I – LE CODAGE DE L'INFORMATION

I .1– Le Code de Gray

1- Définition du Code de Gray

Le **code de Gray**, également appelé **code Gray** ou **code binaire réfléchi**, est un type de codage binaire permettant de ne modifier qu'un seul bit à la fois quand un nombre est augmenté d'une unité. Cette propriété est importante pour plusieurs applications.

Le nom du code vient de l'ingénieur américain **Frank Gray** qui publia un brevet sur ce code en 1953, mais le code lui-même est plus ancien.

2- Principe de Code de Gray

Le code de Gray est un codage binaire, c'est-à-dire une fonction qui associe à chaque nombre une représentation binaire. Cette méthode est différente du codage binaire naturel. Le tableau suivant montre partiellement le codage sur 4 bits (seules les 8 premières valeurs sont présentées, les huit suivantes avec le premier bit à 1 n'y sont pas).

Codage décimal	Codage binaire naturel	Codage Gray ou binaire réfléchi
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100

La différence principale entre les deux est le fait que le codage de Gray de deux nombres consécutifs ne diffère que d'une position. Par exemple 5 est codé par 0111, et 6 est codé par 0101 : ici seul le deuxième bit change.

3. Conversion du code binaire vers le code de Gray

Soit B un nombre écrit en binaire naturel pur sur N bits

$B = B_N \ldots\ldots B_3B_2B_1$;

B_N est le bit du poids fort et B_1 est le bit de poids faible

G est l'équivalent en code de Gray du nombre B écrit lui aussi sur N bits

$G_{(Gray)} = G_N \ldots\ldots\ldots G_3G_2G_1$

Le passage du binaire pur au code de Gray se fait selon les deux étapes suivantes :

1- $G_N = B_N$
2- $G_{N-1} = B_N + B_{N-1}$

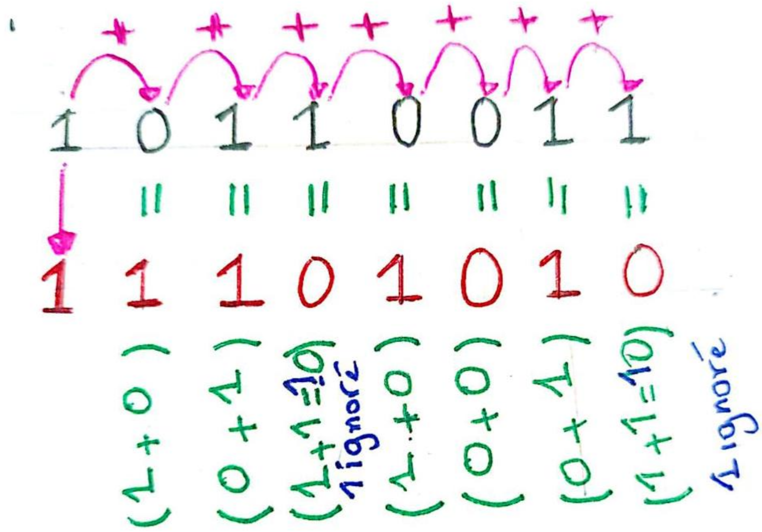

Figure 1 : La conversion d'un nombre binaire en code de Gray

Remarque

- Le bit de poids fort du nombre binaire est toujours égale au bit de poids fort de son équivalent en code de Gray
- Dans les additions des bits le cas de (1 +1 = 0) car la retenue sera ignorée (Voir Figure 1 les cas des bits de poids un et de poids cinq.

3- Conversion du code de Gary vers le code Binaire pur

Soit G un nombre écrit en code de Gray sur N bits

$G_{(Gray)} = Gn \ldots\ldots\ldots G_3G_2G_1$ Gn est le bit du poids fort et G_1 est le bit de poids faible

B est l'équivalent en code Binaire pur ou Naturel du nombre G écrit lui aussi sur N bits

$B = Bn \ldots\ldots\ldots B_3 B_2 B_1\ B_0$

Le passage du Code de Gray au code binaire pur se fait selon les deux étapes suivantes :

