantillonnage



La compression d'image

Méthodes de compression avec perte

2. La technologie JPEG

DCT

- ❑ **Transformée en Cosinus Discrète (DCT)** s'effectue sur des blocs de 8 pixels de l'image. Si les dimensions ne sont pas multiples de 8, les bords de l'image sont répétés autant de fois que nécessaire.
- ❑ Chaque sous-bloc en 8x8 est transformé en une autre matrice par la DCT
- ❑ Le calcul d'une DCT permet de séparer les basses fréquences et les hautes fréquences présentes dans l'image pour ne garder que les basses fréquences

$$DCT(i, j) = \frac{1}{\sqrt{2N}} C(i)C(j) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} pixel(x, y) \cos\left(\frac{(2x+1)i\pi}{2N}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)j\pi}{2N}\right)$$

Avec N c'est la taille du bloc et:

$$C(x) = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ si } x = 0$$

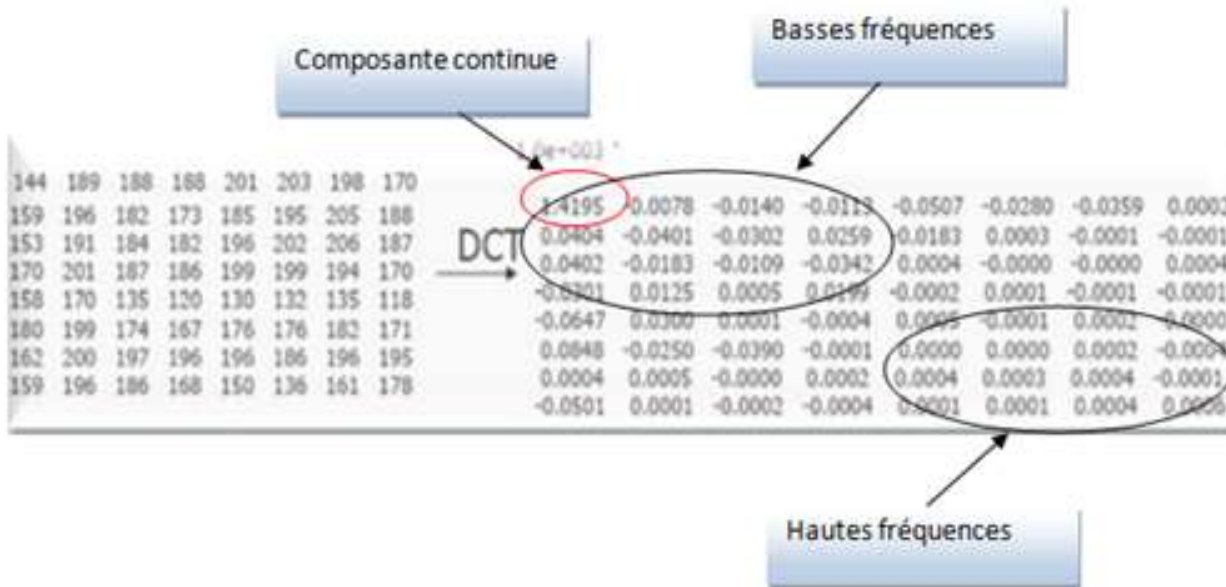
$$C(x) = 1 \text{ si } x > 0$$

La compression d'image

Méthodes de compression avec perte

2. La technologie JPEG

DCT



La compression d'image

Méthodes de compression avec perte

2. La technologie JPEG

Quantification

L'œil humain est plus sensible aux basses fréquences. C'est la principale opération destructive dans JPEG aussi la majeure partie de la perte d'information de la méthode.

Cela permet de diminuer la taille du fichier image en supprimant les hautes fréquences. Puisque les informations de basses fréquences sont plus pertinentes que les informations de hautes fréquences.

La perte de précision va donc être de plus en plus grande lorsqu'on s'éloigne de la position (0,0). Pour cela on utilise une matrice de quantification contenant des entiers par lesquels seront divisées les valeurs de la matrice DCT.

Ces entiers seront de plus en plus grands lorsqu'on s'éloigne de la position (0,0). Elle filtre les hautes fréquences.

