

Le sujet de cette maquette est en étroit couplage avec le sujet proposé par Mr Poujouly (émission FM). En effet, les informations RDS que fabrique notre système viendront s'ajouter aux informations sonores de la maquette analogique faisant de cet ensemble un véritable émetteur FM RDS.

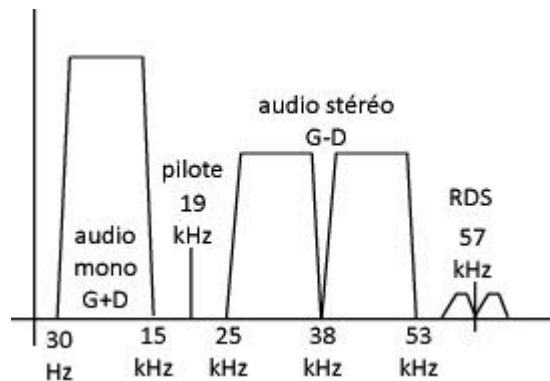
Le but de cette étude est de coder et de transmettre un texte à un récepteur FM RDS en utilisant le service de présentation du nom de la station (Program Service Name).

Les mots clés de ce sujet sont : VHDL, co-design, codage NRZ, codage biphase.

1) Quelques explications sur le système RDS

Spectre en fréquence d'une émission FM stéréo RDS

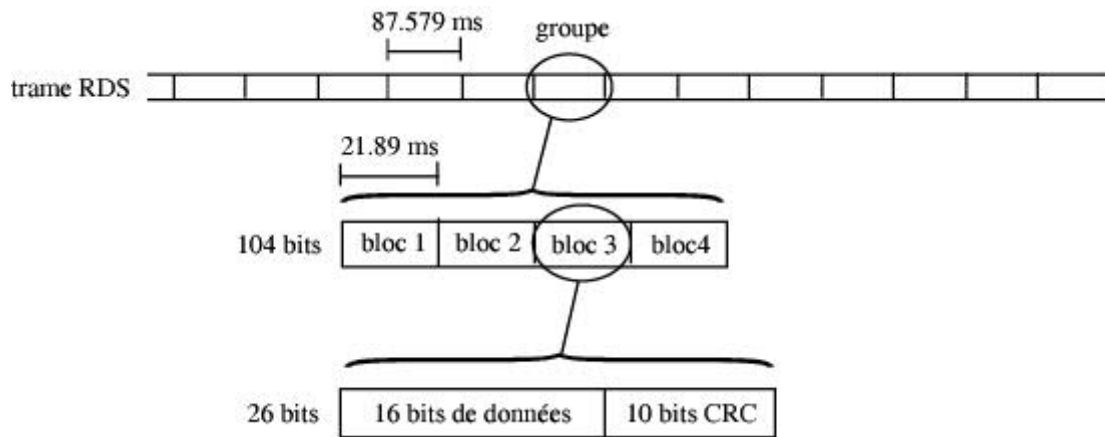
Une émission radio FM stéréo RDS en canal de base est caractérisée par le spectre en fréquence ci-dessous.



Il y a trois fréquences caractéristiques : 19 KHz, 38 KHz et 57 KHz. La fréquence de 19 KHz est appelée fréquence pilote et les deux autres sont respectivement égales à deux fois et trois fois cette fréquence. Une émission sans système RDS exploite les fréquences de 19 KHz et 38 KHz. Les informations RDS sont modulées sur la porteuse de 57 KHz en modulation d'amplitude à porteuse supprimée (MAPS) avec une largeur spectrale de 4.8 KHz. La tolérance en fréquence de la porteuse est $57 \text{ KHz} \pm 6 \text{ Hz}$.

La trame numérique

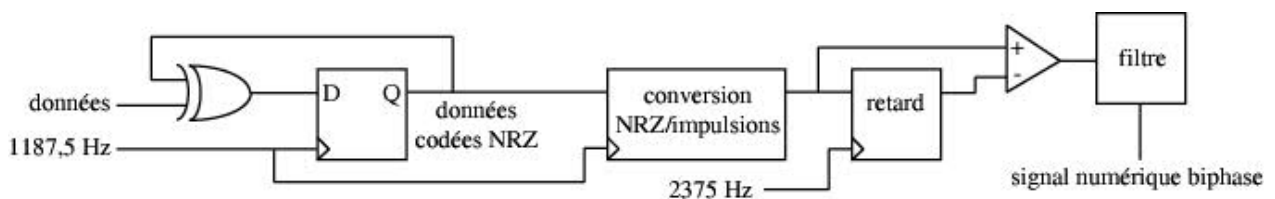
Avant d'être modulée sur la porteuse de 57 KHz, la trame d'information RDS est avant tout une trame binaire avec un débit de $(57 \text{ KHz} \pm 6 \text{ Hz}) / 48 = 1187.5 \text{ Hz} \pm 0.125 \text{ Hz}$. Elle est composée de groupes se succédant à l'infini sans temps mort. Chaque bit dure donc 842.1 μs .



Chaque groupe est composé de 104 bits et se subdivise en 4 blocs de 26 bits. Un bloc est composé de 16 bits de données et de 10 bits de "checksum" permettant au récepteur de déterminer si des erreurs ont eu lieu lors de la transmission et de se synchroniser dans le train binaire.

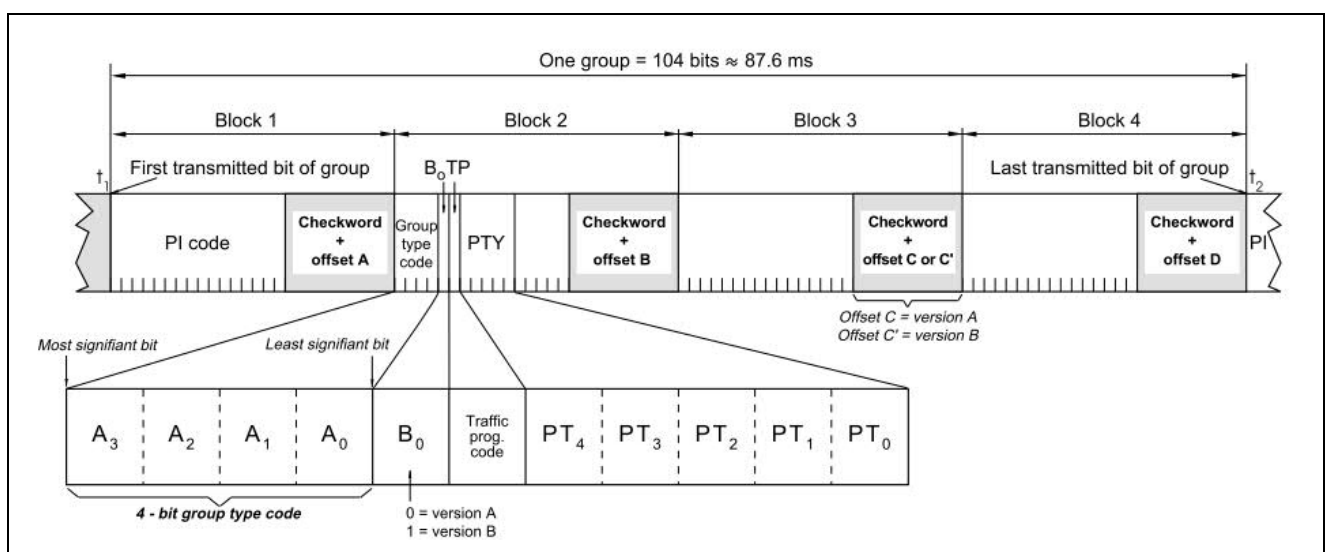
Codage de la trame numérique pour la transmission

Afin d'optimiser la bande passante et l'énergie utilisée dans le canal de transmission, la trame binaire n'est pas transmise telle-quelle au modulateur. Le schéma utilisé est le suivant :



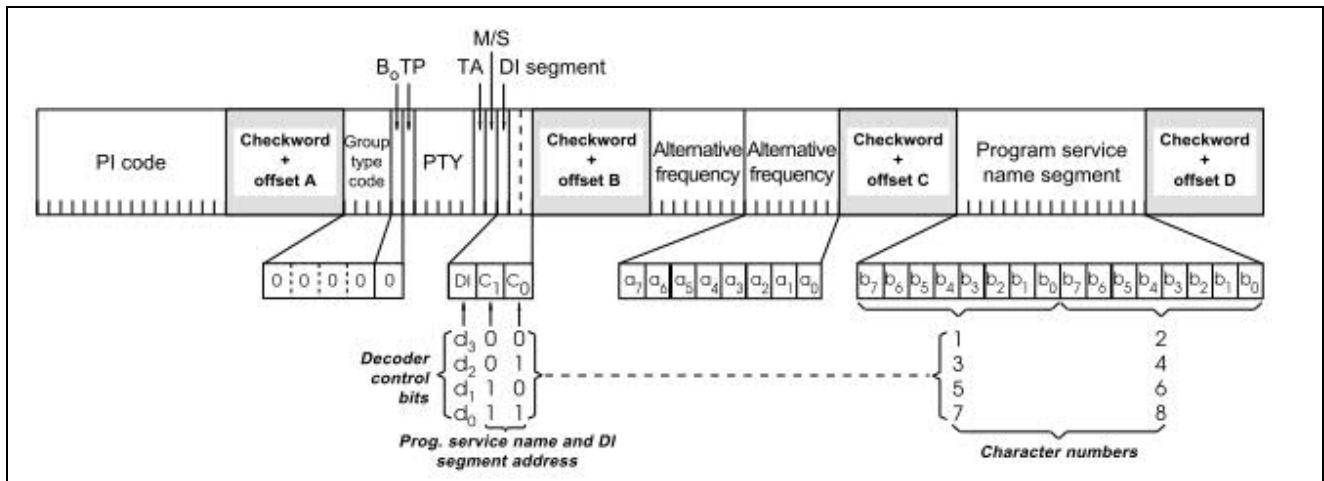
Composition des groupes et blocs

La composition exacte des groupes et blocs dépend de la nature des informations transmises. En général, la composition est la suivante :



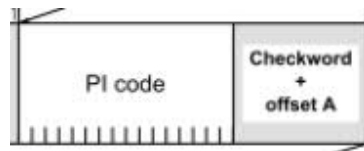
Composition typique d'un groupe (United States RBDS Standard, April 9, 1998, Specification of the radio broadcast data system)

Le nombre de cas différents est énorme et nous limiterons au cas "simple" du Program Service Name (nom de la station) sur lequel nous transmettrons les informations que nous fabriquerons.



