

Chapitre III

Résultats et simulation

[MCours.com](https://www.MCours.com)

III.1 Introduction

L'objectif de ce dernier chapitre est d'évaluer les performances de compression sans perte de deux techniques de codage de source, citées déjà dessus, dans le chapitre précédent. En utilisant trois espaces de couleurs différents afin d'effectuer une étude comparative pour trouver l'espace de couleurs le plus adapté à la compression des images. A ce propos, la démarche suivie consiste à comparer les résultats des quatre algorithmes obtenus au précédent chapitre, avec un ensemble d'image de test en termes de débits et de l'entropie.

Dans un premier lieu, nous appliquons les deux premiers algorithmes Huff et Arith, pour RGB, Y'I'Q' et O₁O₂O₃ directement sur l'image à compresser, Alors que dans le second, l'application des deux autres algorithmes Huff_TOR et Arith_TOR se fait particulièrement sur l'image transformée, par le biais d'une transformation en ondelette réversible à coefficient entier, afin d'assurer la compression sans perte.

III.2 Environnement de travail

- Edition windows: Windows 7 ÉditionIntégrale.
- Type de système: Système d'exploitation 32 bits.
- Processeur: Intel (R) Core (TM) i5-4300M CPU @ 2.60GHz 2.59GHz.
- Mémoire installée (RAM): 4.00 Go.

Expérience de travail dans Matlab R2015b.

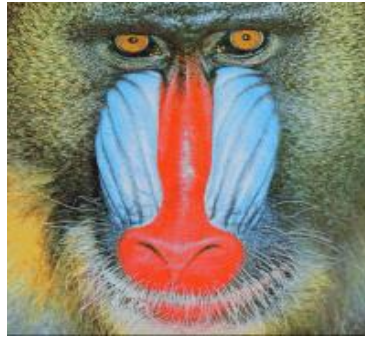
III.3 Base d'image utilisée

Le choix des images de test est un problème fondamental lors de l'évaluation des systèmes de Compression, pour notre cas on a choisi des images couleurs à trois composantes :

1. **4.1.06** (Tree) : dimension 256 x 256, taille 192Ko.
2. **4.2.03** (Mandrill) : dimension 512 x 512, taille 768Ko.
3. **4.2.05** (Airplane) : dimension 512 x 512, taille 768Ko.
4. **4.2.06** (Sailboat on lake) : dimension 512 x 512, taille 768Ko.
5. **4.2.07** (Peppers) : dimension 512 x 512, taille 768Ko.



4.1.06 (Tree)



4.2.03 (Mandrill)



4.2.05 (Airplane)



4.2.06 (Sailboat on lake)



4.2.07 (Peppers)

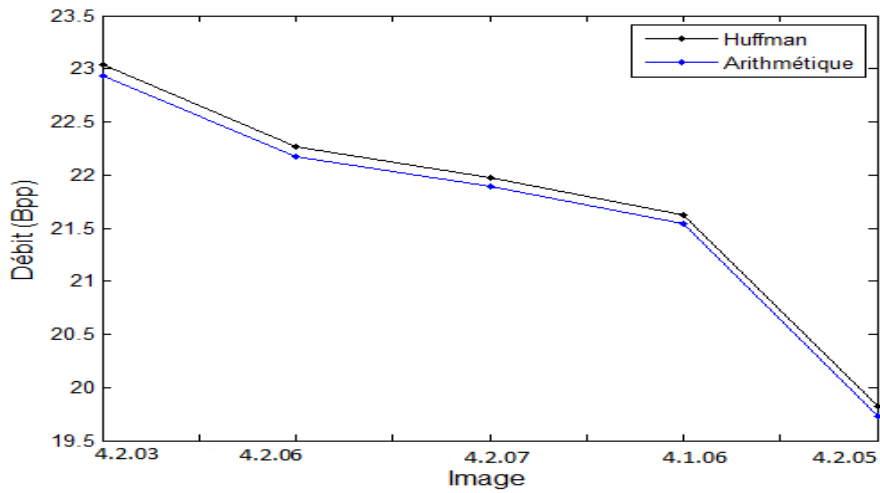
Figure III.1 : Les différentes images originales.

III.4 Comparaison des performances des deux codeurs Huffman et Arithmétique pour les espaces de couleurs (RGB, Y'I'Q', O₁O₂O₃)

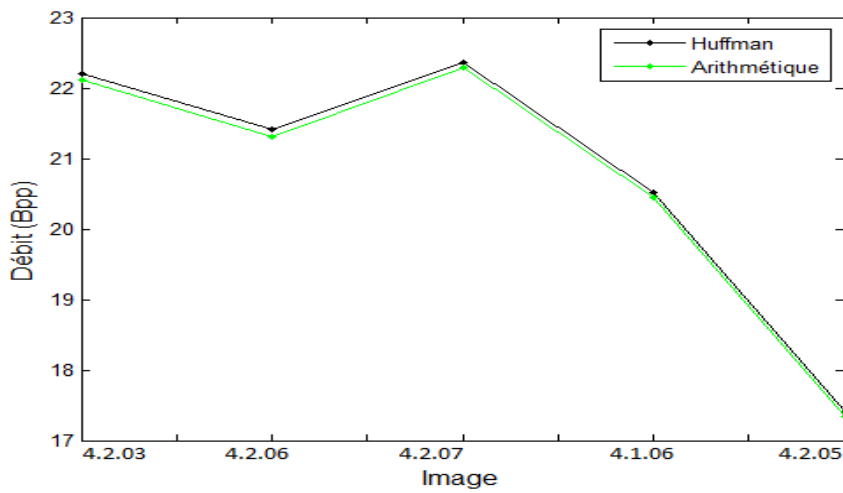
Dans le cadre d'évaluation de performances de compression sans pertes des techniques de codages décrites dans le chapitre précédant Huffman et Arithmétique en se basant sur Les méthodes de réduction de redondances qui peuvent être classées d'après leur domaine de réalisation (spatial ou transformé).