La compression d'image

Méthodes de compression avec perte

2. La technologie JPEG

Quantification

Une caractéristique remarquable et très utile pour le processus JPEG est qu'à cette étape on peut varier les taux et la qualité de compression par la sélection de différentes matrices de quantification.

La valeur d'un élément de la matrice DCT quantifiée sera égale à l'arrondi, à l'entier le plus proche, du quotient de la valeur correspondante de la matrice DCT par la valeur correspondante de la matrice de quantification. On obtient une matrice quantifiée dans laquelle beaucoup de coefficients sont nuls.

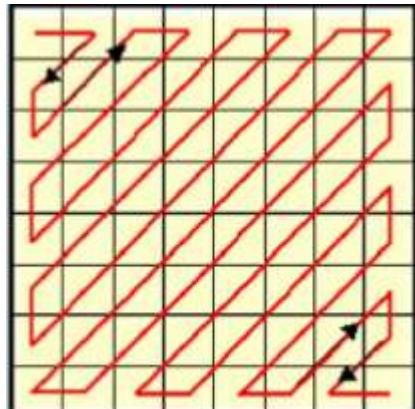
La lecture des éléments de la matrice DCT se fait en zigzag : on ne garde que la composante continue et quelques basses, voire moyennes fréquences.

La compression d'image

Méthodes de compression avec perte

2. La technologie JPEG

Quantification


$$\begin{bmatrix} 145 & -84 & 34 & -69 & 4 & -66 & -35 & 72 \\ -45 & -28 & 28 & 19 & 10 & -54 & 5 & 15 \\ 0 & -2 & -8 & -15 & -9 & 0 & 30 & -41 \\ 9 & -14 & 15 & -11 & 5 & 8 & -12 & -32 \\ 1 & 1 & 3 & -11 & 7 & -23 & -4 & 0 \\ 18 & 4 & -17 & -10 & 4 & -10 & 7 & -10 \\ -5 & 1 & -7 & -20 & 1 & -1 & -3 & 5 \\ 3 & 1 & 1 & 9 & 2 & 7 & 2 & -2 \end{bmatrix}$$

Matrice DCT

$$\begin{bmatrix} 6 & 11 & 16 & 21 & 26 & 31 & 36 & 41 \\ 11 & 16 & 21 & 26 & 31 & 36 & 41 & 46 \\ 16 & 21 & 26 & 31 & 36 & 41 & 46 & 51 \\ 21 & 26 & 31 & 36 & 41 & 46 & 51 & 56 \\ 26 & 31 & 36 & 41 & 46 & 51 & 56 & 61 \\ 31 & 36 & 41 & 46 & 51 & 56 & 61 & 66 \\ 36 & 41 & 46 & 51 & 56 & 61 & 66 & 71 \\ 41 & 46 & 51 & 56 & 61 & 66 & 71 & 76 \end{bmatrix}$$

Matrice de quantification

$$\begin{bmatrix} 24 & -7 & 2 & -3 & 0 & -2 & 0 & 1 \\ -4 & -1 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Matrice quantifiée

La compression d'image

Méthodes de compression avec perte

2. La technologie JPEG

Quantification

- ❑ La matrice de quantification est définie à partir de critères psycho-visuels et du taux de compression souhaité.
- ❑ Des tests subjectifs menés prenant en compte le système visuel humain ont résulté sur la matrice standard de quantification avec un niveau de qualité 50. Elle donne une bonne compression avec une excellente qualité de l'image décompressée.

$$Q_{50} = \begin{bmatrix} 16 & 11 & 10 & 16 & 24 & 40 & 51 & 61 \\ 12 & 12 & 14 & 19 & 26 & 58 & 60 & 55 \\ 14 & 13 & 16 & 24 & 40 & 57 & 69 & 56 \\ 14 & 17 & 22 & 29 & 51 & 87 & 80 & 62 \\ 18 & 22 & 37 & 56 & 68 & 109 & 103 & 77 \\ 24 & 35 & 55 & 64 & 81 & 104 & 113 & 92 \\ 49 & 64 & 78 & 87 & 103 & 121 & 120 & 101 \\ 72 & 92 & 95 & 98 & 112 & 100 & 103 & 99 \end{bmatrix}$$

La compression d'image

Méthodes de compression avec perte

2. La technologie JPEG

Exemple :

Quantification

Appliquons le principe de la quantification sur le coefficient 51 avec coefficient de quantification = 10 :

51 (décimal) > 110011 (binaire) > 6 bits.

