

Radio Data System

**Génération du flux en bande de base
au moyen d'une carte son**

Robert Langmeier

Novembre 2000 et mars 2002

Tables des matières

1	But du projet RdsEnc	1
2	Génération du signal RDS (Radio Data System)	1
2.1	Réponse en fréquence du filtre en Cosinus $H_T(f)$	2
2.2	Spectre (partiel) des impulsions de Dirac	2
2.3	Spectre des impulsions de Dirac passants par le filtre en Cosinus	3
2.4	Réponse temporelle des impulsions de Dirac passants par le filtre en Cosinus	3
2.5	Composition de la réponse temporelle	4
2.6	Visualisation de toutes les combinaisons temporelles	5
2.7	Echantillons produits sur 8 bits	6
2.8	Echantillons produits sur 16 bits	8
3	Bibliographie	9

Remerciements

Je remercie Laurent Bühlmann pour l'aide qu'il m'a apporté dans la résolution de cette solution à l'aide de Mathematica.

1 But du projet RdsEnc

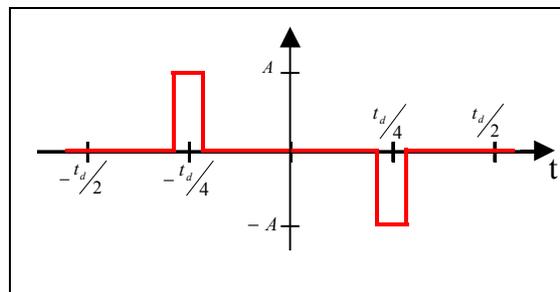
Le but de ce projet est de générer le signal RDS sur la sortie de la carte son en bande de base et de moduler une sous porteuse à 57kHz à double bande latérale et sous-porteuse supprimée. La génération du flux de bit n'est pas un problème en soi et est relativement simple.

La partie un peu plus complexe est la conversion de ce flux selon la norme RDS, cette dernière nécessitant un filtrage électronique performant. La méthode adoptée dans notre projet est de générer directement le signal résultant sur la sortie de la carte son.

Le traitement numérique des signaux permet d'obtenir le signal résultant déjà filtré, de façon à limiter l'électronique nécessaire au strict minimum.

2 Génération du signal RDS (Radio Data System)

La transmission des données RDS repose sur la minimisation de la puissance du signal par un encodage en un symbole biphasé. Le codage d'un niveau logique 1 est représenté à la figure suivante:



$$t_d = \frac{1}{1187.5} \text{ s} \quad (1)$$

La fonction utilisée pour générer ces impulsions est:

$$e(t) = \delta\left(t + \frac{t_d}{4}\right) - \delta\left(t - \frac{t_d}{4}\right) \quad (2)$$

où $\delta(t)$ est la fonction delta de Dirac.

Les harmoniques produites par ce type de signal étant incompatible avec la bande passante disponible, il convient de le filtrer. La fonction caractéristique du filtre est:

$$H_T(f) = \begin{cases} \cos\left(\frac{\pi f t_d}{4}\right) & , 0 \leq f \leq \frac{2}{t_d} = 2375 \text{ Hz} \\ 0 & f > \frac{2}{t_d} = 2375 \text{ Hz} \end{cases} \quad (3)$$

Pour générer le signal numériquement, nous allons utiliser la transformée de Fourier pour effectuer le filtrage par convolution.