Pour évaluer les performances de notre méthode, les algorithmes ont été appliqué sur 5 images de tests (4.1.06, 4.2.03, 4.2.05,4.2.06,4.2.07) Les images que nous avons choisies sont des images standards utilisées par toute la communauté scientifique travaillant dans ce domaine. De même, ce sont des images avec des caractéristiques relativement différentes et de différentes tailles : 256 x 256 et 512 x 512 (8 Bits par pixels). Dans cette étape, nous choisissons deux autres espaces de couleurs réversible (Y'I'Q'et O₁O₂O₃) or que RGB dans le but de trouver l'espace de couleurs le plus adéquat a la compression.

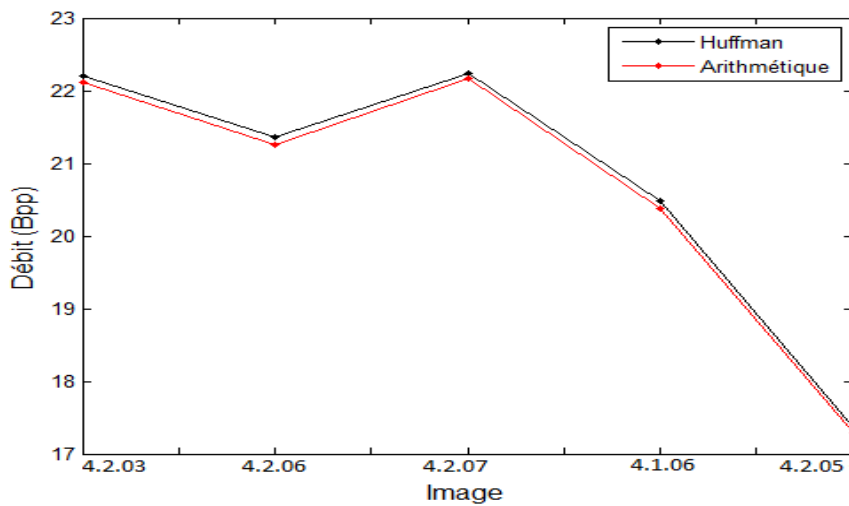
Le Tableau [III.1] ci-dessous résume les résultats obtenus à partir des algorithmes mis en œuvre et compare l'effet du changement de l'espace de couleurs dans le domaine spatial.



(a)



(b)



(c)

Figure III.2 : Evaluation de la performance de compression sans perte des codeurs Huffman et Arithmétique en utilisant les formats : (a) RGB. (b) Y'I'Q'. (c) O₁O₂O₃.

	Format RGB			Format Y'I'Q'			Format O ₁ O ₂ O ₃		
	/	Codage de Huffman	Codage Arithmétique	/	Codage de Huffman	Codage Arithmétique	/	Codage de Huffman	Codage Arithmétique
Image	Entropie	Débit	Débit	Entropie	Débit	Débit	Entropie	Débit	Débit
4.1.06	21.5448	21.6251	21.5456	20.4388	20.5261	20.4397	20.3881	20.4795	20.3889
4.2.03	22.9333	23.0374	22.9335	22.1184	22.2087	22.1186	22.1148	22.2066	22.1150
4.2.05	19.7305	19.8220	19.7307	17.3410	17.4194	17.3412	17.2859	17.3521	17.2861
4.2.06	22.1689	22.2642	22.1691	21.3008	21.4066	21.3010	21.2477	21.3529	21.2479
4.2.07	21.8934	21.9683	21.8936	22.2854	22.3525	22.2856	22.1577	22.2294	22.1579
Moyenne	21.6542	21.7434	21.6545	20.6969	20.7827	20.6972	20.6389	20.7241	20.6391

Tableau III.1 : Comparaison des performances de compression sans perte des images couleur pour les codeurs Huffman et Arithmétique

en utilisant 3 espaces couleur.

		Format					
		RGB		Y'I'Q'		O ₁ O ₂ O ₃	
		Codage de Huffman	Codage Arithmétique	Codage de Huffman	Codage Arithmétique	Codage de Huffman	Codage Arithmétique
Image	Taille de l'image originale	Taille de l'image compressée	Taille de l'image compressée	Taille de l'image compressée	Taille de l'image compressée	Taille de l'image compressée	Taille de l'image Compressée
4.1.06	1572864 Bits	1417224 Bits	1412012 Bits	1435201 Bits	1339533 Bits	1342146 Bits	1336206 Bits
4.2.03	6291456 Bits	6039113 Bits	6011890 Bits	5821878 Bits	5798253 Bits	5821330 Bits	5797318 Bits
4.2.05	6291456 Bits	5196229 Bits	5172296 Bits	456387 Bits	4545897 Bits	4548757 Bits	4531451 Bits
4.2.06	6291456 Bits	5836421 Bits	5811496 Bits	5611604 Bits	5583938 Bits	5597542 Bits	5570011 Bits
4.2.07	6291456 Bits	5758867 Bits	5739275 Bits	5859575Bits	5842027 Bits	5827292 Bits	5808569 Bits

Tableau III.2 : Les tailles des images originales et compressées par les codeurs (Huffman et Arithmétique) en utilisant 3 espaces couleur.

	Le gain entre Huffman et Arithmétique			Le gain entre Huffman+TOR et Arithmétique+TOR		
	Format			Format		
Image	RGB	Y'I'Q'	O ₁ O ₂ O ₃	RGB	Y'I'Q'	O ₁ O ₂ O ₃
4.1.06	0.0695	0.0864	0.0906	0.0937	0.0984	0.0802
4.2.03	0.1039	0.0901	0.0916	0.0757	0.0943	0.0929
4.2.05	0.0913	0.0782	0.0660	0.0676	0.0953	0.1041
4.2.06	0.0951	0.1056	0.1050	0.0807	0.0886	0.0958
4.2.07	0.0747	0.0669	0.0715	0.0738	0.0983	0.0991

Tableau III.3 : Valeur du gain pour les différentes variantes (Huff et Arith, Huff_TOR et Arith_TOR).