1. $B_N = G_N$.
2. $G_{N-1} = G_N + B_{N-1}$

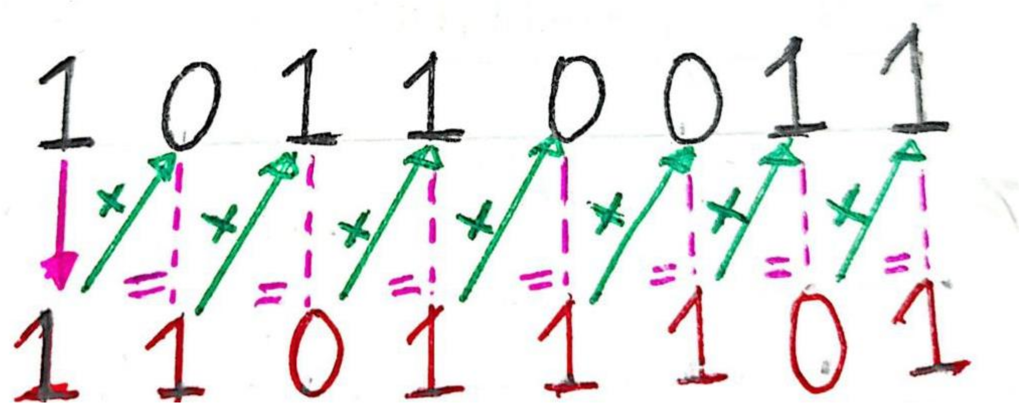

Figure 2 : La conversion d'un nombre Gray en binaire

Remarque

- Le bit de poids fort du nombre binaire en est toujours égale au bit de poids fort de son équivalent en code de Gray
- Pour les additions de bits le cas de (1 +1 = 0) car la retenue sera ignorée (Voir Figure 2 les cas des bits de poids deux et de poids sept.

I.2 – Le Code DCB : Décimal Codé Binaire

1- Définition du Code DCB

Le code DCB ou BCD, est l'acronyme de Binary Coded Decimal en anglais est un système de numération utilisé en électronique numérique et en informatique pour coder des nombres en se rapprochant de la représentation humaine usuelle, en base 10. Dans ce format, les nombres sont représentés par un ou plusieurs chiffres compris entre **0 et 9**, et chacun de ces chiffres est codé sur quatre bits.

2- Principe du Code DCB

Pour coder un nombre décimal en BCD, on va coder séparément chaque chiffre du nombre de base dix en Binaire selon le tableau ci-dessous, on rappelle qu'on travaille sur **4 bits (4 positions),** ainsi les nombres de 10 à 15 (1010 à 1111) ne sont pas supportés par le code DCB.

Décimal	DCB
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

Codage des Chiffres Décimaux en DCB.

Exemple

On veut coder le nombre $(785)_{10}$ en DCB, pour cela, chaque chiffre du nombre sera codé séparément en binaire sur 4 bits.

Décimal	7	8	5
DCB	0111	1000	0101

Donc $(785)_{10}$ = $(0111\ \ 1000\ \ 0101)_{DCB}$

3- L'addition en code DCB

Comme on l'a déjà mentionné, le code DCB permet le codage de 10 nombres uniquement, à savoir, les chiffres de 0 à 9 , de ce fait, les nombres de 10 à 15, ne sont pas autorisés, c'est-à-dire que le code DCB ne les connait pas.

Lorsqu'on additionne 2 nombres codés en DCB, on additionne chaque bloc de 4 bits du premier nombre, avec son équivalent du second nombre.

Maintenant, si le résultat d'un des blocs dépasse 9, c'est-à-dire sa valeur est comprise entre 10 et 15 (1010 à 1111), on rajoute à ce bloc le chiffre 6 (0110) .

Exemples

- Soit à additionner $(352)_{10} + (34)_{10}$ en DCB

Décimal	DCB
352	0011 0101 0010
+ 34	+ 0011 0100
= 386	= 0011 1000 0110

Là, le résultat est équivalent, et correcte.

- Soit à additionner $(153)_{10} + (151)_{10}$ en DCB

Décimal	DCB
153	0001 0101 0011
+ 151	+ 0001 0101 0001
= 304	= 0010 1010 0010

Là, le résultat obtenue en DCB n'est pas équivalent à celui du Décimal, de plus, on a obtenu la valeur 1010 (10 en Décimal qui est > 9) qui n'est pas reconnu par le code DCB, là, on doit rajouter à ce bloc qui dépasse 9, la valeur 6 (0110).

Voyons, ce qui se passe, lorsqu'on rajoute 6 (0110) à ce bloc.

