

## TP3 - Le codage prédictif

L'objectif de ce tp est de mettre en place un système de codage et décodage prédictif d'images utilisant 3 prédicteurs différents. Nous en profiterons par la même occasion pour étudier les impacts de ces prédicteurs simples sur les images de sortie du codeur et décodeur. Les prédicteurs que nous allons implémenter sont : 2 prédicteurs fixes MICD mono-dimensionnelle et bi-dimensionnelle, et 1 prédicteur adaptatif MICDA.

Dans un deuxième temps, nous allons rajouter la fonctionnalité de quantification uniforme de l'image lors du codage utilisant un pas de quantification de  $\Delta=\{2,4,6,8,\dots\}$ , ce qui va introduire des pertes que nous analyserons.

### 2. Etude de prédicteurs simple

#### Question 2.1 :

Un codage prédictif utilise des valeurs du voisinage d'un pixel afin de déterminer sa valeur. Dans le cas où nous sommes sur la première colonne ou première ligne, certaines données sont inexistantes, il faut donc en choisir une dans le calcul de la prédiction. Sachant que nous souhaitons minimiser l'erreur de prédiction transmise entre le codeur et le décodeur afin de minimiser le poids de l'image transmise, il est tout à fait normal de commencer par une valeur moyenne = 128, lors que l'on ne sait pas quelle image sera mise en entrée.

#### Question 2.2 :

Dans un premier temps, nos prédicteurs ont été implémentés sans quantification. Afin d'évaluer les performances des 3 prédicteurs programmés nous avons utilisé la composante Y de l'image "boats.bmp" pour nos tests :



*Image d'entrée : Composante Y de "boats.bmp"*

Nous avons ensuite fourni notre image d'entrée à nos fonctions de codage et décodage sans quantification en utilisant les 3 prédicteurs différents.

Pour chaque prédicteur nous obtenons les images d'erreur de prédiction ci-dessous :



*Prédicteur MICD mono-dimensionnelle*



*Prédicteur MICD bi-dimensionnelle*



*Prédicteur MICDA*

Dans le cas du prédicteur 1, nous pouvons remarquer que les erreurs les plus visibles obtenues sont sur les contours horizontaux des objets de l'image, ce qui est tout à fait normal puisque notre 1er prédicteur se contente de prédire le pixel en recopiant la valeur du pixel de gauche. Ainsi lorsque nous arrivons sur un contour l'intensité du pixel change beaucoup et donc la prédiction se trouve n'être pas bien estimée ainsi l'erreur est plus élevée.

Le prédicteur 2, faisant une moyenne entre le pixel du dessus et le pixel de gauche, laisse apparaître des erreurs sur les contours des objets mais moins prononcées (grâce à la moyenne) excepté sur le câble du bateau qui est diagonale, dans ce cas le pixel du dessus et de gauche n'appartiennent pas au câble ce qui ne fait pas diminuer l'erreur de la prédiction.

Le prédicteur 3 est un prédicteur adaptatif car la valeur d'un pixel prise dépend de la condition suivante : si la différence entre le pixel de gauche et celui en haut à gauche est supérieur à la différence entre celui au dessus et en haut à gauche, alors on prend la valeur du pixel de gauche sinon nous prenons celui du dessus . On peut remarquer que dans l'image d'erreur les erreurs sont plus éparpillées sur l'image.

Sur les 3 prédicteurs, nous pouvons aussi apercevoir que sur les zones uniformes tel que le ciel, l'erreur est quasiment inexistant du faite de l'utilisation des pixels voisins lors de la prédiction.

Nous pouvons en déduire les histogrammes suivants :



*Prédicteur MICD m-d*

*Prédicteur MICD b-d*

*Prédicteur MICDA*

Dans les 3 cas de prédictions, les histogrammes détiennent très peu de différence. On peut en déduire qu'il n'y a pas trop de différence dans le nombre d'erreurs de prédiction.

Ainsi en utilisant leur histogramme nous pouvons en calculer les énergies et entropies de l'erreur de prédiction :

	Prédicteur MICD m-d	Prédicteur MICD b-d	Prédicteur MICDA
Energie	2,05E+07	1,47E+07	1,45E+07
Entropie	2,82128	2,88649	2,81808

La valeur de l'énergie de l'image calculée ici en faisant la somme des intensités des pixels au carré, nous permet de voir que les erreurs du prédicteur 1 sont plus élevées que les 2 autres prédicteurs car son énergie est plus importante.