La transformée de Fourier dans le domaine fréquentiel est donnée par

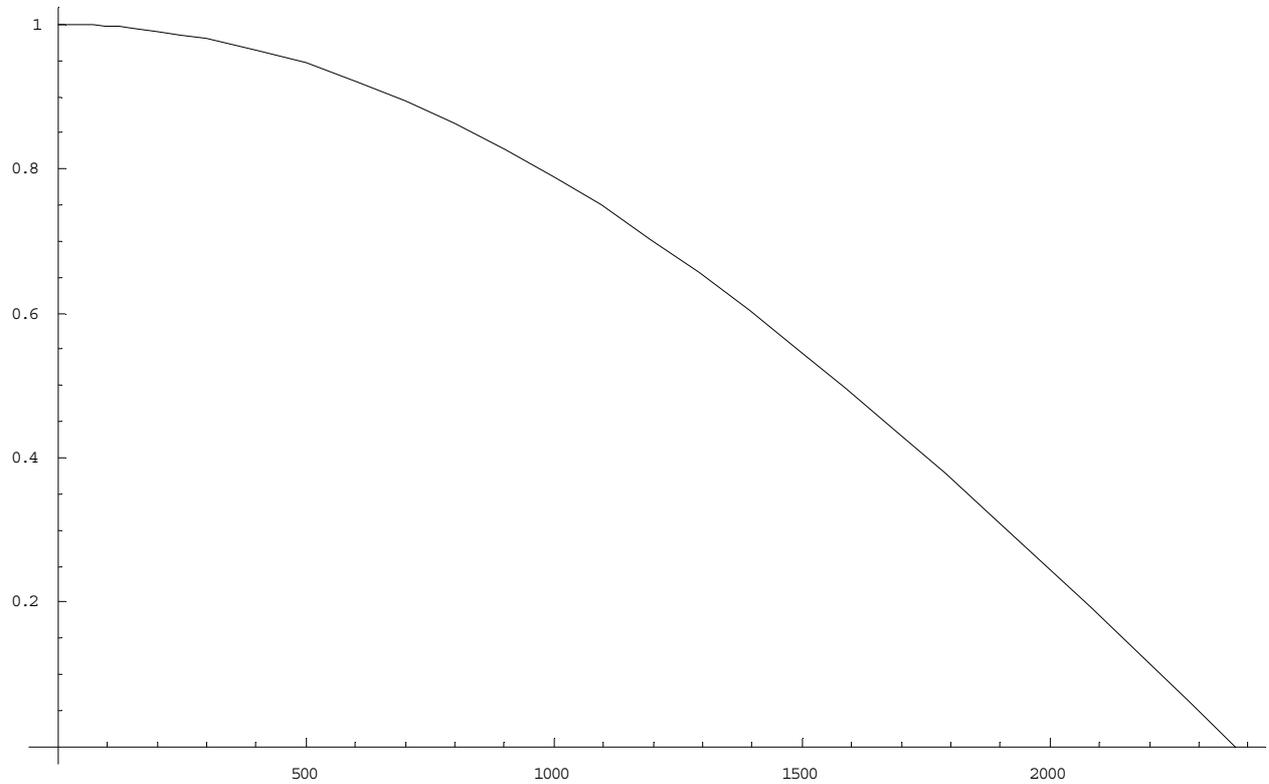
$$F(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \cdot e^{-i2\pi f t} dt \quad (4)$$

Pour repasser dans le domaine temporel, nous devons effectuer une transformée inverse de Fourier qui s'écrit comme