Composition typique d'un groupe PSN (United States RBDS Standard, April 9, 1998, Specification of the radio broadcast data system)

Bloc 1 : il est toujours transmis tel quel et en premier.



Code PI (Program Identification). Le code PI est un code unique attribué à chaque station, qui permet aux récepteurs de l'identifier à coup sûr lors d'un changement de fréquence

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Code pays				Type programme				Programme							

Le **code pays** est donné par la table suivante (le code est 0xF pour la France).

<i>Country</i>	<i>ISO code</i>	<i>ECC and Country code</i>			<i>Country</i>	<i>ISO code</i>	<i>ECC and Country code</i>		
Albania		AL	E0	9	Italy	IT	E0	5	
Algeria		DZ	E0	2	Jordan	JO	E1	5	
Andorra		AD	E0	3	Latvia	LV	E3	9	
Austria		AT	E0	A	Lebanon	LB	E3	A	
Azores (Portugal)		PT	E4	8	Libya	LY	E1	D	
Belgium		BE	E0	6	Liechtenstein	LI	E2	9	
					Lithuania	LT	E2	C	
					Luxembourg	LU	E1	7	
					Macedonia	MK	E3	4	
					Madeira (Portugal)	PT	E4	8	
Belarus		BY	E3	F	Malta	MT	E0	C	
Bosnia Herzegovina		BA	E4	F	Moldova	MD	E4	1	
Bulgaria		BG	E1	8	Monaco	MC	E2	B	
Canaries (Spain)		ES	E2	E	Morocco	MA	E2	1	
Croatia		HR	E3	C					
Cyprus		CY	E1	2	Netherlands	NL	E3	8	
Czech Republic		CZ	E2	2	Norway	NO	E2	F	
					Palestine	PS	E0	8	
					Poland	PL	E2	3	
Denmark		DK	E1	9	Portugal	PT	E4	8	
Egypt		E.G.	E0	F	Romania	RO	E1	E	
Estonia		EE	E4	2	Russian Federation	RU	E0	7	
Faroe (Denmark)		DK	E1	9	San Marino	SM	E1	3	
Finland		FI	E1	6	Slovakia	SK	E2	5	
France		FR	E1	F	Slovenia	SI	E4	9	
					Spain	ES	E2	E	
Germany		DE	E0	D	Sweden	SE	E3	E	
		or	E0	1	Switzerland	CH	E1	4	
Gibraltar (United Kingdom)		GI	E1	A	Syrian Arab Republic	SY	E2	6	
Greece		GR	E1	1	Tunisia	TN	E2	7	
Hungary		HU	E0	B	Turkey	TR	E3	3	
Iceland		IS	E2	A	Ukraine	UA	E4	6	
Iraq		IQ	E1	B	United Kingdom	GB	E1	C	
Ireland		IE	E3	2	Vatican City State	VA	E2	4	
Israel		IL	E0	4	Yugoslavia	YU	E2	D	

Codes des pays (United States RBDS Standard, April 9, 1998, Specification of the radio broadcast data system)

Le **type programme** identifie la portée géographique de la station écoutée et est donné par la table suivante.

I: (International)	The same program is also transmitted in other countries.
N: (National)	The same program is transmitted throughout the country.
S: (Supra-regional)	The same program is transmitted throughout a large part of the country.
R1 . . . R12: (Regional)	The program is available only in one location or region over one or more frequencies, and there exists no definition of its frontiers.
L: (Local)	Local program transmitted via a single transmitter only during the whole transmitting time.

Hex-coding rules for bits b_{11} to b_6 :

Table D.2

Area coverage code	L	I	N	S	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
HEX	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F

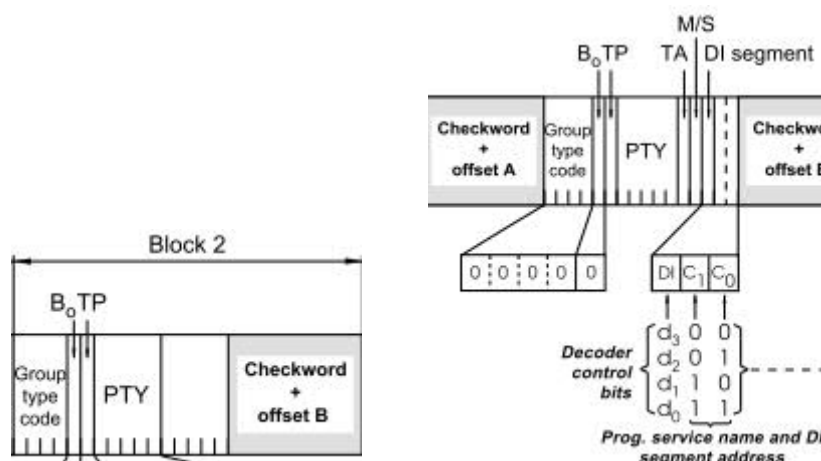
Codes des pays (United States RBDS Standard, April 9, 1998, Specification of the radio broadcast data system)

Le **programme** identifie le programme diffusé

RTL	F211	RTL
RFM	F212	RFM
Europe 1	F213	EUROPE 1
Skyrock	F214	SKYROCK
RTL 2	F215	RTL2
RMC	F216	RMC
Fun Radio	F217	FUN
Nostalgie	F218	NOSTALGI
Virgin Radio	F219	VIRGIN
Radio Néo	F21A	NEO
Ado FM	F21B	ADO FM
Radio Latina	F21C	LATINA
Oui FM	F21D	OUI FM
NRJ	F220	NRJ
Radio Classique	F221	CLASSIQ
Autoroute Info	F222	AUTOROUT
TSF JAZZ	F223	TSF JAZZ
Chérie FM	F224	CHERIE
MFM	F225	MFM
Rire et Chansons	F226	RIRE &
BFM	F227	BFM

Exemples de code de programmes (2 derniers digits) (http://www.csa.fr/maradiofm/radiords_tableau)

Bloc 2 : transmis en deuxième et donne des compléments d'information sur la station écoutée



15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
A ₃ -A ₀				B ₀	TP	PT ₄ -PT ₀					TA	M/S	DI	C ₁ -C ₀	

A₃-A₀ : **group type code**.

Group type	Group type code/version					Flagged in type 1A groups	Description
	A ₂	A ₁	A ₀	B ₀			
0 A	0	0	0	0	0		Basic tuning and switching information only (see 3.1.5.1)
0 B	0	0	0	0	1		Basic tuning and switching information only (see 3.1.5.1)
1 A	0	0	0	1	0		Program Item Number and slow labeling codes only (see 3.1.5.2)
1 B	0	0	0	1	1		Program Item Number (see 3.1.5.2)
2 A	0	0	1	0	0		RadioText only (see 3.1.5.3)
2 B	0	0	1	0	1		RadioText only (see 3.1.5.3)
3 A	0	0	1	1	0		Applications Identification for ODA only (see 3.1.5.5)
3 B	0	0	1	1	1		Open Data Applications
4 A	0	1	0	0	0		Clock-time and date only (see 3.1.5.6)
4 B	0	1	0	0	1		Open Data Applications
5 A	0	1	0	1	0		Transparent Data Channels (32 channels) or ODA (see 3.1.5.8)
5 B	0	1	0	1	1		Transparent Data Channels (32 channels) or ODA (see 3.1.5.8)
6 A	0	1	1	0	0		In House applications or ODA (see 3.1.5.9)
6 B	0	1	1	0	1		In House applications or ODA (see 3.1.5.9)
7 A	0	1	1	1	0	Y	Radio Paging or ODA (see 3.1.5.10 and annex M)
7 B	0	1	1	1	1		Open Data Applications
8 A	1	0	0	0	0	Y	Traffic Message Channel or ODA (see 3.1.5.12)
8 B	1	0	0	0	1		Open Data Applications
9 A	1	0	0	1	0	Y	Emergency Warning System or ODA (see 3.1.5.13)
9 B	1	0	0	1	1		Open Data Applications
10 A	1	0	1	0	0		Program Type Name
10 B	1	0	1	0	1		Open Data Applications
11 A	1	0	1	1	0		Open Data Applications
11 B	1	0	1	1	1		Open Data Applications
12 A	1	1	0	0	0		Open Data Applications
12 B	1	1	0	0	1		Open Data Applications
13 A	1	1	0	1	0	Y	Enhanced Radio Paging or ODA (see annex M)
13 B	1	1	0	1	1		Open Data Applications
14 A	1	1	1	0	0		Enhanced Other Networks information only (see 3.1.5.19)
14 B	1	1	1	0	1		Enhanced Other Networks information only (see 3.1.5.19)
15 A	1	1	1	1	0		Defined in RBDS only
15 B	1	1	1	1	1		Fast switching information only (see 3.1.5.20)

Group Type Code (United States RBDS Standard, April 9, 1998, Specification of the radio broadcast data system)

B₀ : version code

Si B₀=0, le code PI est inséré seulement dans le bloc 1 (version code A). Si B₀=1, le code PI est inséré dans les blocs 1 et 3 (version code B)

TP : Traffic Program Code

TP est un drapeau qui indique si la station reçue émet des informations routières. Lorsqu'il est à 1, cela indique que la station émet automatique le drapeau TA lors de la diffusion des annonces routières. Il peut donc être utilisé pour effectuer une recherche automatique de stations d'informations routières. La radio utilise TA pour automatiquement moduler le volume sonore ou commuter de la lecture CD/clé USB vers la radio lors de la diffusion des annonces routières.