Arrondir $(51/10)$ = arrondir $(5,1)$ = 5 (décimal) > 101 (binaire) > 3 bits.

$5 \times 10 = 50 \sim 51$ (une petite erreur de quantification > perte d'informations).

Cet exemple montre comment la quantification réduit le nombre de bits et met en évidence la perte d'informations.

La compression d'image

Méthodes de compression avec perte

2. La technologie JPEG

Compression RLE et Huffman

Après la quantification, l'étape suivante consiste à utiliser les techniques classiques de compression sans perte. Comme les faibles amplitudes sont regroupées dans des ensembles centrés sur la valeur 0, un codage RLE est par conséquent utilisé pour les séquences formées essentiellement de 0. Les autres valeurs des ensembles sont compressées avec un codage de Huffman.

La compression d'image

Méthodes de compression avec perte

2. La technologie JPEG

La décompression

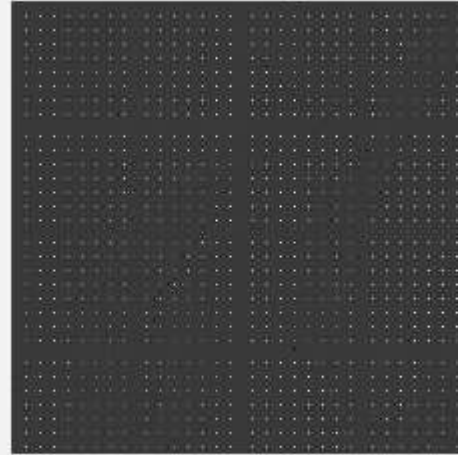
Lors de la décompression, pour chaque bloc 8x8 de pixels, on décompresse par la méthode de Huffman. Ensuite, il suffira de multiplier la valeur de la matrice DCT quantifiée par l'élément correspondant de la matrice de quantification pour obtenir une approximation de la valeur de la DCT. La matrice obtenue sera appelée matrice DCT dé-quantifiée. A la fin, on applique la DCT inverse pour retrouver une image plus ou moins dégradée par rapport à l'image initiale.

$$pixel(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2N}} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} DCT(i, j) C(i) C(j) \cos\left(\frac{(2x+1)i\pi}{2N}\right) \cos\left(\frac{(2y+1)j\pi}{2N}\right)$$

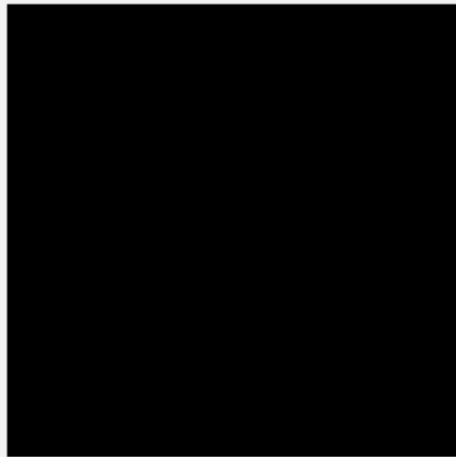
The Original Image



The DCT Image



The Quantized Image



La compression vidéo



La compression vidéo

Un flux vidéo est composé d'une succession d'images qui défilent à un rythme fixe pour donner l'illusion du mouvement (par exemple 25 par seconde dans la norme Française PAL ou 30 par seconde dans d'autres normes).

QUELS SONT LES FORMATS VIDÉO ?

Le format de fichiers est un conteneur qui peut stocker plusieurs types de données et notamment un flux vidéos ou audio.