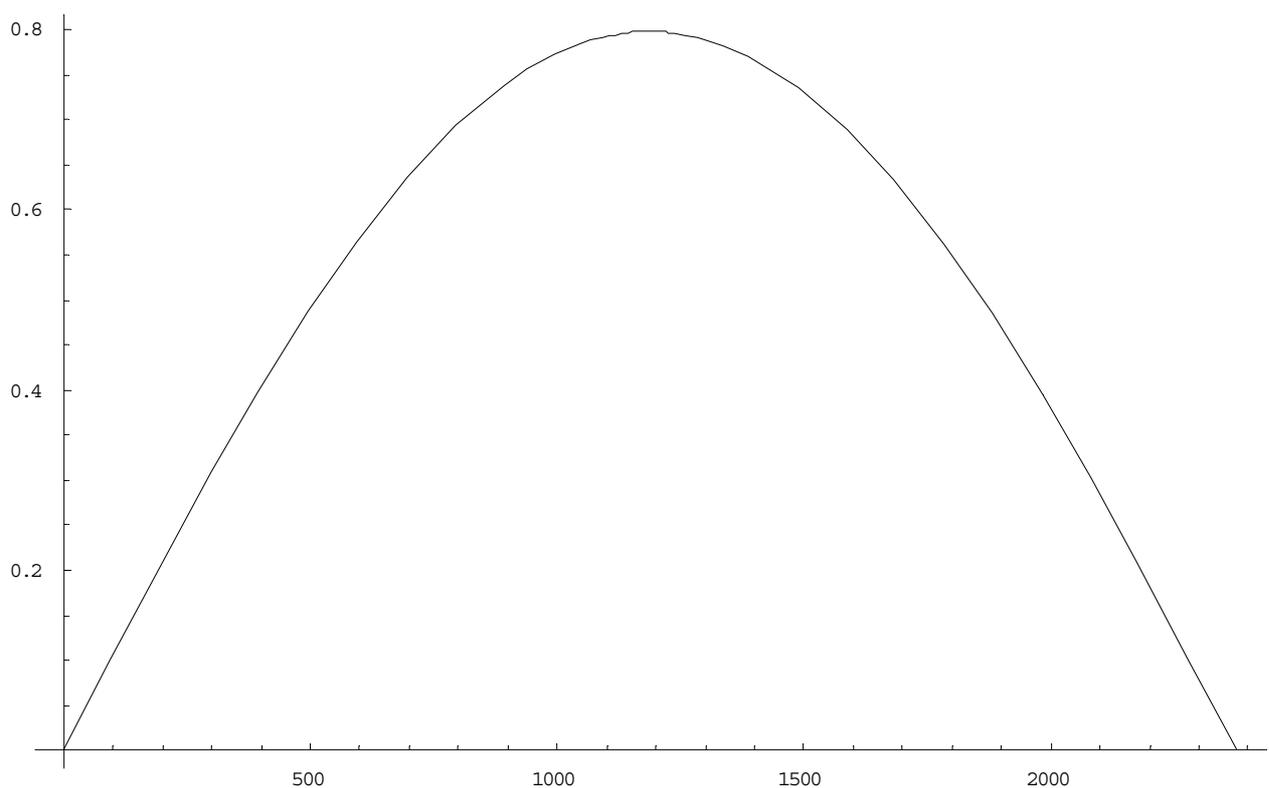
$$f(t) = \int_{-\infty}^{\infty} F(f) \cdot e^{i2\pi ft} df \quad (5)$$

La résolution du problème a été effectuée à l'aide du logiciel Mathematica, aucune solution analytique simple n'existant pour ce problème.