Les résultats reportés dans la Figure III.2 montrent clairement que le codage Arithmétique est plus performant que celui de Huffman pour les 3 espaces couleurs. Nous observons également une diminution du débit et de la taille de l'image compressée pour toutes les images couleurs. De plus, la meilleure performance est obtenue avec l'espace couleur O₁O₂O₃ comparée aux deux autres espaces couleurs RGB et Y'I'Q'. Cette dernière transformation, qui offre une performance plus proche de l'espace O₁O₂O₃, permet une compression plus efficace par rapport à l'espace RGB car l'information est moins corrélée.

Comparé au codage de Huffman, le codage Arithmétique réalise des gains évidents qui varient entre 0.07 Bpp et 0.10 Bpp pour les formats RGB et O₁O₂O₃, et entre 0.07 Bpp et 0.11 Bpp pour le format Y'I'Q' comme illustré au Tableau III.3

Le tableau III.2 résume les résultats obtenus en termes des tailles des images compressées, exprimées en bits, pour les codeurs de Huffman et Arithmétique. Il est bien clair, que les images compressées par le codeur Arithmétique occupent moins de bits. En outre, l'emploi des espaces couleurs du type Luminance/Chrominances : O₁O₂O₃ et Y'I'Q' améliore la performance de compression sans perte des images couleurs.

III.5 Comparaison entre les deux variantes (Huff et Huff_TOR)

Cette partie aborde la comparaison des performances des deux algorithmes mis en œuvre dans les deux domaines, spatial et transformé, et ce pour les mêmes espaces de couleurs.

Nous tenons, tout de même, à signaler qu'à propos de la transformée en ondelettes discrètes, et dans le but de mener une évaluation objective, la comparaison des résultats est

établie en utilisant la même ondelette (db1) et le même niveau de décomposition (6), qui reste suffisant pour l'amélioration des performances de compression. A noter que le but de cette partie est, d'une part, de montrer l'effet du domaine transformé, et d'autre part, de mettre en œuvre l'impact d'utiliser l'espace couleur réversible du type L/C sur la performance de compression sans perte en gardant le même codeur. Le Tableau III.4 ainsi que la Figure III.3 récapitulent les résultats obtenus.

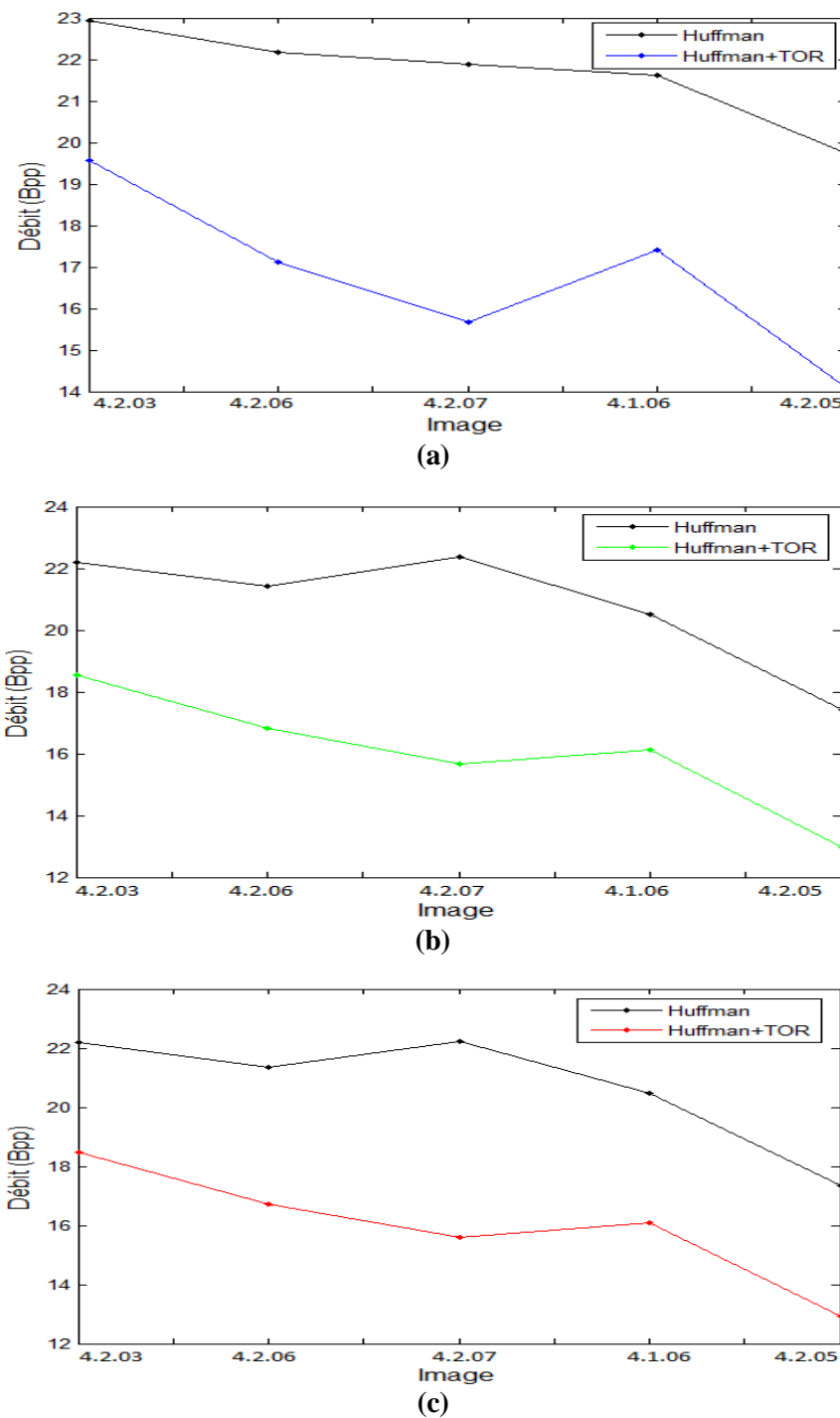


Figure III.3: Evaluation de la performance de compression sans perte des variantes (Huff et Huff_TOR) en utilisant les formats : (a) RGB. (b) Y'I'Q'. (c) O₁O₂O₃.