L'entropie représentant le nombre d'information dans l'image d'erreurs nous montre ici que les 3 images d'erreurs de prédiction détiennent à peu près la même quantité d'information, ce que nous cherchons à minimiser.

A partir de l'image de sortie et d'entrée nous pouvons déterminer les images décodées et leur PSNR associé. Dans notre cas, sans quantification et donc sans perte, l'image de sortie étant identique à l'image d'entrée le PSNR ne devrait pas être calculable (ou  $=+\infty$ ) car l'EQM entre les 2 images est égale 0.

En effet l'image de sortie est identique à l'image d'entrée quelque soit le prédicteur utilisé :



*Image de sortie*

Enfin, nous pouvons comparer les entropies des erreurs avec celle de l'image originale :

Originale	Prédicteur MICD m-d	Prédicteur MICD b-d	Prédicteur MICDA
6,9695	2,82128	2,88649	2,81808

L'image originale étant de 6,9695, nous pouvons nous apercevoir que les erreurs de prédiction détiennent une entropie assez élevée car les contours sont une grande source d'information mais aussi une grande source d'erreurs

Avec ces informations nous pouvons en déduire que le prédicteur MICDA est légèrement meilleur que les 2 autres pour cette image et sans quantification.

### Question 2.3 :

Après avoir implémenter ces 3 prédicteurs nous avons programmé un codeur spécial pour mettre en compétition les 3 prédicteurs afin de créer une image d'erreurs de prédiction ayant les erreurs les plus faibles possible.

Pour cela, la fonction effectue pour chaque pixel un calcul d'erreur avec les 3 prédicteurs et garde la meilleur erreur.

Ainsi nous obtenons l'image ci-dessous :



*Erreur de prédiction avec prédicteur compétitif*

Nous pouvons nous apercevoir qu'il y a très peu d'erreurs encore visible, nous en déduisons l'énergie et l'entropie suivante :

Energie : 5.58496e+06

Entropy : 1.96313

Grâce à ces résultats nous pouvons effectivement constater que l'énergie ainsi que l'entropie de l'erreur ont baissées. L'énergie étant de l'ordre de  $10^6$  au lieu de  $10^7$ , nous en déduisons que les erreurs élevées (présentes majoritairement dans la prédiction du prédicteur 1) ont bien été filtrées. Cette baisse de l'entropie nous montre bien que les différentes erreurs effectuées par les prédicteurs mais aussi que l'association des prédicteurs permet de faire baisser le nombre d'information et donc d'obtenir de meilleurs résultats.

### 3. Quantification uniforme

#### Question 3.4 :

Dans cette partie, nous allons ajouter à notre schéma de codage une quantification uniforme avec un pas de quantification  $\Delta=\{2,4,6,8,\dots\}$

Nous allons ensuite pouvoir analyser les entropies des images d'erreurs de prédiction en fonction de notre pas de quantification sur chacun de nos prédicteurs.

$\Delta$	Mesure	Prédicteur 1	Prédicteur 2	Prédicteur 3
2	Energie erreur prédiction	1.88482e+07	1.33195e+07	1.30392e+07
	Entropy erreur prédiction	2.44478	2.51339	2.43881
	Entropy image décodée	5.47435	6.46637	5.47984
	PSNR	46.4251 dB	46.5754 dB	46.4461 dB
8	Energie erreur prédiction	1.53957e+07	1.10719e+07	1.03436e+07
	Entropy erreur prédiction	1.80567	2.15604	1.7118
	Entropy image décodée	3.59345	6.41064	3.57652
	PSNR	33.4761 dB	35.033 dB	33.4827 dB
16	Energie erreur prédiction	1.30645e+07	9.83706e+06	9.0595e+06
	Entropy erreur prédiction	2.35649	2.51126	1.89172
	Entropy image décodée	2.86278	6.16725	3.01428
	PSNR	28.718 dB	29.5539 dB	27.8565 dB
32	Energie erreur prédiction	9.62874e+06	1.30812e+07	7.15197e+06
	Entropy erreur prédiction	1.06953	3.02624	0.986234
	Entropy image décodée	2.04211	6.26276	2.05863
	PSNR	22.7596 dB	23.4467 dB	22.8826 dB
64	Energie erreur prédiction	8.63837e+06	2.35208e+07	7.37912e+06
	Entropy erreur prédiction	0.84976	2.4092	0.758625
	Entropy image décodée	1.11125	5.72641	1.53926
	PSNR	17.0784 dB	17.5968 dB	15.8164 dB