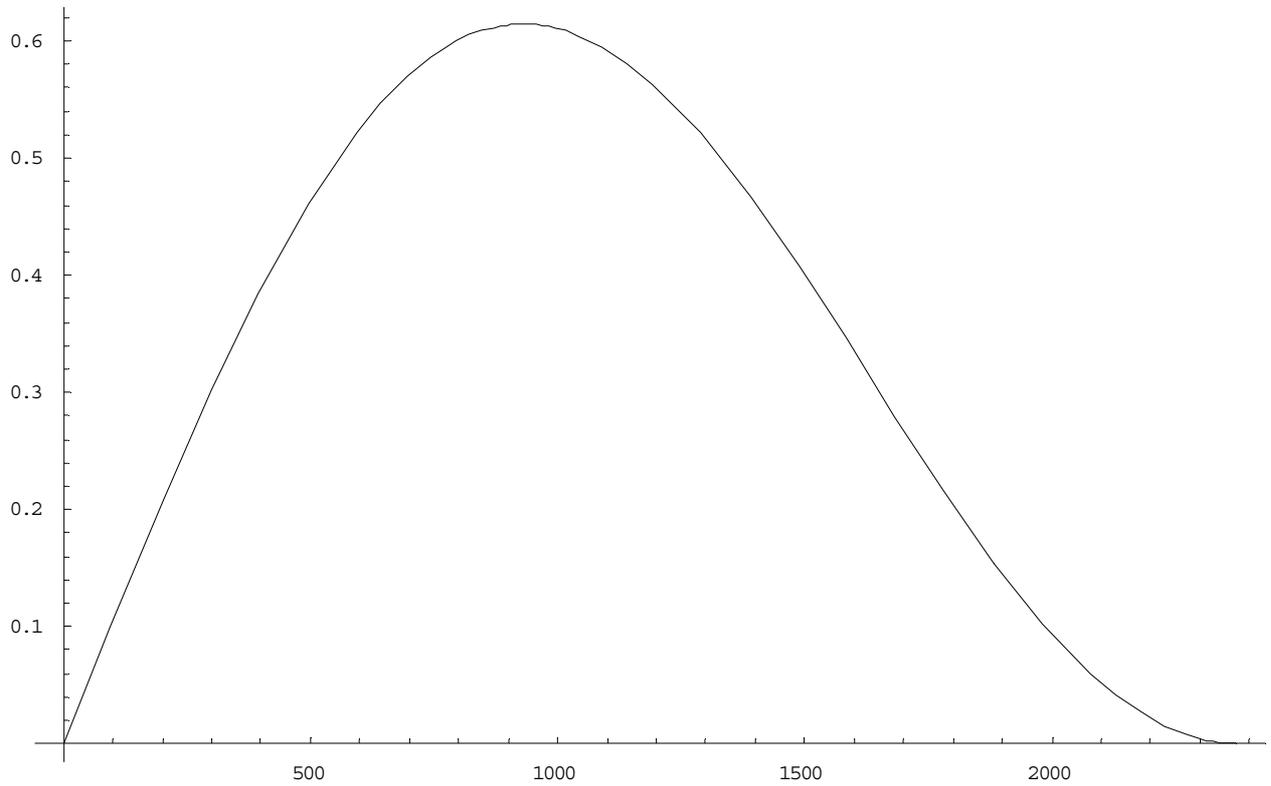
2.1 Réponse en fréquence du filtre en Cosinus $H_T(f)$



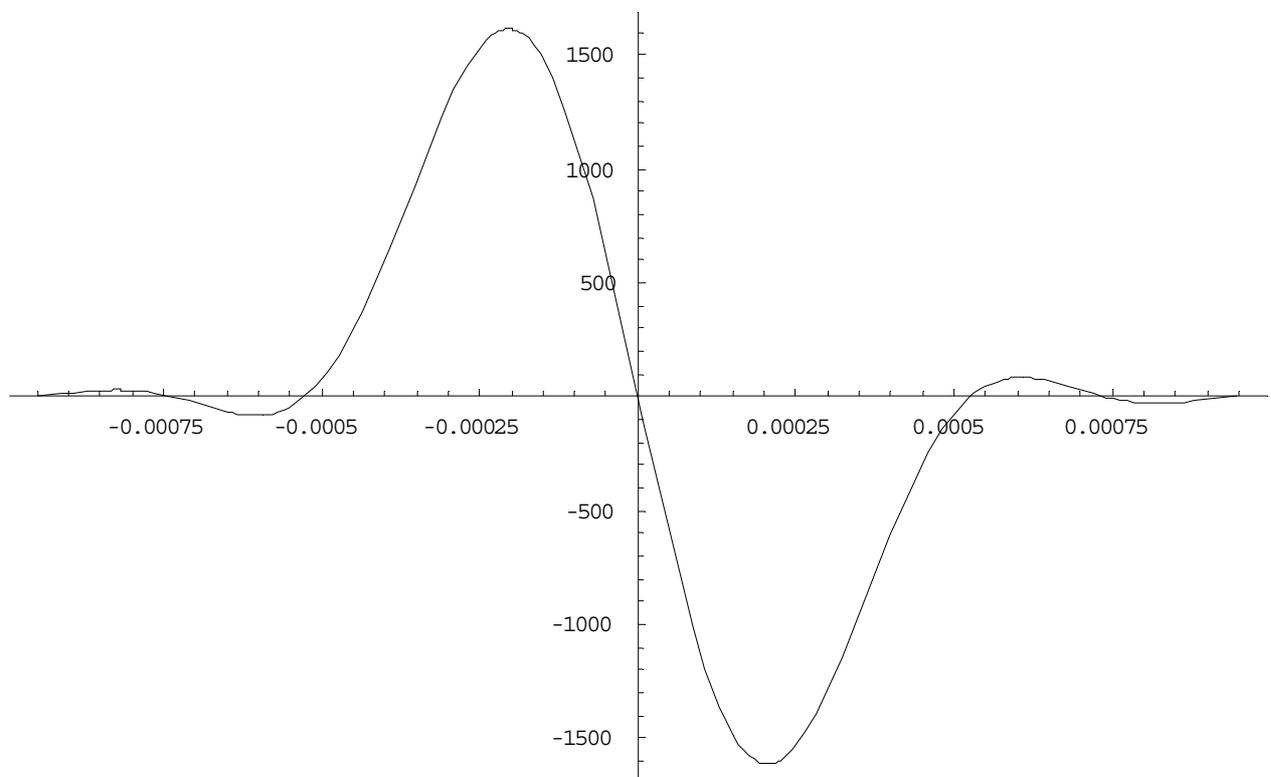
2.2 Spectre (partiel) des impulsions de Dirac