TP	TA	
0	0	La station n'émet pas d'informations routières
0	1	Les informations routières sont reçues via une station EON
1	0	La station peut diffuser elle-même des informations routières et les transmettre éventuellement via EON
1	1	La station diffuse actuellement des informations routières

PT₄-PT₀ : **Program Type code (PTY)**

PTY identifie le type de contenu diffusé.

Number	Code	Program type	8-Character Display ¹	16-Character Display ¹	Number	Code	Program type	8-Character Display ¹	16-Character Display ¹
0	0	No program type or undefined	None	None	16	10000	Rhythm and Blues	R_&_B	Rhythm_and_Blues
1	1	News	News	News	17	10001	Soft Rhythm and Blues	Soft_R&B	Soft_R_&_B
2	10	Information	Inform	Information	18	10010	Foreign Language	Language	Foreign_Language
3	11	Sports	Sports	Sports	19	10011	Religious Music	Rel_Musc	Religious_Music
4	100	Talk	Talk	Talk	20	10100	Religious Talk	Rel_Talk	Religious_Talk
5	101	Rock	Rock	Rock	21	10101	Personality	Persnlty	Personality
6	110	Classic Rock	Cls_Rock	Classic_Rock	22	10110	Public	Public	Public
7	111	Adult Hits	Adlt_Hit	Adult_Hits	23	10111	College	College	College
8	1000	Soft Rock	Soft_Rck	Soft_Rock	24-28	11000-11100	Unassigned		
9	1001	Top 40	Top_40	Top_40	29	11101	Weather	Weather	Weather
10	1010	Country	Country	Country	30	11110	Emergency Test	Test	Emergency_Test
11	1011	Oldies	Oldies	Oldies	31	11111	Emergency	ALERT !	ALERT!_ALERT!
12	1100	Soft	Soft	Soft					
13	1101	Nostalgia	Nostalga	Nostalgia					
14	1110	Jazz	Jazz	Jazz					
15	1111	Classical	Classicl	Classical					

PTY Code (United States RBDS Standard, April 9, 1998, Specification of the radio broadcast data system)

TA : **Traffic Announcement** (voir bit TP)

M/S : **Music/Speech** switch code

M/S = 0 : paroles diffusées

1 : musique diffusée

DI : Decoder Identification. Toujours à 1 pour simplifier.

C₁-C₀ : indique **l'ordre des caractères transmis sur les blocs 3 et 4**

00 : caractères 1 et 2

01 : caractères 3 et 4

10 : caractères 5 et 6

11 : caractères 7 et 8

En effet, la chaîne de caractères transmise par le Program Service Name est limitée à 8 caractères et seulement 2 caractères peuvent être transmis par un groupe. Le nom complet est donc transmis par quatre groupes. Il est donc nécessaire que le récepteur identifie quels caractères de la chaîne il reçoit.

Le CheckWord

Chaque bloc est donc constitué de 26 bits, soit 16 bits de données et 10 bits de checksum.

bits 25-16	bits 15-0
Message m	Checksum c

En base 2, le message s'écrit $m(x) = \sum_{i=0}^{15} m_i \cdot x^i = m_{15} \cdot x^{15} + m_{14} \cdot x^{14} + \dots m_1 \cdot x + m_0$

Le checksum est donné par :

$$c(x) = d(x) + \frac{m(x) \cdot x^{10}}{g(x)} \Big|_{\text{mod } g(x)} ; \text{ la division est une division binaire modulo 2}$$

Dans lequel $g(x)$ est appelé polynôme générateur et $d(x)$ est appelé offset.

$$g(x) = x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^3 + 1 = 10110111001$$

$d(x) = 0011111100$ si offset A (bloc 1)

0110011000 si offset B (bloc 2)

0101101000 si offset C (bloc 3)

0110110100 si offset D (bloc 4)

Le programme en C suivant permet de calculer le checksum complet et de former le bloc de 26 bits à partir du message de 16 bits initial.

```
unsigned short message;
unsigned char mlen=16;
unsigned short POLY = 0x05B9; // polynome generateur = 10110111001,
g(x)=x^10+x^8+x^7+x^5+x^4+x^3+1
unsigned char PLEN = 10;
unsigned short OFFSET[] = {252, 408, 360, 436, 848}; // dans l'ordre offset A, offset B,
offset C, offset D, offset C'
unsigned short checksum;
unsigned short reg;

unsigned char i_blocs;
unsigned char i;

unsigned long trame;

// calcul du checksum pour ce bloc
// -----

reg = 0;
message = ????????????; // les 16 bits du message

for (i=mlen; i>0; i--)
{
```



```

    reg = (reg<<1) | ((message>>(i-1))&0x1);
    if (reg & (1<<PLEN))
        reg = reg^POLY;
}

for (i=PLEN; i>0; i--)
{
    reg = reg<<1;
    if (reg & (1<<PLEN))
        reg = reg^POLY;
}

checksum = reg & ((1<<PLEN)-1);
checksum = checksum ^ OFFSET[i_blocs%4]; // i_blocs%4 pour prendre le modulo : 0-
>offset A, 1->offset B, 2->offset C, 3->offset D

trame = 0;
trame = (((unsigned long)message)<<10) | (((unsigned long)checksum) & 0x000003FF);

```

2) Cas particulier de la maquette

Le but de la maquette est de coder et de transmettre le nom d'une station de radio par le service Program Name Service. Dans un premier temps la trame est fournie pour se focaliser uniquement sur le cadencement de la transmission. Puis dans un deuxième temps le nom de la radio sera reçue par liaison série et la trame sera alors à coder selon la norme.

La trame initiale fournie propose comme nom de station de radio : "**GE1 FM**". Il s'agira d'une station locale du programme OUI FM diffusant de la musique et sans trafic info. A raison de 2 caractères par groupe, il faut donc 4 groupes pour envoyer le nom complet ce qui représente 16 blocs :

Premier groupe

Bloc 1																												
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0			
PI				Type radio				Programme radio								Checksum + offset A												
France				Radio locale				OUI FM																				
1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0			

Bloc 2																											
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
Group type				Bo	TP	PTY (Type prog)				TA	M/S	d3	C1	C0	Checksum + offset B												
0				B	0	Pas de type				Infos de base																	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1		

Bloc 3																											
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
AF1								AF0								Checksum + offset C											
aucune fréquence existe								aucune fréquence existe																			
1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1		

Bloc 4																									
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Text character 1								Text character 2								Checksum + offset D									
G								E																	
0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0

Deuxième groupe

Bloc 1																									
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
PI				Type radio				Programme radio								Checksum + offset A									
France				Radio locale				OUI FM																	
1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0

Bloc 2																									
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Group type				Bo	TP	PTY (Type prog)				TA	M/S	d2	C1	C0	Checksum + offset B										
0				B	0	Pas de type				Infos de base															
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0

Bloc 3																									
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
AF1								AF0								Checksum + offset C									
aucune fréquence existe								aucune fréquence existe																	
1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1

Bloc 4																									
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Text character PS1								Text character PS0								Checksum + offset D									
1								SP																	
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1

Troisième groupe

Bloc 1																									
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
PI				Type radio				Programme radio								Checksum + offset A									
France				Radio locale				OUI FM																	
1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0

Bloc 2																									
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Group type				Bo	TP	PTY (Type prog)				TA	M/S	d1	C1	C0	Checksum + offset B										
0				B	0	Pas de type				Infos de base															
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1

Bloc 3																									
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
AF1								AF0								Checksum + offset C									
aucune fréquence existe								aucune fréquence existe																	
1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1

Bloc 4																									
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Text character PS1								Text character PS0								Checksum + offset D									
F								M																	
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1

Quatrième groupe

Bloc 1																									
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
PI				Type radio				Programme radio								Checksum + offset A									
France				Radio locale				OUI FM																	
1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0

Bloc 2																									
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Group type				Bo	TP	PTY (Type prog)				TA	M/S	d0	C1	C0	Checksum + offset B										
0				B	0	Pas de type				Infos de base															
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0

Bloc 3																											
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
AF1								AF0								Checksum + offset C											
aucune fréquence existe								aucune fréquence existe																			
1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1		

Bloc 4																											
25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
Text character 1 PS1								Text character 2 PS0								Checksum + offset D											
SP								SP																			
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0		

Ces quatre groupes forment donc la trame binaire de 416 bits :

```

111100100001110101001010000000000000000100010100110111110000011100000101100100101000111
01000101111001010011110010000111010100101000000000000000100111001000101110000011100000
10110010010011000100100000110000101111100100001110101001010000000000000000101001111010
0111100000111000001011001001010001100100110100010010111110010000111010100101000000000
000000101100010100001110000011100000101100100100100000001000000011011100

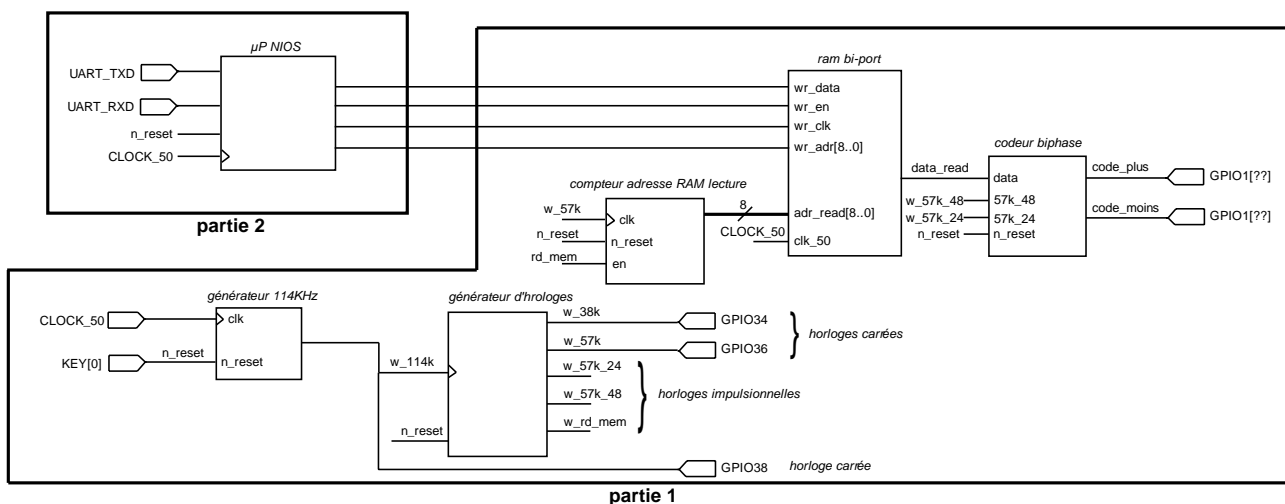
```

Travail à réaliser

Cette étude comporte deux grandes parties. Elle sera implantée sur la carte DE2 équipée d'un FPGA.