Nous pouvons sortir de notre tableau de données l'entropie en fonction du pas de quantification :

$\Delta$	Prédicteur MICD m-d	Prédicteur MICD b-d	Prédicteur MICDA
2	2.44478	2.51339	2.43881
4	2.12671	2.24043	2.09714
6	1.92175	2.14042	1.86698
8	1.80567	2.15604	1.7118
10	1.92315	2.20813	1.72385
12	1.94464	2.34672	1.64202
14	1.37043	2.49707	1.30773
16	2.35649	2.51126	1.89172
32	1.06953	3.02624	0.986234
64	0.84976	2.4092	0.758625

Grâce à ce tableau, nous remarquons que l'entropie du prédicteur MICD mono-dimensionnelle varie très aléatoirement, elle diminue jusqu'à 1.80567 pour un pas de  $\Delta=8$  puis remonte pour atteindre un minimum en  $\Delta=14$  qui est de 1.37043 avant de remonter et enfin de diminuer après  $\Delta=16$ . Sachant que nous souhaitons diminuer l'entropie lorsque l'on quantifie, il est préférable de prendre une quantification de 8 ou de 14 si nous voulons transférer une image sans trop de perte. En effet après une quantification de  $\Delta=16$  l'image commence à perdre beaucoup trop de qualité.

L'entropie résultante pour le prédicteur MICD bi-dimensionnelle, quand à elle, ne varie quasiment pas, voir même augmente pour  $\Delta=32$ , même après une très forte quantification de  $\Delta=64$ . Le minimum obtenu sans trop de perte est de 2.14042 pour  $\Delta=6$ . La quantification uniforme de cette exercice ne semble pas être une très bonne solution pour ce prédicteur.

L'entropie du prédicteur MICDA, à l'inverse des 2 autres, semble diminuer au fur et à mesure que la quantification augmente à l'exception de  $\Delta=16$ . Il est donc possible de diminuer l'entropie en fonction de la perte d'information souhaitée. Nous pouvons aussi remarquer que l'entropie du prédicteur MICDA est toujours inférieure aux 2 autres.

Question 3.5 :

Les images décodées en fonction du pas de quantification pour chaque prédicteurs sont les suivantes :













	Image décodée $\Delta=2$	Image décodée $\Delta=8$
Prédicteur MICD m-d	 PSNR = 46,4251 dB	 PSNR = 33,4761 dB
Prédicteur MICD b-d	 PSNR = 46,5754 dB	 PSNR = 35.033 dB
Prédicteur MICDA	 PSNR = 46,4461 dB	 PSNR = 33.4827 dB

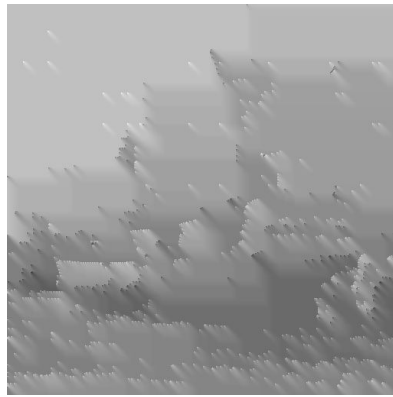


	Image décodée $\Delta=16$	Image décodée $\Delta=32$
Prédicteur MICD m-d	 <p>PSNR = 28,718 dB</p>	 <p>PSNR = 22,7596 dB</p>
Prédicteur MICD b-d	 <p>PSNR = 29.5539 dB</p>	 <p>PSNR = 23.4467 dB</p>
Prédicteur MICDA	 <p>PSNR = 27,8565 dB</p>	 <p>PSNR = 22,8826 dB</p>