Il stocke d'autres données et informations comme :

- Les sous-titres.
- les métadonnées du fichier.
- des informations sur le chapitre dans le cas d'un DVD



La compression vidéo

Les conteneur

Format vidéo	Créateur	Année de parution	Domaine d'application	Format conteneur ?
MP4	Moving Picture Experts Group	2003	Apple au départ, progressivement sur toutes sortes d'appareils	Oui
AVI	Microsoft	1992	Toutes les plateformes vidéo et appareils courants	Oui
MKV	Matroska	2003	Fonctionne uniquement avec certains lecteurs	Oui
MOV	Apple	1991	Utilisé principalement sur les appareils de la marque Apple	Oui
OGG	Xiph.Org Foundation	2008	Utilisé par beaucoup de plateformes vidéos et de lecteurs	Oui
VOB	DVD Forum	1997	Avant tout pour les DVD	Oui
WMV	Microsoft	2000	Utilisé pour tous les médias protégés contre la reproduction	Non

La compression vidéo

Les codecs

Le codec est l'implémentation d'une norme vidéo ou audio. Il s'agit souvent d'une norme de compression et décompression de flux vidéos et audio.

En effet codec pour code et dec pour décode.

Chaque codec a ses caractéristiques propres (taux de compression, etc).

Enfin les codecs ne sont pas compatibles avec tous les formats de fichiers.

Le tableau suivant récapitule tous les codec vidéos et audio les plus utilisés.

Codec audio	Description
Advanced Audio Coding (ACC)	Meilleur qualité que le MP3
FLAC	Codec audio sans perte qualité
OGG (Vorbis)	Codec Audio libre de la fondation Xiph.org. Meilleurs taux de compression que le MP3

La compression vidéo

Les conteneur

Donc le conteneur renferme la vidéo, l'audio et les méta-données. Le conteneur a pour but de contenir toutes ces données, et de les rendre accessibles dans un seul et même fichier. Par ailleurs, ce qu'on appelle un codec, a pour fonction d'encoder les données de la vidéo. Cela concerne avant tout le type et le taux de compression des données.

En conclusion donc, le format vidéo est un conteneur.

Il régit donc pas la structure du fichier vidéo ou audio.

Le codec lui est la manière dont la vidéo ou l'audio sont encodés dans le fichier vidéo.



La compression vidéo

Soit une vidéo de résolution 720x576 (format PAL), dont chaque pixel est codé sur 24 bits, possédant une cadence de 25 images par seconde.

Le débit brut nécessaire pour l'écriture (et la lecture) du fichier est de :

$$720 \times 576 \times 24 \times 25 = 237 \text{ Mbits/s}$$

Pour une vidéo haute définition (HDTV), de résolution 1920x1080 :

$$1920 \times 1080 \times 24 \times 25 = 1.15 \text{ Gbits/s !!!}$$

Ces débits ont longtemps dépassé et dépassent encore les débits des différents supports de stockage: le but de la compression de la vidéo numérique c'est de prendre moins d'espace de stockage et de bande passante de transmission.

La compression vidéo

Les types de compression vidéo

Une vidéo est une succession d'images à une certaine cadence. Elle peut être représentée par :

La résolution spatiale définit le nombre de lignes et de colonnes de la matrice de pixels.

La résolution temporelle est le nombre d'images par seconde.

La compression vidéo

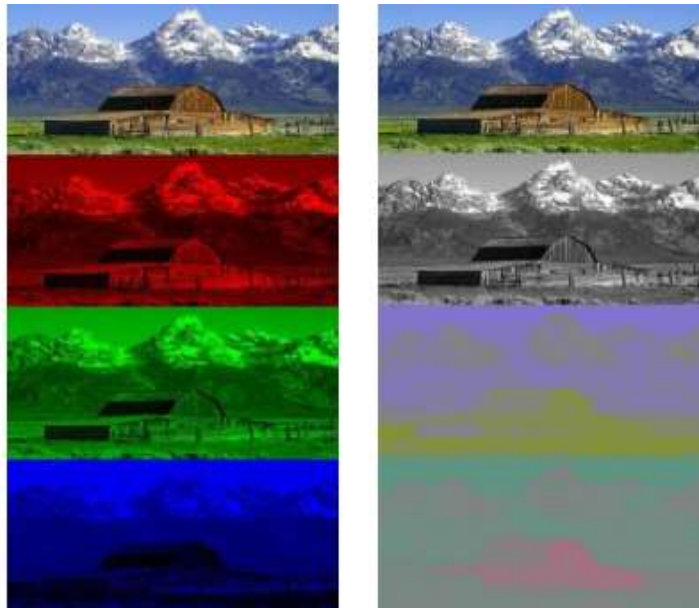
La compression spatiale

- Compression des images individuellement
- Utilisation de la norme JPEG
- Les données sont réduites en supprimant les informations redondantes ou inutiles car non remarquables par l'œil humain.
- Application pour le montage vidéo utilise les principes de la compression spatiale
- Parmi les méthodes de la compression spatiales on trouve:

La compression vidéo

La compression spatiale

Transformation des couleurs : le système de stockage colorimétrique est modifié par un système moins gourmand en taille mémoire. Par exemple, transforme le classique système RVB en un système plus proche de la représentation de l'oeil humain et sollicitant moins d'espace de stockage, le système YUV intégrant une composante de luminosité et deux valeurs de chrominance



La compression vidéo

La compression spatiale

Elimination des redondances : Dans une image, des blocs peuvent se reproduire à l'identique ou, éventuellement, avec de très légères variantes. Le premier bloc d'une série étant codé, il devient redondant de coder les autres blocs qui lui sont identiques, Il suffit d'indiquer qu'il y a répétition du premier bloc. La compression spatiale identifie les zones redondantes au sein d'une même image et ne stocke que les différences.

Bloc de référence



La compression vidéo

La compression temporelle

Compression temporelle: Elle vise à réduire la redondance temporelle entre les images successives d'une séquence vidéo.

Cela peut être accompli en supprimant les images qui ne changent que très légèrement par rapport à l'image précédente, en utilisant des techniques de prédiction de mouvement, ou en réduisant la fréquence d'images par seconde (par exemple, de 60 images par seconde à 30 images par seconde) sans sacrifier de manière significative la fluidité de la vidéo.

La compression vidéo

La compression temporelle

La norme MPEG-2 (Moving Picture Experts Group - 2) est une spécification de compression vidéo et audio développée par le groupe MPEG, un consortium de normalisation. MPEG-2 est l'une des normes les plus largement utilisées pour la compression de vidéos numériques et d'audio, et elle a joué un rôle majeur dans l'évolution de l'industrie de la télévision numérique, de la diffusion par câble, de la distribution de DVD et d'autres applications multimédias.

La compression vidéo

La compression temporelle

Principe de La norme MPEG-2

1. Les images I (images clés codées uniquement en JPEG) : est une image de référence également appelée Intra-frame. C'est une image autonome c'est-à-dire qui peut être décodée sans référence à d'autres images. La première image d'une séquence vidéo est toujours une image I.

2. Les images P (images résultant du codage des différences des images clés)

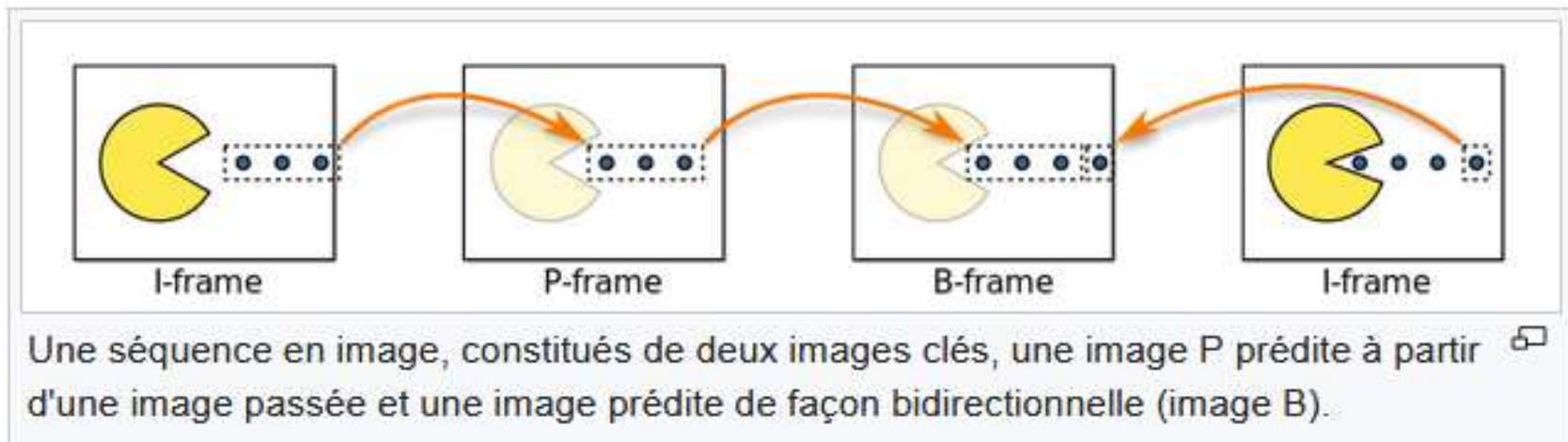
- une image Prédictive qui fait référence aux parties des images I et/ou P antérieures pour le codage de l'image.
- Une image P nécessite généralement moins de bits qu'une image I (elle ne contient que les pixels modifiée).