La partie 1 est à étudier, réaliser et tester en premier. C'est l'objectif principal. Elle consiste à générer les signaux d'horloge nécessaires pour la lecture et le codage de la trame binaire, à lire cette dernière bit par bit en boucle d'une mémoire de type RAM bi port et à la coder en biphase. Un montage analogique sera branché en sortie et permettra à un récepteur du commerce d'afficher le nom de la station émise (GE1 FM).

La partie 2, qui sera étudiée seulement lorsque la première partie fonctionnera, permettra de modifier en temps réel le nom de la station qui est codé et transmis. Pour cela un microprocesseur NIOS sera implanté dans le FPGA et le programme qui sera réalisé donnera la possibilité de recevoir le nom par liaison série, de former les quatre groupes nécessaires de la trame et d'écrire les bits correspondants dans la mémoire RAM bi port. La première partie qui récupère le contenu de la RAM enverra donc à l'émetteur le nouveau nom.



Première partie : transmission de la trame binaire stockée en RAM

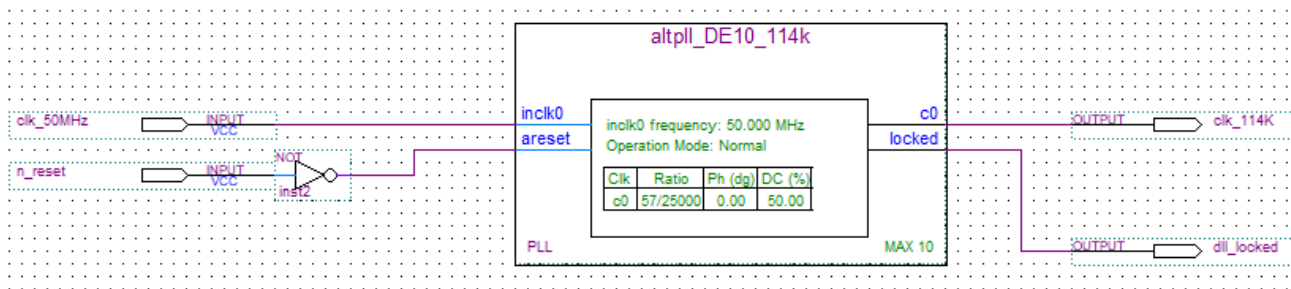
Le principe est le suivant : les 416 bits correspondant aux quatre groupes de 104 bits sont stockés dans une RAM interne au FPGA. Le séquençement utilisant soit 57KHZ/48, soit 57KHz/24, il faut donc commencer par produire une fréquence 57 KHz à partir de l'horloge de 50 MHz du FPGA. Un deuxième bloc fournit ensuite les signaux impulsionnels de 57 KHz/48, 57 KHz/24 et les signaux de validation pour le compteur d'adresse de la mémoire. Le codeur biphase fournit ensuite deux sorties complémentées pour le modulateur. Chaque bloc fera l'objet d'un cahier des charges détaillé.

Générateur d'horloge 114 KHz

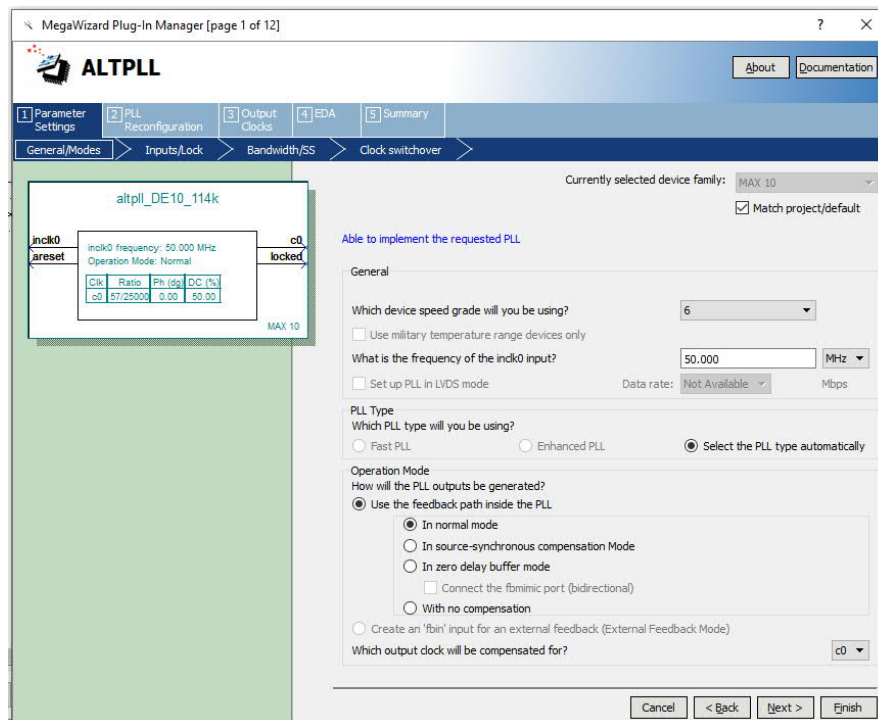
L'horloge de 57 KHz ne peut pas s'obtenir telle quelle par division de fréquence à partir de l'oscillateur de 50 MHz de la carte DE2. En effet, le facteur de division serait de :

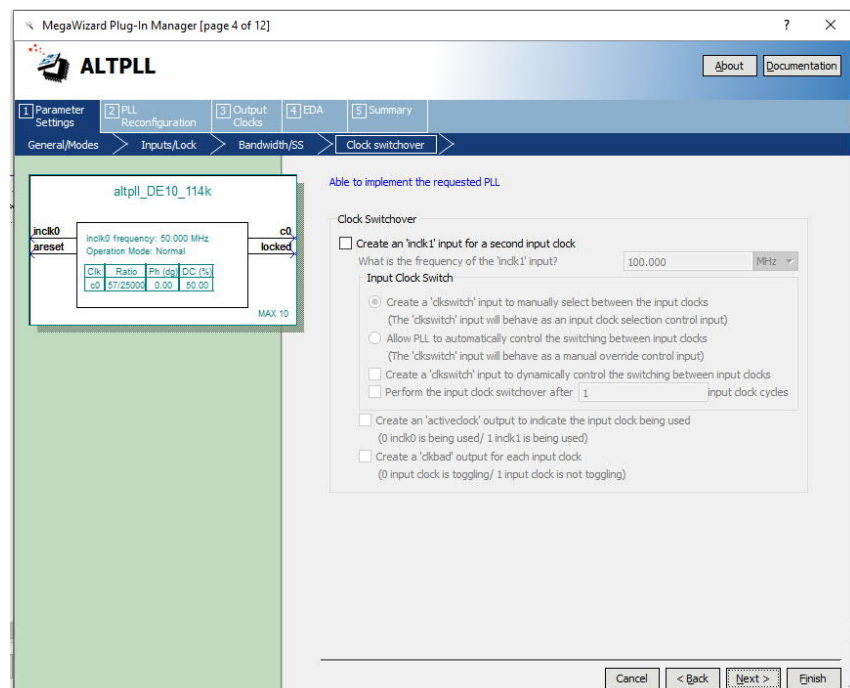
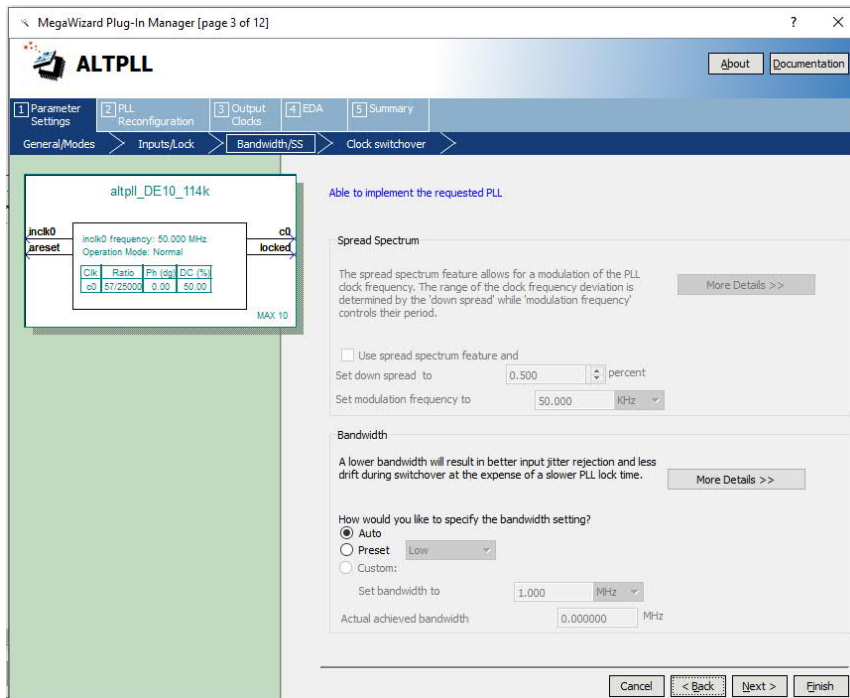
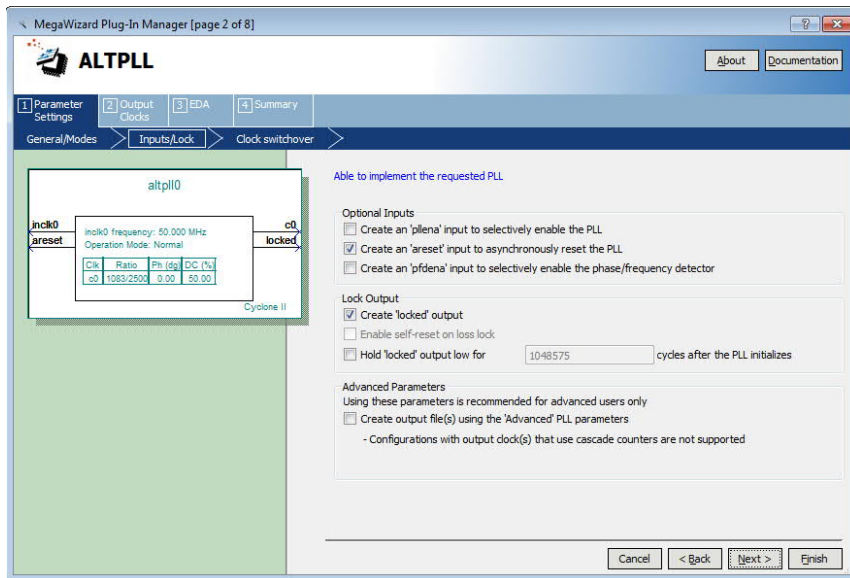
$$\frac{50 \times 10^6}{114 \times 10^3} = 438,596491 \dots$$