	Format											
	RGB				Y'I'Q'				O ₁ O ₂ O ₃			
	Codage de Huffman		Codage de Huffman +TOR		Codage de Huffman		Codage de Huffman +TOR		Codage de Huffman		Codage de Huffman +TOR	
Image	Entropie	Débit	Entropie	Débit	Entropie	Débit	Entropie	Débit	Entropie	Débit	Entropie	Débit
4.1.06	21.5448	21.6251	17.3109	17.4053	20.4388	20.5261	16.0107	16.1101	20.3881	20.4795	15.9893	16.0703
4.2.03	22.9333	23.0374	19.4777	19.5537	22.1184	22.2087	18.4422	18.5368	22.1148	22.2066	18.3934	18.4865
4.2.05	19.7305	19.8220	14.0102	14.0781	17.3410	17.4194	12.8550	12.9505	17.2859	17.3521	12.8113	12.9157
4.2.06	22.1689	22.2642	17.0388	17.1197	21.3008	21.4066	16.7269	16.8157	21.2477	21.3529	16.6337	16.7298
4.2.07	21.8934	21.9683	15.5882	15.6622	22.2854	22.3525	15.5506	15.6492	22.1577	22.2294	15.5094	15.6088
Moyenne	21.6542	21.7434	16.6852	16.7638	20.6988	20.7826	15.9171	15.9171	20.6388	20.7241	15.8674	15.9622

Tableau III.4 : Comparaison des performances de compression sans perte des images couleur pour les variantes (Huffman et Huffman+TOR) en utilisant 3 espaces couleur: RGB, Y'I'Q' et O₁O₂O₃.

	Formats					
	RGB	Y'I'Q'	O ₁ O ₂ O ₃	RGB	Y'I'Q'	O ₁ O ₂ O ₃
Image	Le gain entre Huffman et Huffman TOR			Le gain entre Arithmétique et Arithmétique TOR		
4.1.06	4.2198	4.4160	4.4092	4.2340	4.4280	4.3988
4.2.03	3.4837	3.6719	3.7201	3.4555	3.6761	3.7214
4.2.05	5.7439	4.4689	4.4364	5.7202	4.4860	4.4745
4.2.06	5.1445	4.5909	4.6231	5.1301	4.5739	4.6139
4.2.07	6.3061	6.7033	6.6206	6.3052	6.7347	6.6482

Tableau III.5 : Comparaison des gains des espaces couleur RGB Y'I'Q' O₁O₂O₃ entre les variantes (Huffman et Huffman TOR) et (Arithmétique et Arithmétique TOR)

	Spatial				Transformé			
	Codage de Huffman		Codage Arithmétique		Codage de Huffman		Codage Arithmétique	
	Les Formats				Les Formats			
Image	Le gain entre RGB Et YIQ	Le gain entre RGB et O ₁ O ₂ O ₃	Le gain entre RGB et YIQ	Le gain entre RGB et O ₁ O ₂ O ₃	Le gain entre RGB et Y'I'Q'	Le gain entre RGB et O ₁ O ₂ O ₃	Le gain entre RGB et Y'I'Q'	Le gain entre RGB et O ₁ O ₂ O ₃
4.1.06	1.0990	1.1456	1.1059	1.1567	1.2952	1.3350	1.2999	1.3215
4.2.03	0.8287	0.8308	0.8149	0.8185	1.0169	1.0672	1.0355	1.0844
4.2.05	2.4026	2.4699	2.3895	2.4446	1.1276	1.1624	1.1553	1.1989
4.2.06	0.8576	0.9113	0.8681	0.9212	0.3040	0.3899	0.3119	0.4050

Tableau III.6: Les valeurs du gain pour les deux codeurs Huffman et Arithmétique dans les différents domaines spatial et transformé.

A partir du Tableau III.4, ainsi que la figure III.3 contenant les résultats obtenus, nous pouvons en tirer l'intérêt de la transformé réversible pour la compression sans pertes d'image.

Sur la base de ces résultats affichés, nous pouvons en tirer l'intérêt de la transformée en ondelettes réversible pour la compression sans perte d'images. Nous illustrons ceci avec l'exemple de l'image 4.2.06. Pour les formats (RGB, Y'I'Q', O₁O₂O₃), les débits observés par l'emploi du codage de Huffman, dans le domaine spatial sont respectivement {22.2642, 21.4066, 21.3529} Bpp. En utilisant le domaine transformé, les valeurs du débit ont subi une baisse remarquable, prenant les nouvelles valeurs de {17.1197, 16.8157, 16.7298} Bpp, en enregistrant d'importants gains {5.1445, 4.5909, 4.6231} Bpp.

En suivant la même démarche, les mêmes résultats sont obtenus, et les mêmes remarques sont à faire, pour les autres images, à titre indicatif, pour ne prendre qu'une, pour l'image 4.2.05, les valeurs du débit obtenues pour (Huffman et Huffman_TOR) passent respectivement de {19.8220, 17.4194, 17.3521} Bpp à {14.0781, 12.9505, 12.9157} Bpp. Les gains significatifs obtenus sont respectivement {5.7439, 4.4689, 4.4364} Bpp. d'une manière générale, le gain moyen du codage de Huffman provenant de l'utilisation de la transformée en ondelettes réversible dépasse {4.97, 4.77, 4.76} Bpp, respectivement pour les trois formats (RGB, Y'I'Q', O₁O₂O₃).

A partir des résultats obtenus, nous constatons aussi que la transformée réversible couleur présente un potentiel intéressant, contribuant aussi à l'amélioration des performances de compression sans perte. En gardant le même codeur (Huffman ou Huffman +TOR dans ce cas) et en changeant juste l'espace couleur de RGB vers Y'I'Q', ou de RGB vers O₁O₂O₃, le gain s'élève à 2.4 Bpp pour l'image 4.205. En général, le gain résultant varie entre {0.83 et 2.4} Bpp pour Huffman, et entre {0.30 et 1.30} Bpp pour Huffman +TOR, dépendant en fait de l'image utilisée.

III.6 Comparaison entre les deux variantes (Arith et Arith_TOR)

La démarche à mettre en œuvre dans cette section est similaire à la section précédente à l'exception du changement du codeur. Nous utilisons le codeur Arithmétique au lieu de Huffman. Le tableau III.7 et la Figure III.4 présentent les résultats obtenus. L'observation tirée de l'examen des résultats, aide clairement à apercevoir des différences significatives, entre la méthode de codage appliquée au domaine spatial, et celle appliquée au domaine transformé, et ce, pour toutes les données de test.