2.3 Spectre des impulsions de Dirac passants par le filtre en Cosinus

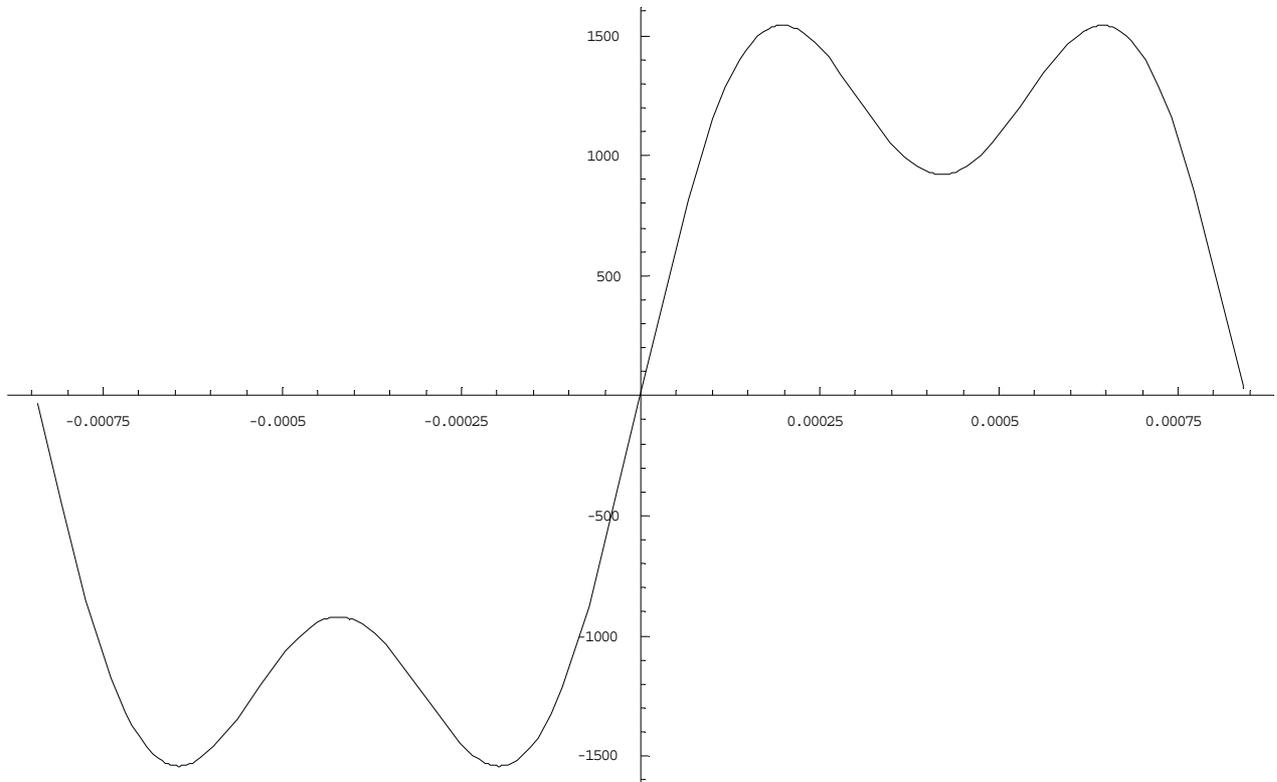


2.4 Réponse temporelle des impulsions de Dirac passants par le filtre en Cosinus

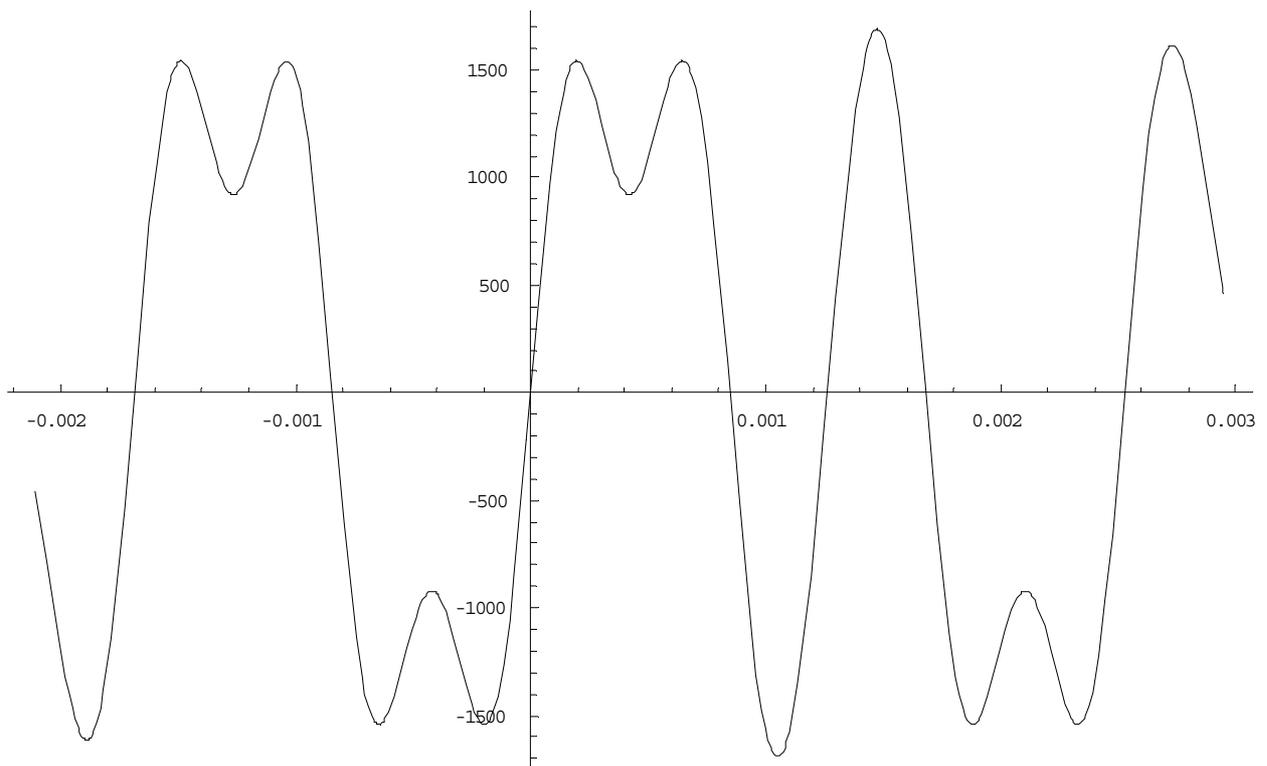


2.5 Composition de la réponse temporelle