La compression vidéo

La compression temporelle

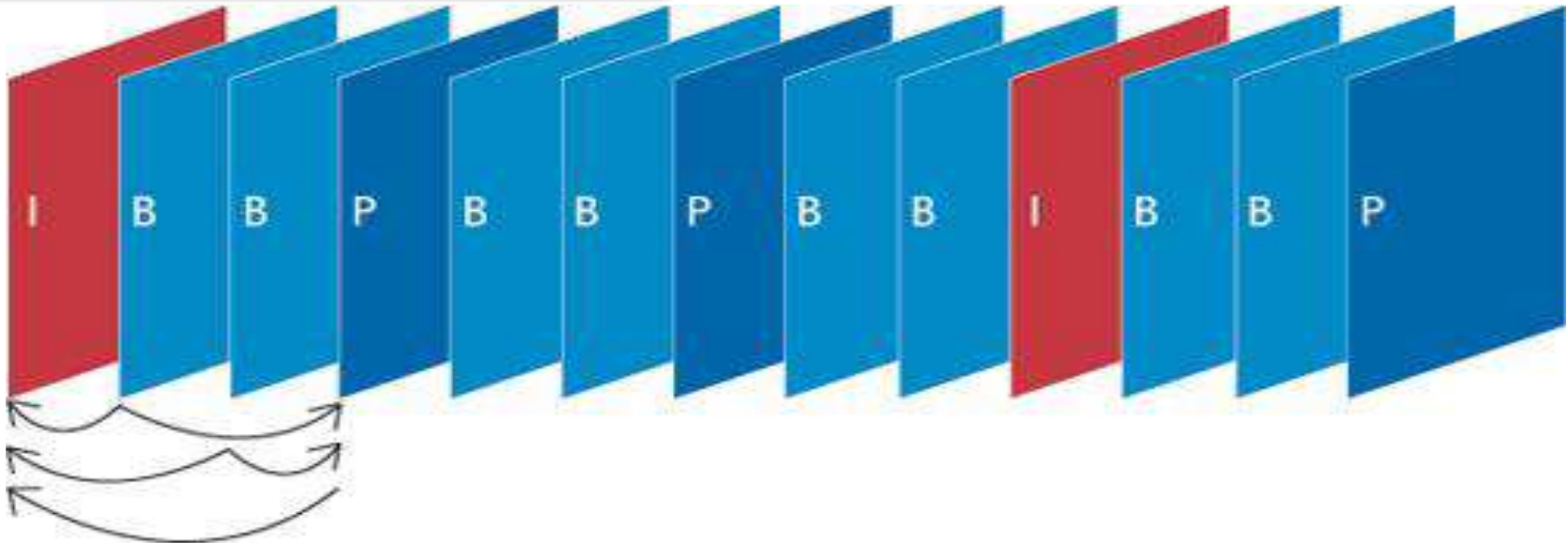
3. Les images B (images Bidirectionnelles résultant d'images I et P)

- Inter-image Bi-prédicative qui fait référence à la fois à une image antérieure et à une image future.
- Une image devant être compressée avec la méthode B est comparée à toutes les images de type I ou P précédentes ou suivantes, à la recherche de la plus ressemblante et on définit les changements et vecteurs de mouvement.