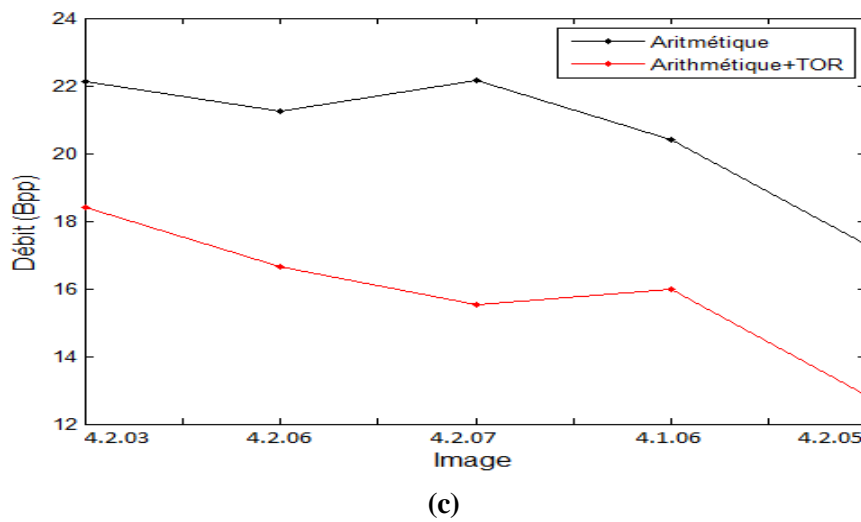
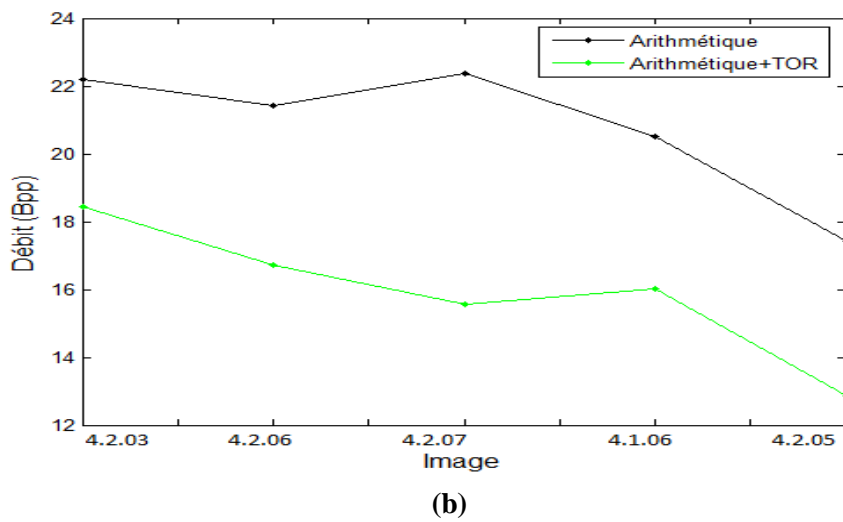
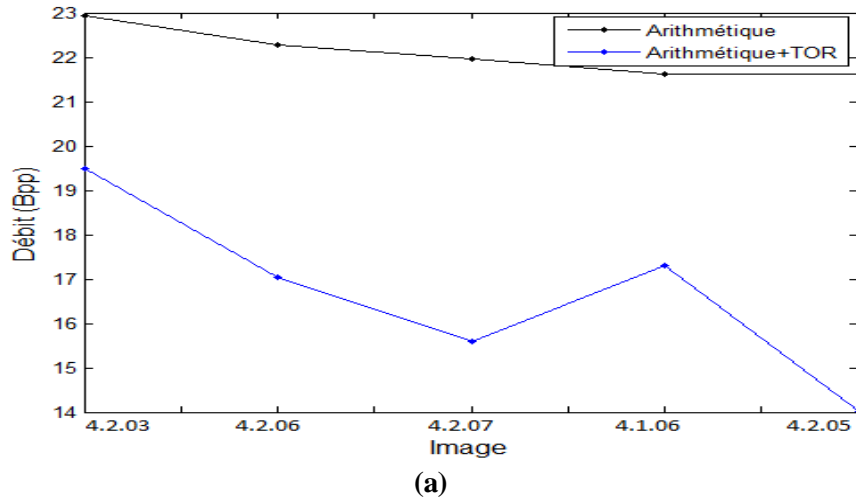


Figure III.4: Evaluation de la performance de compression sans perte des variantes (Codage Arithmétique et Codage Arithmétique+TOR) en utilisant le format (a) RGB (b) Y'I'Q'. (c) O₁O₂O

Formats												
	RGB				Y'I'Q'				O ₁ O ₂ O ₃			
	Codage Arithmétique		Codage Arithmétique+TOR		Codage Arithmétique		Codage de Arithmétique+TOR		Codage Arithmétique		Codage Arithmétique+TOR	
Image	Entropie	Débit	Entropie	Débit	Entropie	Débit	Entropie	Débit	Entropie	Débit	Entropie	Débit
4.1.06	21.5448	21.5456	17.3109	17.3116	20.4388	20.4397	16.0107	16.0117	20.3881	20.3889	15.9893	15.9901
4.2.03	22.9333	22.9335	19.4777	19.4780	22.1184	22.1186	18.4422	18.4425	22.1148	22.1150	18.3934	18.3936
4.2.05	19.7305	19.7307	14.0102	14.0105	17.3410	17.3412	12.8550	12.8552	17.2859	17.2861	12.8113	12.8116
4.2.06	22.1689	22.1691	17.0388	17.0390	21.3008	21.3010	16.7269	16.7271	21.2477	21.2479	16.6337	16.6340
4.2.07	21.8934	21.8936	15.5882	15.5884	22.2854	22.2856	15.5506	15.5509	22.1577	22.1579	15.5094	15.5097
Moyenne	21.6542	21.6545	16.6852	16.6855	20.6969	20.6972	15.9171	15.9175	20.6388	20.6392	15.8674	15.8678