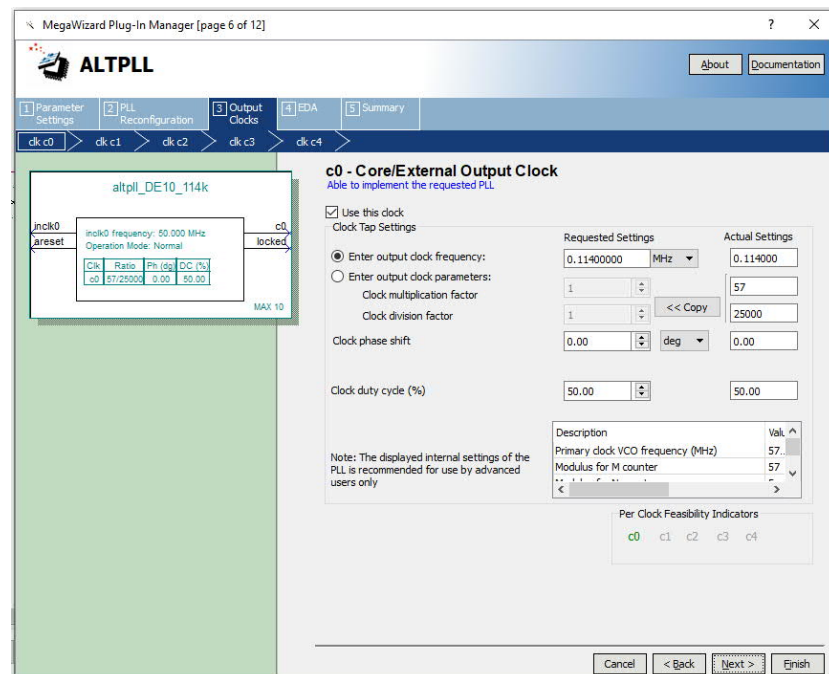
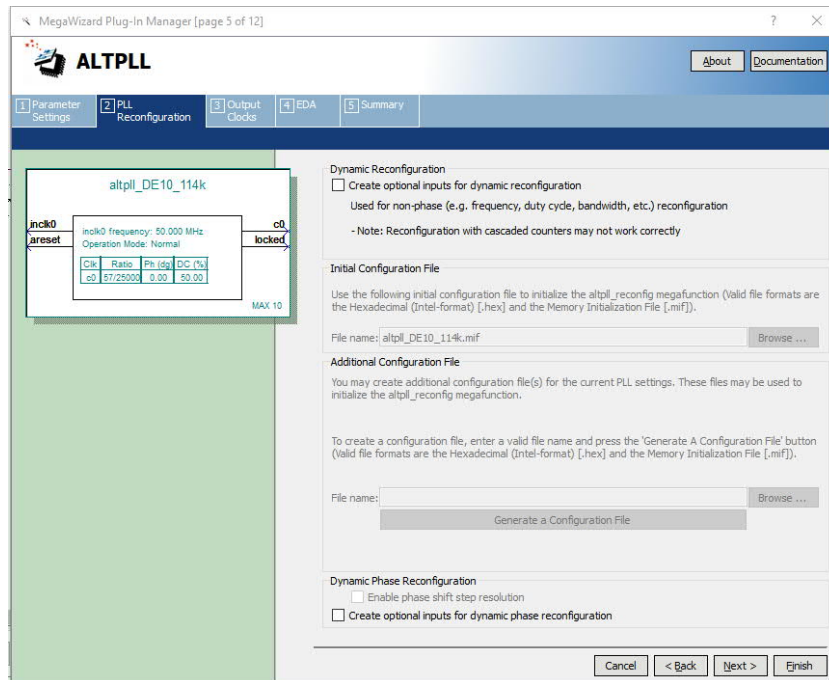
Le design va donc utiliser un bloc interne du FPGA appelé DLL qui a la particularité de pouvoir multiplier et diviser la fréquence. Le bloc générateur de 114 KHz à étudier utilise ce bloc **altpll** qui fournira la fréquence de 114 KHz (cette fréquence divisée ensuite en parallèle dans un autre bloc par 2 pour donner 57 KHz et par 3 pour donner 38 KHz. Ces trois fréquences seront envoyées en sortie de la carte pour servir de fréquences pilotes à l'émetteur FM).



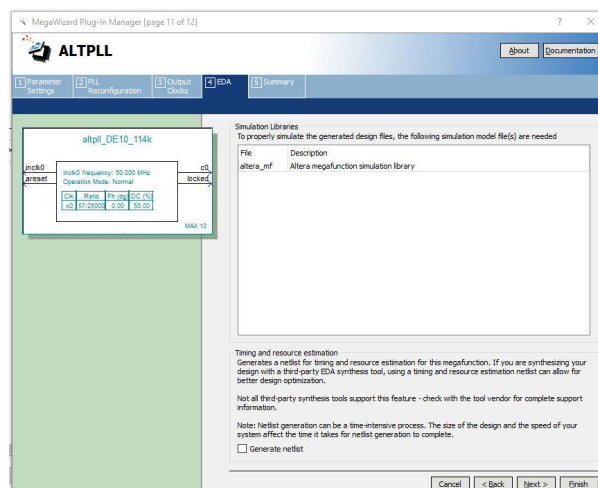
Le bloc altpll s'obtient dans les symbols>altera...>megafunctions>IO>altpll. Un wizard s'affiche alors. Enchaînez les différentes fenêtres telles que présentées ci-dessous.

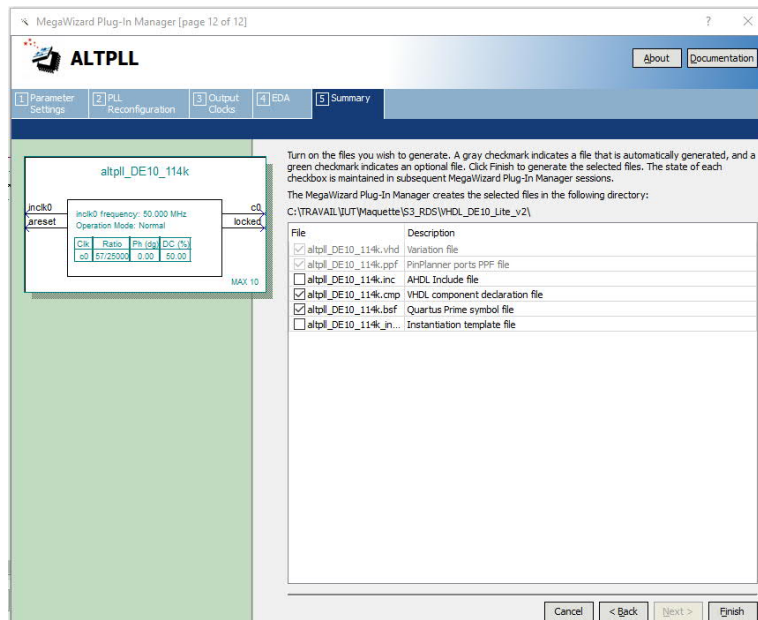






Laisser les sorties c1, c2, c3, c4 inactives (ne pas cocher la case "use this clock")

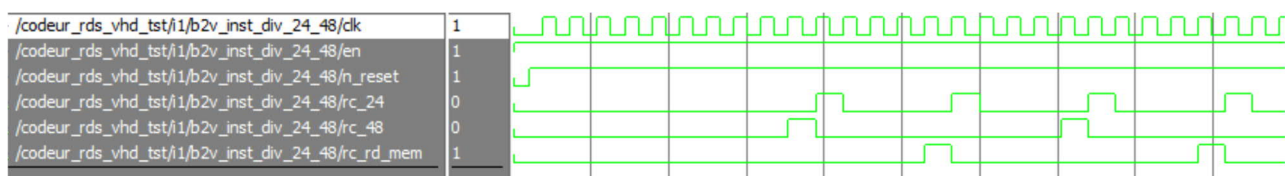




Une fois l'ensemble réalisé, simulé et testé (mesures à l'oscilloscope), faites-en un symbol.