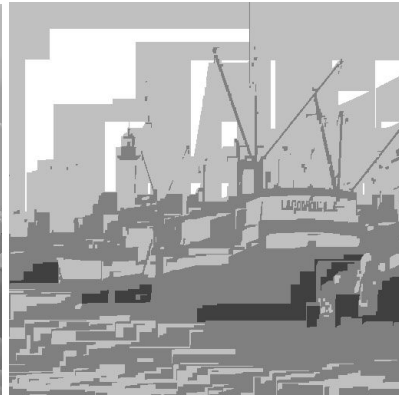
Pour  $\Delta=64$  :



*PSNR = 17,0784*  
*Prédicteur MICD m-d*



*PSNR = 17.5968*  
*Prédicteur MICD b-d*

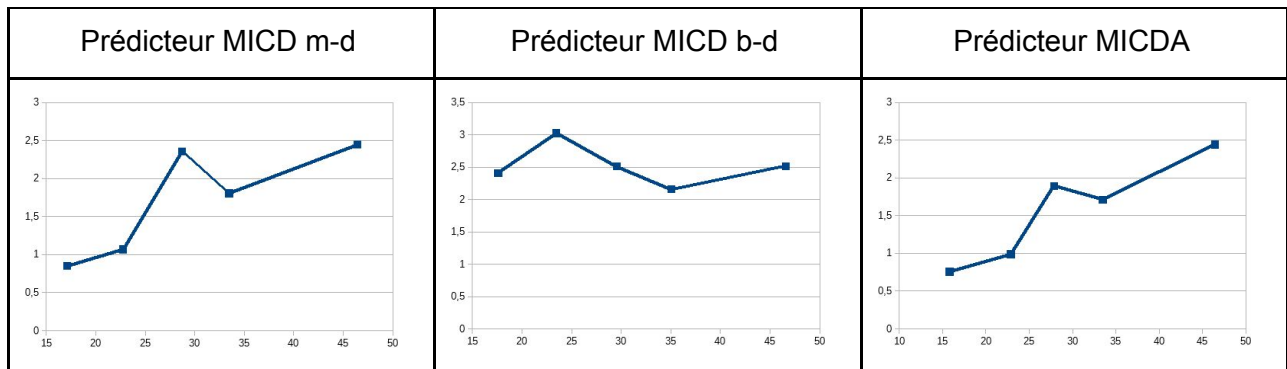


*PSNR = 15.8164*  
*Prédicteur MICDA*

Avec les images décodées et leur PSNR associé, nous apercevons la différence entre une métrique de signal (PSNR) et notre perception. En effet lorsque l'on prend un pas de  $\Delta=64$ , il est facilement remarquable que le prédicteur MICD mono-dimensionnelle nous permet d'avoir une image où l'on peut encore reconnaître la forme du bateau alors que pour le prédicteur MICD bi-dimensionnelle qui effectue la moyenne les pixels du dessus et de gauche les bateaux sont méconnaissables pour un même PSNR.

Le prédicteur MICDA ayant une entropie toujours inférieure au 2 autres, a un impact sur le visuel bien plus rapide car dès une quantification de  $\Delta=8$ , des carrés semblent se former dans le ciel alors que le prédicteur MICD mono-dimensionnelle ne dispose (moins visible) ou encore que le prédicteur MICD bi-dimensionnelle ne dispose presque d'aucun problèmes visuelles.

En utilisant les données des entropies et des PSNR, nous pouvons en déduire les graphiques suivants:



Entropie d'erreur de prédiction en fonction du PSNR

Nous pouvons voir que le prédicteur MICD mono-dimensionnelle et le prédicteur MICDA ont une forme similaire qui nous montre une certaine corrélation entre le PSNR et l'entropie. Si l'on souhaite obtenir un PSNR important, il sera nécessaire d'avoir une forte entropie sur l'erreur de prédiction.

Pour le prédicteur MICD bi-dimensionnelle, nous remarquons qu'il n'y a pas vraiment de corrélation entre l'entropie et le PSNR.

### Conclusion :

Lors de ce tp, nous avons pu tester le système de codage prédictif en boucle fermée en utilisant 3 prédicteurs différents. Ces prédicteurs sont plus ou moins efficace en fonction de l'image fournie en entrée même si certains prédicteurs semblent être plus intéressants que d'autres.

De plus, nous avons pu constater que la quantification uniforme ne réduit pas forcément l'entropie de l'image d'erreurs transmise au décodeur, ce qu'on cherche à obtenir dans l'optique de réduire l'information à transmettre entre le codeur et le décodeur.