La compression vidéo

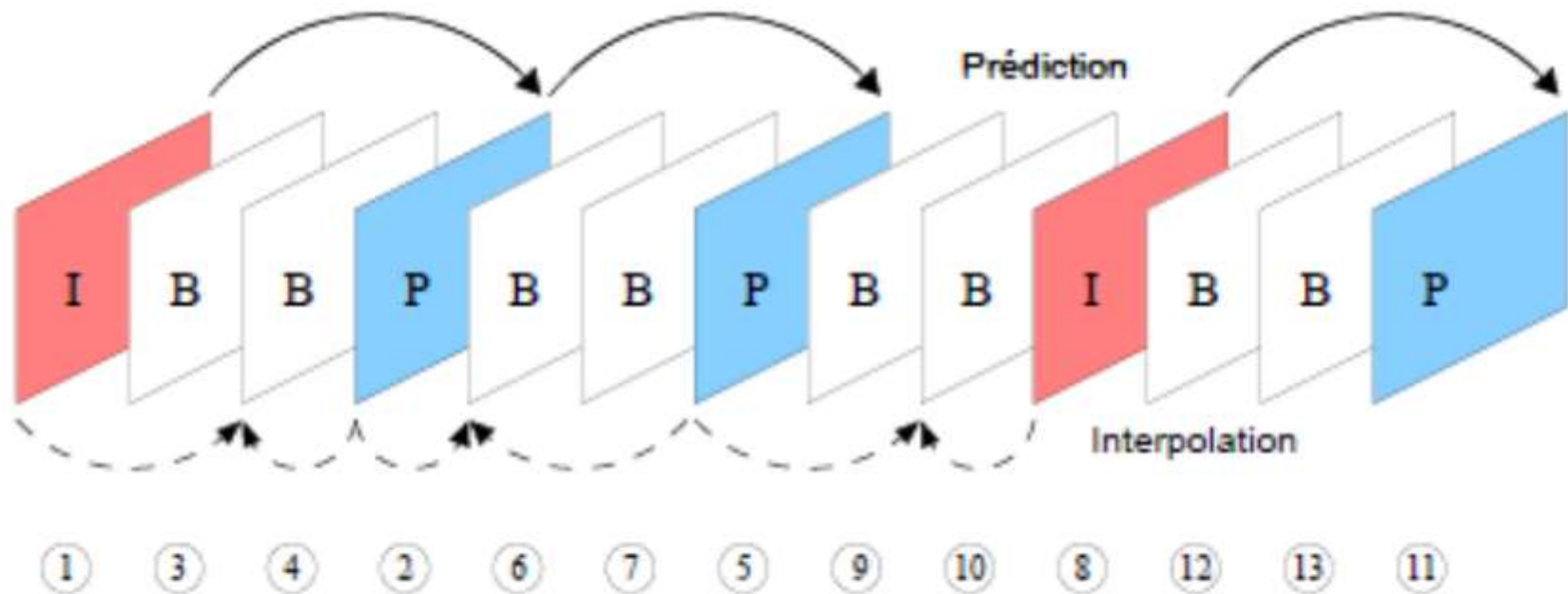
La compression temporelle



- Cette succession d'images (GOP) Group Of Pictures constitue des paquets IBBPBBP.
- La première image d'un GOP est nécessairement une image I, c'est la référence des autres et c'est la seule à être fiable et d'assez bonne qualité.
- Les autres images ne sont que des dégradations de celle-ci. Ensuite on encode les images suivantes de manière B ou P en fonction du niveau de qualité souhaité.

La compression vidéo

La compression temporelle



Ordre de codage dans le modèle IPB de la norme MPEG-1.

La compression vidéo

La compression temporelle

L'utilisateur peut arranger la séquence des différents types de trame selon le besoins de l'application. Généralement une séquence vidéo codée en utilisant seulement des trames I (I I I I . . .) sert à :

- Maximiser l'accès aléatoire(rendre une séquence vidéo plus accessible pour une lecture ou une navigation non linéaire)
- faciliter l'édition et la qualité de l'image.

Cependant, cette approche a un coût en termes de compression, car les trames I sont généralement plus volumineuses que les trames B ou P

La compression vidéo

La compression temporelle

Une séquence vidéo codée seulement avec des trames P (I P P P P P P I P P P P . . .) permet un degré moyen d'accès aléatoire.

Si on utilise les trois types de trames (I B B P B B P B B I B B P . . .) : on arrive à un grand taux de compression et un raisonnable degré d'accès aléatoire et de FF/FR,

mais on augmente beaucoup le temps de codage. Pour des applications comme la vidéotéléphonie ou la vidéoconférence ce temps peut devenir intolérable.