Le bloc générateur de signaux d'horloge

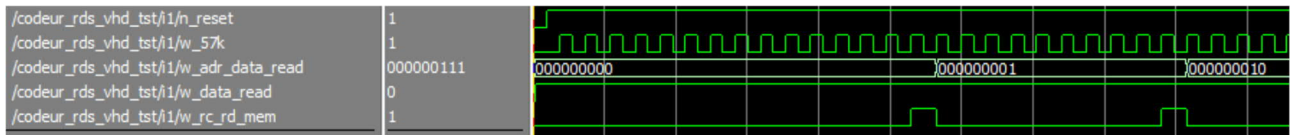
Le bloc générateur de signaux d'horloge va permettre de délivrer à partir du signal 114 KHz deux signaux carrés différents : 57 KHz et 38 KHz; et trois signaux différents impulsionnels : 57 KHz/48 (rc_48 sur la figure ci-dessous), 57 KHz/24 (rc_24 sur la figure ci-dessous) et le signal de commande du compteur d'adresse mémoire de la mémoire (rc_rd_mem sur la figure ci-dessous).



Il faut que le signal de 57 KHz/48 soit délivré en premier dans la séquence comme dans le chronogramme ci-dessus. Sa sortie dure une impulsion de l'horloge de 57 KHz. Le signal de 57 KHz/24 dure aussi une impulsion d'horloge mais est décalée d'une période d'horloge par rapport à la précédente pour permettre au codeur biphase d'échantillonner correctement la donnée à coder. Le signal rd_mem est aussi impulsionnel, de fréquence 57 KHz/48, mais son impulsion se situe entre deux impulsions de 57 KHz/48 pour permettre à la mémoire de délivrer sa donnée avant qu'elle ne soit échantillonnée par le codeur biphase.

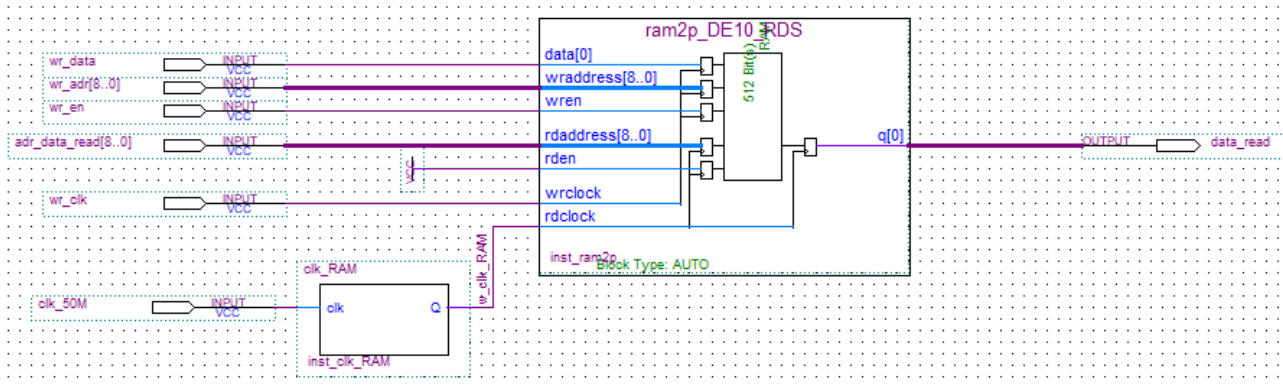
Le compteur d'adresse de la RAM en lecture

Comme le montre le chronogramme ci-dessus, le compteur d'adresse fonctionne en full-synchrone et incrémente l'adresse générée à chaque impulsion rd_mem.

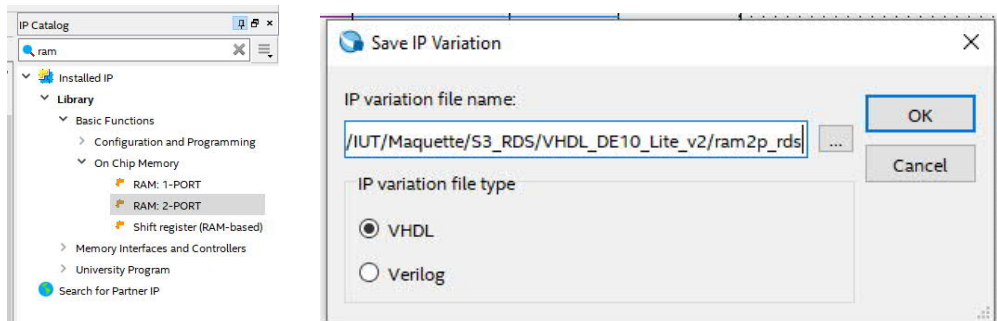


La mémoire bi port

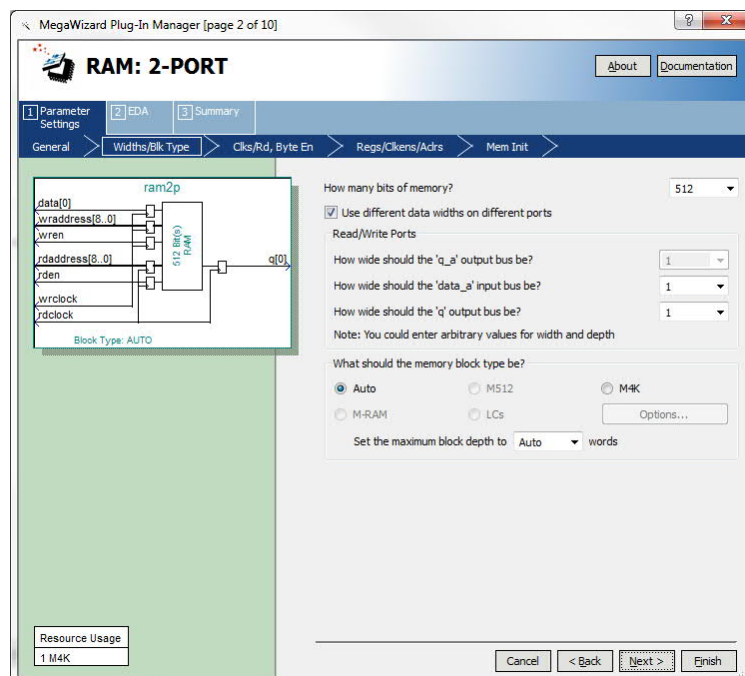
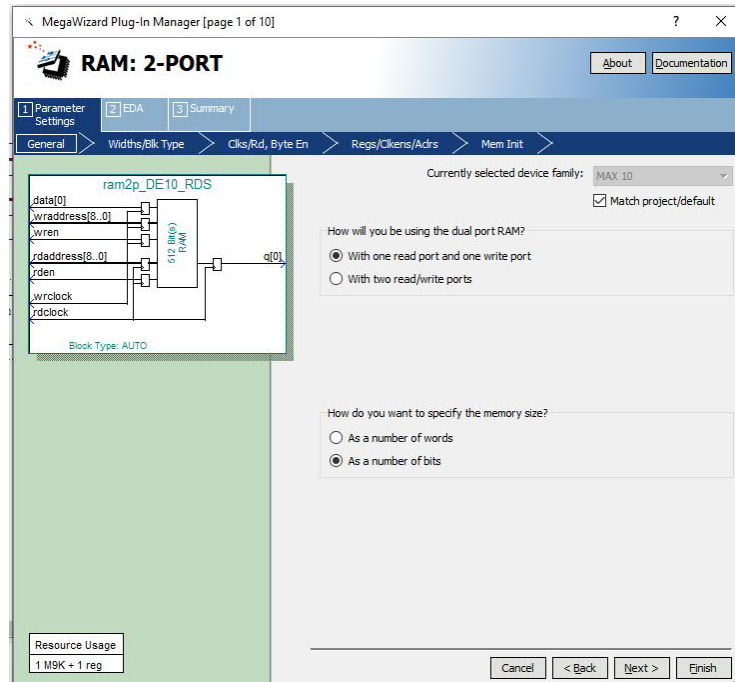
Le bloc mémoire bi port utilise un diviseur d'horloge fournissant 1 MHz pour le signal d'horloge lecture de la mémoire et un bloc ram 2 ports.