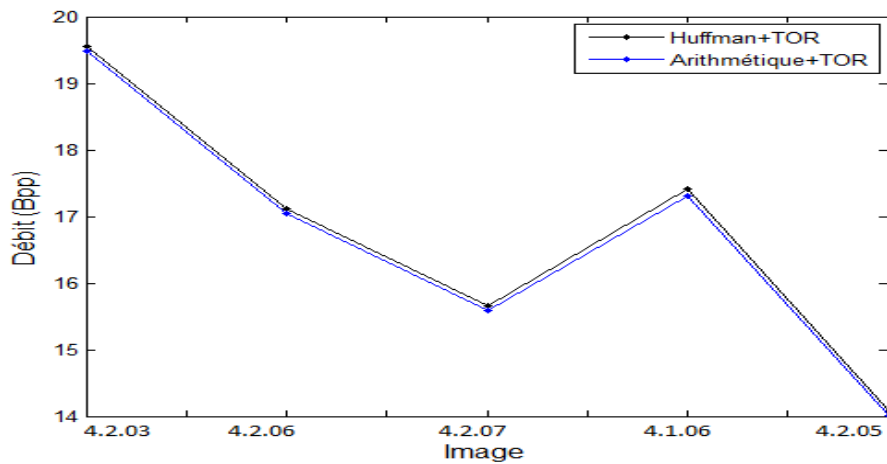
Tableau III.7 : Comparaison des performances de compression sans perte des images couleur pour les codeurs (Arithmétique et Arithmétique+TOR en utilisant 3 espaces couleur RGB, Y'I'Q' et O₁O₂O₃).

		Formats					
		RGB		Y'I'Q'		O ₁ O ₂ O ₃	
		Codage de Huffman+TOR	Codage Arithmétique+TOR	Codage de Huffman+TOR	Codage Arithmétique+TOR	Codage de Huffman+TOR	Codage Arithmétique+TOR
Image	Taille de l'image originale	Taille de l'image compressée	Taille de l'image compressée	Taille de l'image compressée	Taille de l'image compressée	Taille de l'image compressée	Taille de l'image compressée
4.1.06	1572864 Bits	1140677 Bits	1134536 Bits	1055794 Bits	1572864 Bits	1053183 Bits	1053183 Bits
4.2.03	6291456 Bits	5125873 Bits	5106032 Bits	4859322 Bits	4834585 Bits	4846124 Bits	4846124 Bits
4.2.05	6291456 Bits	3690478 Bits	4466682 Bits	3394896 Bits	4384915 Bits	3385786 Bits	3385786 Bits
4.2.06	6291456 Bits	6291456 Bits	3672763 Bits	4408128 Bits	3369917 Bits	4385605 Bits	4385605 Bits
4.2.07	6291456 Bits	4105752 Bits	4086413 Bits	4102340 Bits	4076569 Bits	4091753 Bits	4091753 Bits

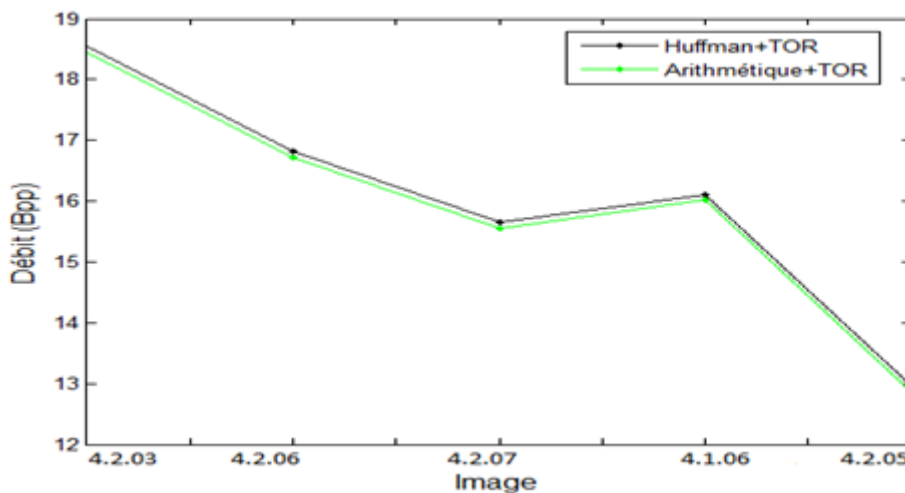
Tableau III.8 : Les tailles des images originales et compressées par les codeurs (Huffman+TOR et Arithmétique+TOR) en utilisant 3 espaces couleur.

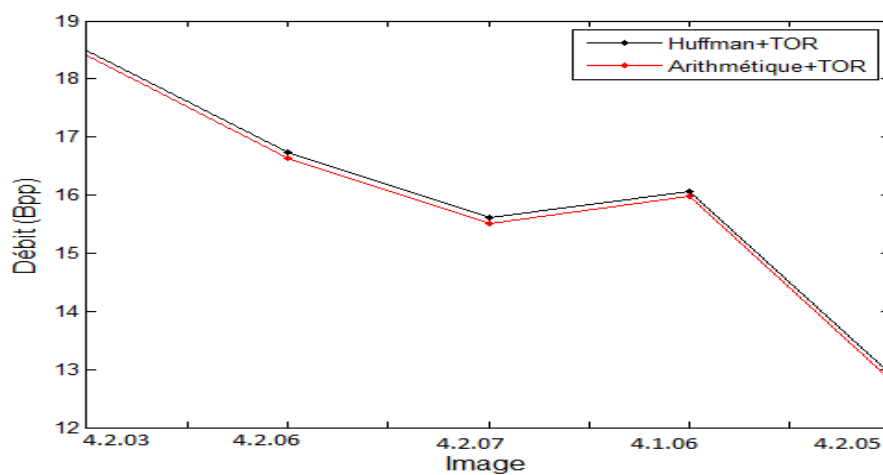
Nous étudions d'abord l'impact de la transformée en ondelettes réversible. Prenant l'exemple de l'image 4.2.06, l'entropie et le débit résultants pour le codage Arithmétique dans le domaine spatial par l'usage du format RGB sont respectivement $\{22.1689, 22.1691\}$ Bpp. Cependant, après l'utilisation de la transformée, les débits sont diminués jusqu'à $\{17.0388, 17.0390\}$ Bpp.