Décimal	DCB
153	0001 0101 0011
+ 151	+ 0001 0101 0001
= 304	= 0010 1010 0100
	+ 0110
	= 0011 0000 0100

Là, le résultat, est correcte !.

Une question subsiste, pourquoi rajouter 6 (0110) spécialement ?.

Eh bien, parce que comme en DCB, on code sur 4 bits, donc 2^4=16 nombres sont possibles à coder en binaire, mais seulement 10 nombres sont autorisés (de 0 à 9), les 6 nombres restants (de 10 à 15) sont interdits, lorsque la somme dépasse 9, on rajoute 6 pour faire une boucle et retourner à la valeur 0.

Remarques

- Le nombre codé en BCD ne correspond pas au nombre décimal converti en binaire naturel.
- Les combinaisons supérieures à 9 (de 10 à 15) sont interdites. Par exemple la combinaison 1010 n'appartient pas au code BCD.
- Le codage décimal BCD est simple, mais il n'est pas possible de faire des opérations mathématiques directement dessus.
- Ce code est surtout utilisé pour l'affichage de données décimales. (Dans les calculatrices par exemple)

Le Code DCB plus trois : DCB +3

4- Définition du Code DCB+3

Le code **DCB plus 3** ou **code excess 3** appelé aussi **code Stibiz** du nom de son inventeur, est un code non pondéré issu du code **DCB** auquel on ajoute systématiquement **3** à chaque chiffre. Ce code est souvent utilisé sur des unités arithmétiques qui calculent en système numérique décimal plutôt qu'en système binaire.

Le code plus 3 permet d'effectuer les opérations arithmétiques d'addition et de soustraction avec un minimum de fonctions logiques.

5- Principe du Code DCB+3

Pour coder un nombre décimal en BCD+3, avant de le coder en DCB, on lui rajoute 3, puis on le code en DCB, on rappelle qu'on travaille sur **4 bits (4 positions),** ainsi on a 16 nombres (de 0 à 15) qu'on peut coder en DCB +3, mais les combinaisons de 13 à 15 (1101 à 1111) sont interdites, on peut juste coder de 0 à 12.

Le tableau ci- dessous illustre le codage des nombres décimaux en DCB+3

Décimal	Décimal +3	DCB+3
0	3	0011
1	4	0100
2	5	0101
3	6	0100
4	7	0111
5	8	1000
6	9	1001
7	10	1010
8	11	1011
9	12	1100

Exemple

On va coder le nombre $(785)_{10}$ en DCB+3, pour cela, on rajoute à chaque chiffre 3, puis il sera codé séparément en binaire sur 4 bits,

Décimal	7	8	5
Décimal +3	10	11	8
DCB+3	1010	1011	1000

Donc $(785)_{10}$ = (1010 1011 1000) $_{DCB+3}$.

Exercice 1

1. Compter de 0 à 11 en code de Gray
2. Trouver le code de Gray des nombres suivants : 1111101 , 1011110 , 1100100
3. Trouver les nombres ayants les codes de Gray qui suit : 1011001, 1101100 , 1000011

Exercice 2 :

1. Convertir les nombres décimaux suivants en leurs équivalents DCB et DCB $_{+3}$

74 165 9201

2. Effectuer en DCB les additions suivantes :

38 + 72 51 + 19

SOLUTION EXERCICE 1

Décimal	Code de Gray
0	0000
1	0001
2	0011
3	0010
4	0110
5	0111
6	0101
7	0100
8	1100
9	1101
10	1111
11	1110

2.

Binaires	1111101	1011110	1100100
Codes de Gray	**1000011**	**1110001**	**1010110**

3.

Codes de Gray	1011001	1101100	1000011
Binaires	**1101110**	**1001000**	**1111101**

SOLUTION EXERCICE 2

1.

Décimal	74	165	9201
Code DCB	0111 0100	0001 0110 0101	1001 0010 0000 0001
Code DCB_{+3}	1010 0111	0100 1010 1000	1100 0101 0011 0100

2.

Décimal		**DCB**		
	3 8		0011	1000
+		+		
	7 2		0111	0010
=		=		
	110		1010	1010
		+	0110	0110
		= 0001	0001	0000

Décimal		**DCB**		
	5 1		0101	0001
+		+		
	1 9		0001	1001
=		=		
	7 0		0110	1010
		+		0110
		=	0111	0000