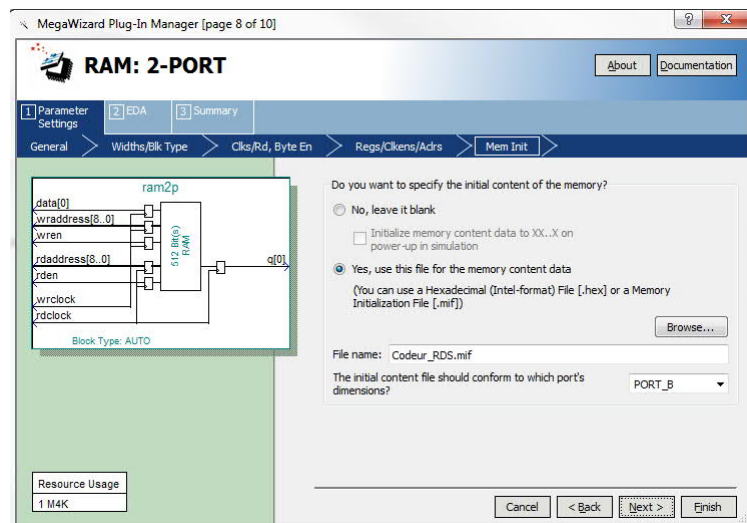
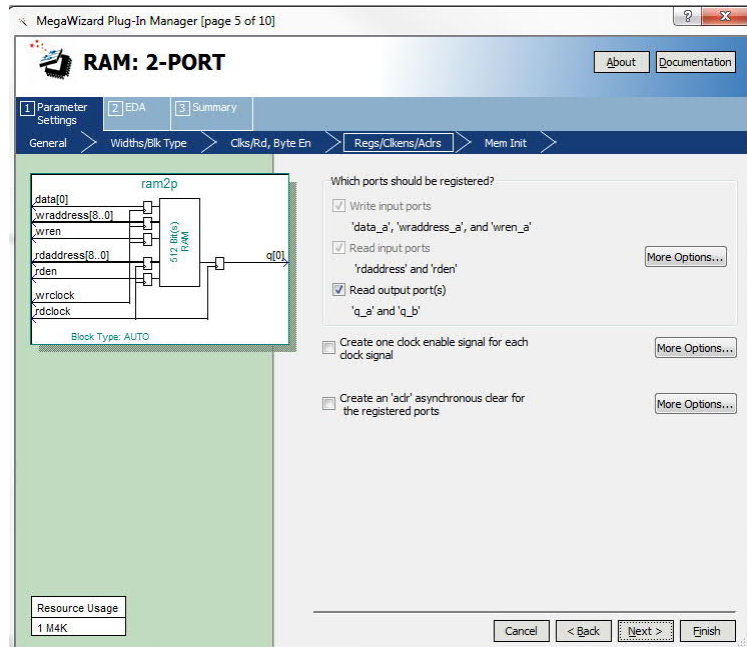
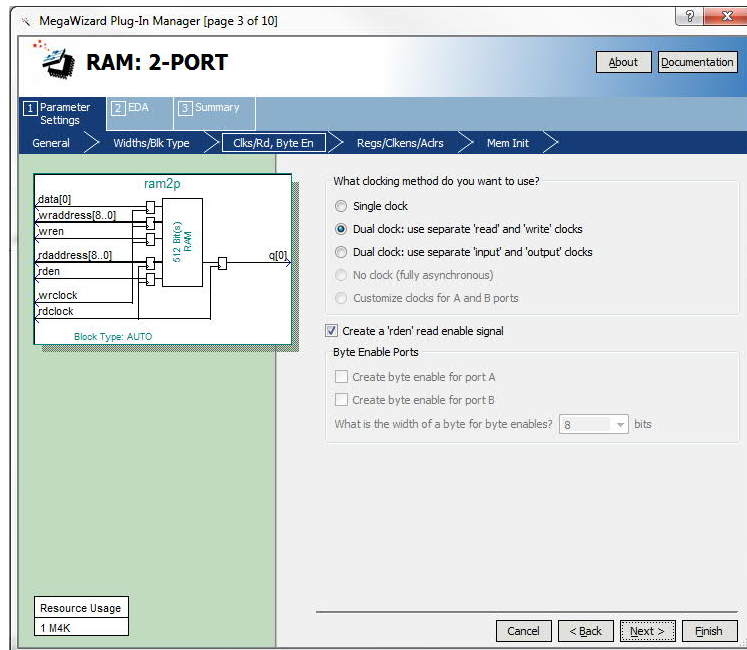


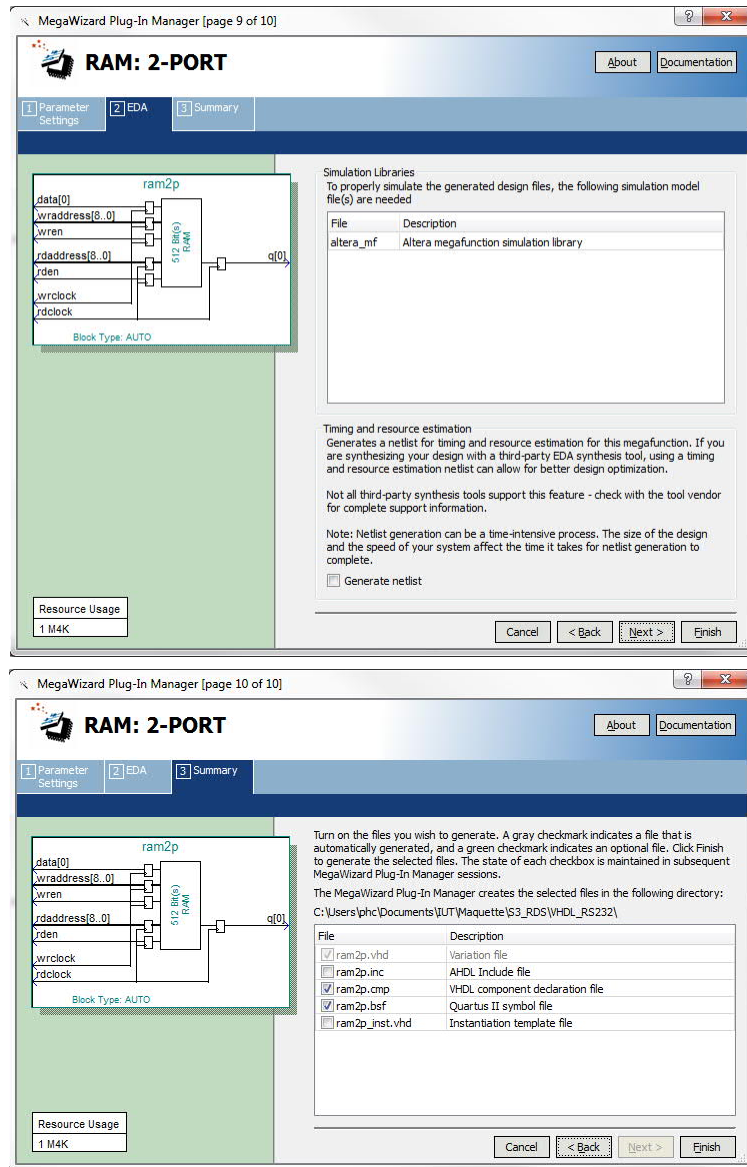
Pour fabriquer la ram, il faut instancier un objet ALTERA RAM-2P. Dans IP Catalog, développez On Chip Memory et sélectionnez RAM: 2-PORT. Puis dans la fenêtre IP Variation, donnez un nom à votre ram et sélectionnez VHDL.



Enchaenez ensuite les fenêtres suivantes pour fabriquer une RAM bi-port qui contiendra 416 données de 1 bit :







Les chronogrammes à respecter pour accéder à ce type de RAM en lecture ou en écriture sont données figure suivante.

Figure 4–8. Address Clock Enable During Read Operation

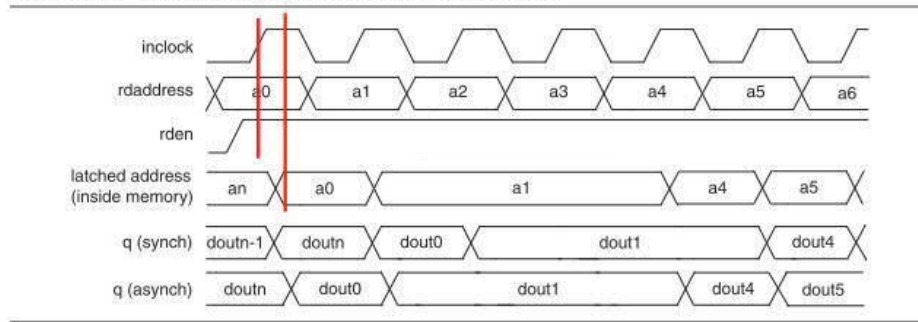
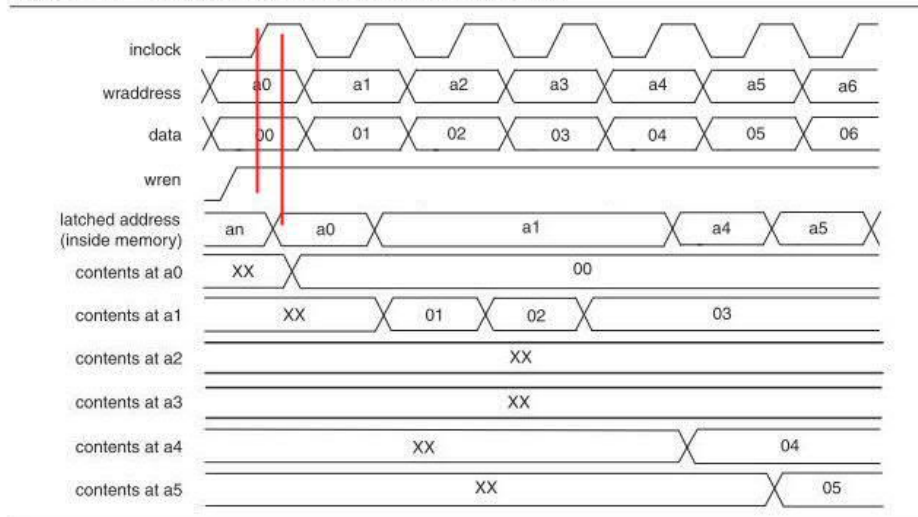
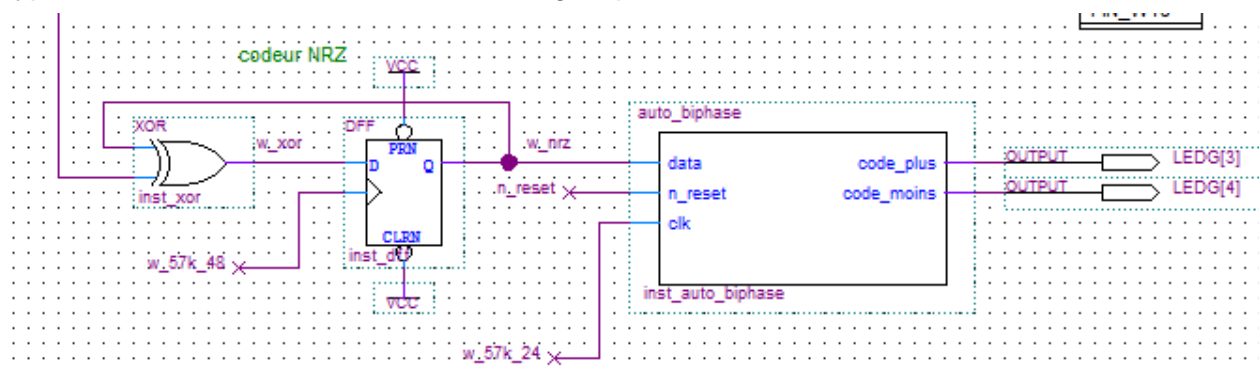