Pour le format Y'I'Q', en gardant la même image, nous obtenons les valeurs suivantes de l'entropie et du débit: $\{17.3410, 17.3412\}$ Bpp. Toutefois, après application de la transformée, on aura les résultats suivants: $\{16.7269, 16.7271\}$ Bpp. On termine par le format $O_1O_2O_3$. Les résultats de l'entropie et des débits pour le domaine spatial sont comme suit: $\{17.2861, 17.2859\}$ Bpp, et $\{12.8116, 12.8113\}$ Bpp après avoir effectué la transformée en ondelettes réversible.



(a)





(c)

Figure III.5 : Evaluation de la performance de compression sans perte des codeurs Huffman et Arithmétique dans le domaine transformé, en utilisant le format : (a) RGB (b) Y'I'Q'(c) O₁O₂O₃.

Image	Entropie	Format RGB		Entropie	Format Y'I'Q'		Entropie	Format 0 ₁ 0 ₂ 0 ₃	
		Codage Huff+TOR	Codage Arith+TOR		Codage Huff+TOR	Codage Arith+TOR		Codage Huff+TOR	Codage Arith+TOR
		Débit	Débit		Débit	Débit		Débit	Débit
4.1.06	17.3109	17.4053	17.3116	16.0107	16.1101	16.0117	15.9893	16.0703	15.9901
4.2.03	19.4777	19.5537	19.4780	18.4422	18.5368	18.4425	18.3934	18.4865	18.3936
4.2.05	14.0102	14.0781	14.0105	12.8550	12.9505	12.8552	12.8113	12.9157	12.8116
4.2.06	17.0388	17.1197	17.0390	16.7269	16.8157	16.7271	16.6337	16.7298	16.6340
4.2.07	15.5882	15.6622	15.5884	15.5506	15.6492	15.5509	15.5094	15.6088	15.5097
Moyenne	16.6851	16.7638	16.6855	15.9170	16.0124	15.9172	15.8674	15.9622	15.8677

Tableau III.9 : Comparaison des performances de compression sans perte des codeurs Huffman et Arithmétique dans le domaine transformé

Comme le montrent les Tableaux III.9 et les Figures III.5, la variante (Arith_TOR) fournit un faible débit pour toutes les images comparées à la variante (Huff_TOR), et que ce dernier a la particularité d'assurer que le débit est plus proche de l'entropie. Notons que la longueur moyenne d'un codeur (dans notre cas, le débit) a tendance à être plus similaire à l'entropie. En général, les méthodes de codage Arithmétique se sont avérées efficaces.

Evidemment, la comparaison avec le codage de Huffman confirme que le codage Arithmétique permet d'obtenir plus rapidement des résultats plus élevés.

L'espace couleur	Codage de Huffman	Codage de Huffman+TOR	Codage Arithmétique	Codage Arithmétique+TOR
	Débit moyen	Débit moyen	Débit moyen	Débit moyen
RGB	21.7434	16.7638	21.6545	16.8924
Y'I'Q'	20.7826	15.9947	20.6972	15.9172
O₁O₂O₃	20.7241	15.9622	20.6391	15.8677

Tableau III.10 : Les valeurs du débit moyen des deux codeurs (Huffman et Arithmétique) dans les deux domaines spatial et transformé.

Il est à noter, que nous avons testés dans ce tableau III.10 plusieurs espaces de couleurs à savoir : RGB, Y'I'Q' et O₁O₂O₃ pour calculer les débits moyens des deux codages pour les méthodes spatiales et méthodes par transformation. Il est à noter que les valeurs du débit moyen et du gain mettent en évidence les performances des codages de Huffman et Arithmétique dans le domaine transformé en vue du processus de compression / décompression qui se fait sans pertes. Contrairement aux codages de Huffman et Arithmétique dans le domaine spatial qui présente un taux d'erreur. Dans un second lieu les valeurs du débit montrent que les espaces couleur O₁O₂O₃ et Y'I'Q' sont plus efficaces que l'espace RGB en raison du taux d'erreurs quasi nul lors du processus de compression / décompression.

III.7 Comparaison entre les variantes (Huff_RGB et Huff_TOR_YIQ), Huff_RGB et Huff_TOR_O₁O₂O₃), (Arith_RGB et Arith_TOR_YIQ), Arith_RGB et Arith_TOR_O₁O₂O₃)

Dans cette section nous mettons en évidence l'effet combiné des deux transformations réversibles utilisées, en l'occurrence, la transformée en ondelettes réversible et la transformation couleur réversible du type LC sur la performance décompression d'images couleurs sans perte. Pour cela, une comparaison des résultats obtenus est effectuée entre, d'une part, l'un des codeurs (Huffman ou Arithmétique) appliqué directement sur l'image couleur au format RGB, et

D'autre part, le même codeur est appliqué dans le domaine transformé aux formats (Y'I'Q' et O₁O₂O₃).

On désigne par:

Huff_RGB : le codage de Huffman appliqué directement sur l'image couleur RGB.

Arith_RGB : le codage Arithmétique appliqué directement sur l'image couleur RGB.

Huff_YIQ_TOR : le codage de Huffman appliqué au domaine transformé sur l'image couleur à travers l'utilisation du format Y'I'Q'.

Huff_TOR_O₁O₂O₃: le codage de Huffman appliqué au domaine transformé sur L'image couleur à travers l'utilisation du format O₁O₂O₃.

Arith_YIQ_TOR : le codage Arithmétique appliqué au domaine transformé sur l'image couleur à travers l'utilisation du format Y'I'Q'.

Arith_TOR_O₁O₂O₃ : le codage Arithmétique appliqué au domaine transformé sur L'image couleur à travers l'utilisation du format O₁O₂O₃.