Figure 4–9. Address Clock Enable During Write Operation

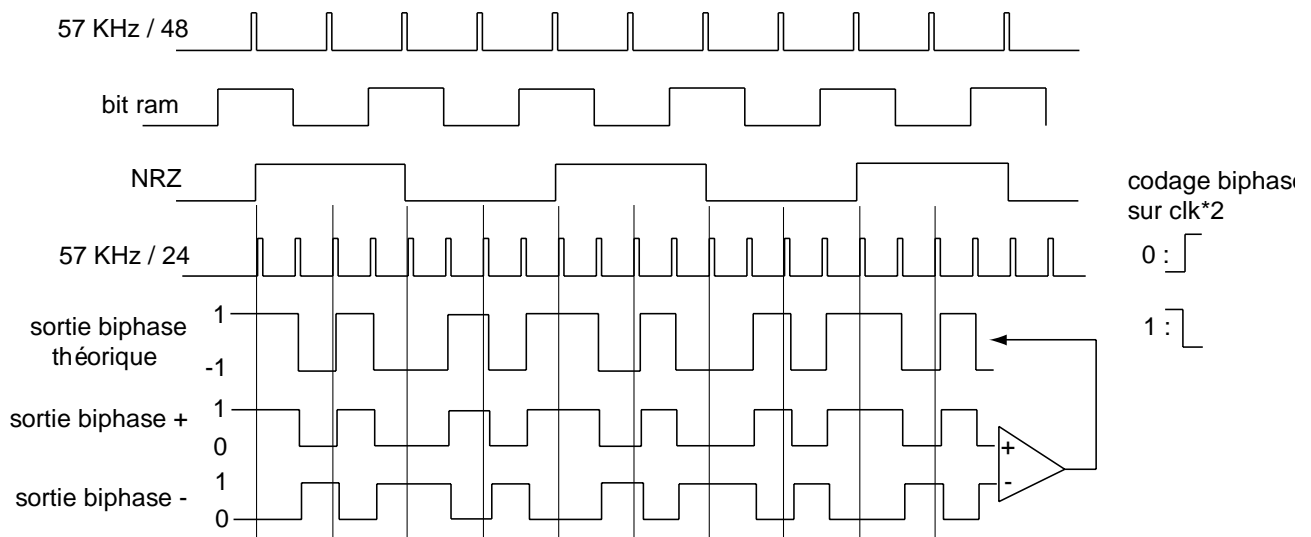


Le bloc codeur biphasé :

Le bloc codeur biphasé est formé par deux étages : un premier effectuant un codage différentiel de type NRZ et le deuxième réalisant le codage biphasé.



Le principe est illustré par le chronogramme suivant : l'information en sortie de la ram (bit ram) est traité par le codeur NRZ à 57 KHz/48 (bascule T). Sa sortie est ensuite traitée par le codeur biphasé à une fréquence double avec le principe suivant : si le bit vaut 0, il y a un enchaînement 0-1 à cette fréquence double, si le bit vaut 1, il y a un enchaînement 1-0 à cette même fréquence double. Le seul problème est que en théorie la sortie d'un tel codeur est comprise entre $-A$ et $+A$ pour que la valeur moyenne soit nulle. Ce n'est malheureusement pas possible avec un circuit logique dont la sortie évolue entre 0 et A.



La solution consiste donc en fournissant deux sorties complémentées (sortie biphase+ et sortie biphase -) qui seront ensuite traitées par un Amplificateur opérationnel monté en soustracteur;

Arrivé à ce stade, votre système doit pouvoir émettre le nom de la station (GE1 FM) via un complément analogique et ce nom doit s'afficher sur le récepteur.

Deuxième partie : microcontrôleur et production de la trame en RAM

Cette partie fera l'objet d'une présentation spéciale pendant les séances.

ANNEXE RDS

Pour plus d'informations, le lecteur pourra se reporter au document rbds1998.pdf.

PS (Program Service name) / SPS (Scrolling Program Service name)

Le nom de la station, composée de huit caractères alphanumériques, peut être affiché sur l'écran du récepteur en mode statique. Sauf cas particulier, toutes les stations proposent ce service. La norme RDS stipule que les huit caractères doivent être fixes, et représenter le nom de la station. En réalité, un certain nombre de radios ont détourné ce service pour y faire passer des informations dynamiques. Cependant, le RDS comprend un service adapté aux informations dynamiques, le radiotexte.

En mode dynamique le système utilise le service SPS. Il est alors possible de transmettre des textes plus longs que 8 caractères (nom de station, artiste, titre ...). Ce mode est optionnel.

Les codes PS et SPS sont transmis dans les groupes A et B.

AF (Alternative Frequencies)

Liste des fréquences des émetteurs voisins de la même station. Lorsque la réception de la station devient trop mauvaise, les radios utilisent cette liste pour commuter automatiquement sur une autre fréquence la diffusant.

Deux méthodes sont utilisées.

Méthode A : le nombre de fréquences alternative est placée avant la liste des fréquences elle-même limitée à 25 fréquences (ex. pour 5 fréquences alternatives : 5 AltFreq1 AltFreq2 AltFreq3 AltFreq4 AltFreq5).

Méthode B : utilisée si le nombre de fréquences alternatives est supérieur à 25 ou bien que la station permet la transmission d'informations régionales spécifiques. Les fréquences sont transmises par paires (12) (ex pour 3 fréquences alternatives : 7 StationFreq – StationFreq AltFreq1 – StationFreq AltFreq2 - StationFreq AltFreq3).

Les codes AF sont transmis dans le groupe 0A.

CT (Clock Time)

Le RDS permet la transmission de l'heure, et donc le réglage de l'horloge du récepteur. Il utilise l'heure UTC (Universal Time Coordinated) et le format Modified Julian Day (MJD). La station émettrice est responsable de la fiabilité des informations transmises.

Le code CT est transmis par le groupe 4A.

TP (Traffic Program) / TA (Traffic Announcement)

TP est un drapeau qui indique si la station reçue émet des informations routières. Lorsqu'il est à 1, cela indique que la station émet automatique le drapeau TA lors de la diffusion des annonces routières. Il peut donc être utilisé pour effectuer une recherche automatique de stations d'informations routières. La radio utilise TA pour automatiquement moduler le volume sonore ou commuter de la lecture CD/clé USB vers la radio lors de la diffusion des annonces routières.

TP	TA	
0	0	La station n'émet pas d'informations routières

0	1	Les informations routières sont reçues via une station EON
1	0	La station peut diffuser elle-même des informations routières et les transmettre éventuellement via EON
1	1	La station diffuse actuellement des informations routières

Les drapeaux TP et TA sont transmis sur les groupes 0A, 0B et 15B.

EON (Enhanced Other Networks)

Les informations EON constituent des références croisées entre des programmes différents. Cela permet à un récepteur de passer sur une autre station lorsqu'une annonce routière y est diffusée. Le basculement ne dure que le temps de la diffusion de l'annonce ; le récepteur se recalcule ensuite sur le programme d'origine. Par exemple, en France, les radios du groupe Radio France se référencent mutuellement, de même que 107,7 MHz, la fréquence autoroutière. Ainsi, lorsqu'un automobiliste écoute l'une de ces radios, il peut bénéficier des informations trafic diffusées sur n'importe-laquelle des autres.

Les codes EON sont transmis sur les groupes 14A et 14B. Le 14B est utilisé pour indiquer un changement du drapeau TA sur une des stations référencées.

RT (Radio Text) / RT+

Le radiotexte permet la diffusion de textes par l'intermédiaire du RDS. Les textes en question peuvent alors s'afficher à la demande sur l'écran des récepteurs. Très exploité en Allemagne notamment, ce service l'est encore peu en France, même si certains réseaux l'utilisent pour transmettre les références des morceaux musicaux en cours de diffusion.

Le RT+ est un service complémentaire du radiotexte (RT) introduit en 2008 dans la nouvelle version de la norme RDS, qui consiste à étiqueter certains des passages textuels des messages de radiotexte par des métadonnées décrivant leur nature. Par exemple, on peut indiquer qu'un certain fragment de message est un titre de chanson, un nom d'artiste, ou le numéro de téléphone de la radio. Ainsi, les terminaux peuvent présenter ces informations de façon structurée. Par exemple, un téléphone mobile équipé d'un récepteur radio avec RT+ pourra proposer de composer automatiquement le numéro de la radio, car il l'aura identifié comme tel.

Le code RT, limité à 64 caractères est transporté par les groupes 2A et 2B.

PTY (Program Type) / PTYN (Program Type Name)

Il est possible d'indiquer le type de programme diffusé parmi 32 types prédéfinis (fonctionnalité PTY). Certains récepteurs permettent un balayage sélectif des stations mémorisées, en fonction du type de programme plébiscité. Certaines stations modifient constamment leur code PTY de façon à correspondre au mieux à leurs émissions, mais d'autres préfèrent ne pas indiquer de type de programme de façon à être incluses systématiquement dans les balayages. Grâce au service associé PTYN, il est même possible théoriquement de raffiner le type de programme en émettant un titre sur huit caractères (exemple : PTY correspondant au type générique « sport », PTYN contenant le texte « football »). Le PTYN n'est pas utilisé en pratique.

Le code PTY est transporté par le groupe 10A.

PI (Program Identification) / ECC (Extended Country Code)

Le code PI est un code unique attribué à chaque station, qui permet aux récepteurs de l'identifier à coup sûr lors d'un changement de fréquence. Le code PI est un code sur 16 bits, dont les 4 premiers identifient le pays. Cela donne donc 16 possibilités seulement pour le pays : l'unicité des codes PI n'est réellement obtenue que pour des pays voisins. Le code PI est donc complété par un code de pays ECC : le couple PI+ECC constitue un identifiant réellement unique d'une station au niveau mondial.

Le code PI est transmis dans chaque groupe.

Le code ECC est transmis dans le groupe 1A.

TMC (Traffic Message Channel)

Le RDS est l'une des voies de transmission possibles pour les données d'information routières et de voyage TMC.

Services annexes Le RDS peut être utilisé à d'autres fins : transmission de données publiques (TDC, transparent data channel) ou privées (IH, in-house applications), radiomessagerie, autres services accessibles au public et dûment enregistrés (ODA, open data applications).

Groupe 8A.