Image	Huff_RGB et Huff_TOR Y'I'Q'	Huff_RGB et Huff_TOR O ₁ O ₂ O ₃	Huff_RGB et Arith_TOR Y'I'Q'	Huff_RGB et Arith_TOR O ₁ O ₂ O ₃
4.1.06	5.5150	5.5548	5.6134	5.6350
4.2.03	4.5006	4.5509	4.5949	4.6438
4.2.05	6.8715	6.9063	6.9668	7.0104
4.2.06	5.4485	5.5344	5.5371	5.6302
4.2.07	6.3191	6.3595	6.4174	6.4586

Tableau III.11 : Comparaison entre les gains des variantes (Huff_RGB et Huff_TOR_YIQ), Huff_RGB et Huff_TOR_O₁O₂O₃), (Arith_RGB et Arith_TOR_YIQ), Arith_RGB et Arith_TOR_O₁O₂O₃).

Comme on peut le constater au Tableau III.11 les gains apportés par les méthodes de codage appliqués au domaine transformée avec l'utilisation d'un espace couleur du type L/C sont les plus importants et les plus significatifs. Pour Huffman, le gain obtenu varie entre {4.50 et 6.87} Bpp, et entre {4.55 et 6.91} Bpp, respectivement pour les formats Y'I'Q' et O₁O₂O₃. En effet le gain moyen s'élève à 5.69 Bpp et 5.73 Bpp, respectivement pour Y'I'Q' et O₁O₂O₃. Pour le codage Arithmétique le gain réalisé se situe entre {4.59 et 6.97} Bpp, et entre {4.64 et 7.01} Bpp, respectivement pour les formats Y'I'Q' et O₁O₂O₃. Effectivement,

le gain moyen totalise 5.78 Bpp et 5.83 Bpp, respectivement pour les espaces Y'I'Q' et O₁O₂O₃.

Au vu des résultats obtenus, le codage Arithmétique réalise la meilleure performance en comparaison avec le codage de Huffman, que ce soit l'application au domaine spatial ou transformé. De plus, les performances du codage Arithmétique sont plus proches de l'entropie. Notons que la longueur moyenne d'un codeur efficace (le débit dans notre cas) a tendance à être plus proche à l'entropie [24]. L'utilisation d'une étape de transformation en ondelettes améliore la performance des codeurs. Ainsi, les codeurs appliqués au domaine transformé donnent de meilleurs résultats comparativement à ceux qui s'appliquent directement sur l'image. En outre, la performance de compression sans perte s'améliore encore en utilisant un espace couleur du type L/C, à la place de l'espace RGB. En conséquence notre étude souligne que bien meilleurs résultats sont offerts par la variante du codage Arithmétique qui est basée sur une étape de transformation et qui utilise un espace couleur du type L/C (Y'I'Q' ou O₁O₂O₃)[24].

III.8. Conclusion

L'évaluation et la comparaison des performances de compression sans perte, des deux techniques de codage : Huffman, et Arithmétique, sur des images couleur, ont constitué l'objet du présent chapitre. Nous portons connaissance, qu'avec les mêmes données de test, les résultats de quatre variantes obtenus, ont été analysés en termes de débit exprimé en Bpp. Au regard des résultats obtenus, le codage Arithmétique est le plus performant par rapport au codage de Huffman. Les codeurs appliqués au domaine transformé donnent de meilleurs résultats que ceux appliqués directement sur l'image, grâce à l'étape de transformation en ondelettes réversible qui conduit à avoir un ensemble de coefficients entiers, moins corrélés. A l'aide d'une deuxième étape de transformation couleur réversible du type L/C, dont le but est de réduire la corrélation existante au format RGB, les résultats obtenus montrent encore une amélioration, en enregistrant des gains appréciables par comparaison aux variantes ne comportant aucune étape de transformation.

Conclusion Générale

Le travail présenté dans ce mémoire a été consacré à l'étude de l'effet conjoint des transformations réversibles sur la performance de compression sans perte des images couleur. Ceci, est dans le but de trouver l'espace de couleurs le plus adapté à la compression. Afin d'atteindre cet objectif, nous avons employé deux techniques de codages entropiques, à savoir: le codage de Huffman et le codage Arithmétique, avec applications au domaine spatial et transformé.

En raison de la forte corrélation existante entre les trois couleurs primaires (R, G, B), nous avons modifié l'espace couleur RGB en faveur d'autres espaces couleur réversibles, moins corrélés, à savoir les espaces: Y'I'Q' et $O_1O_2O_3$. Au cours d'une première étape, l'application directe des techniques de Huffman et Arithmétique a été conduite sur l'image couleur originale au domaine spatial. Dans la seconde étape, une combinaison de deux transformations réversibles est formée: la transformée en ondelettes réversible, d'une part, et la transformation couleur réversible, d'autre part. Les deux techniques du codage (Huffman et Arithmétique) sont, par la suite, appliquées à ce domaine transformé.

Compte tenu des résultats présentés, provenant de la compression sans perte des images couleur, le codage Arithmétique se révèle efficace et offre la meilleure performance par rapport au codage de Huffman. La performance observée apparaît nettement supérieure à celle du codage de Huffman tant dans le domaine spatial que dans le domaine transformé, en termes du débit, exprimé en Bpp. De plus, les résultats de notre étude montrent clairement que l'application d'une étape de transformation en ondelettes réversible conduit à établir un système de compression plus performant, permettant des gains moyens, plus importants, supérieurs à 4.7 Bpp pour les deux variantes du codage Huffman et Arithmétique. Ainsi, les codeurs qui s'appliquent au domaine transformé affichent des résultats plus appréciables que ceux qui s'appliquent directement sur l'image. En outre, les résultats obtenus ont mis en évidence le rôle primordial des transformations couleur réversibles employées (Y'I'Q' et $O_1O_2O_3$).

En effet, l'application de ces dernières, qui traitent ces entiers et retournent des entiers, a pour effet d'améliorer encore la performance de compression sans perte. En conclusion, notre étude a mis en lumière l'effet conjoint des deux transformations réversibles à coefficients entiers pour mettre au point un système de compression sans perte, en réalisant des gains moyens très significatifs qui s'élèvent à 5.7 Bpp pour les deux techniques de codage utilisées et appliquées.