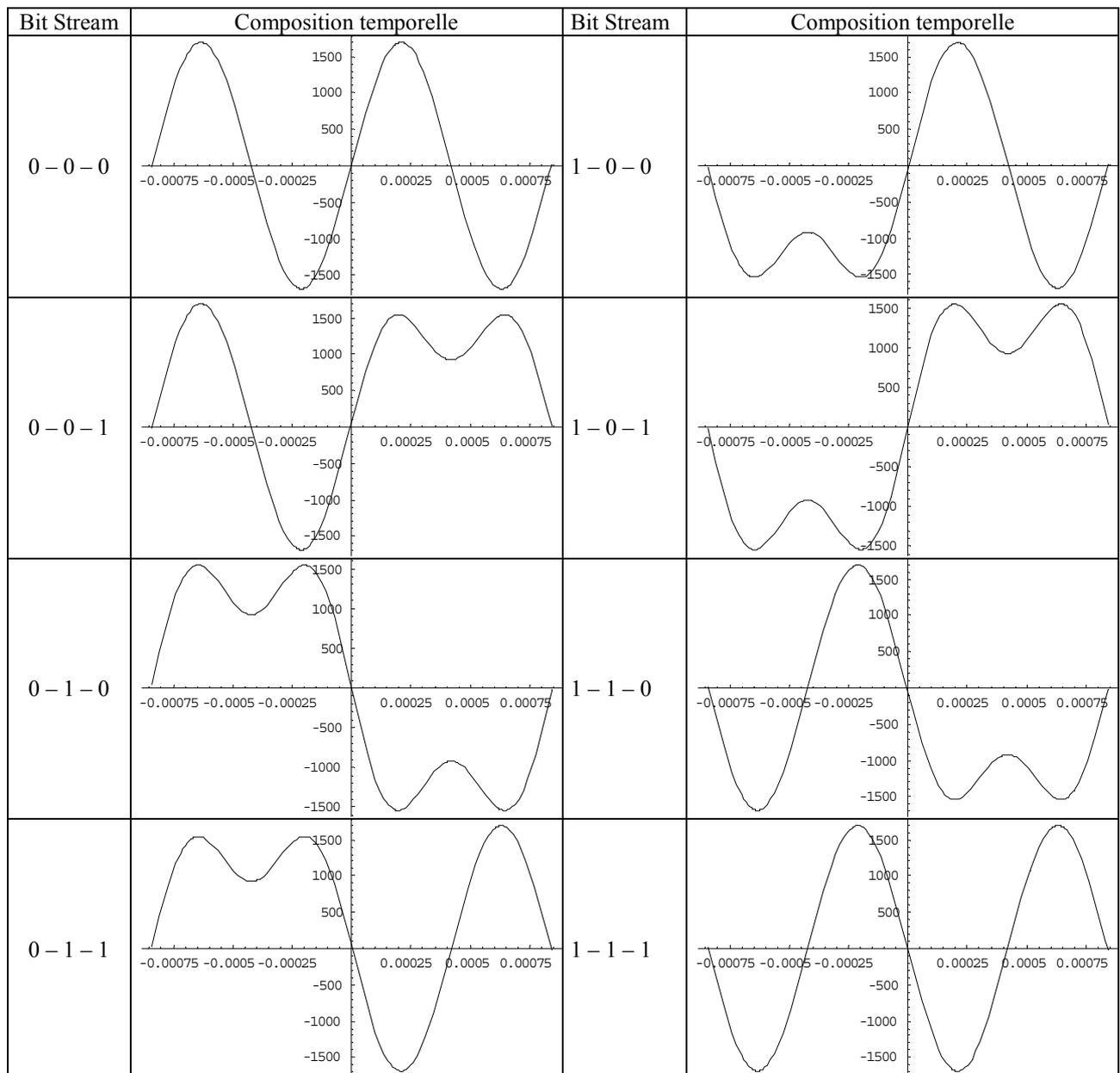
Chaque bit à transmettre au temps t verra son allure influencée par les bits transmis au temps $t-1$ et au temps $t+1$. L'exemple ci-dessous donne le graphe entre $-t_d$ et t_d de la composition de la réponse temporelle pour un flux des bits 1 – 0 – 1.



L'exemple ci-dessous donne le graphe entre $-t_d$ et t_d de la composition de la réponse temporelle pour un flux des bits 0 – 1 – 0 – 1 – 1 – 0.



2.6 Visualisation de toutes les combinaisons temporelles



Ces courbes doivent maintenant être générées sur la sortie audio de la carte son, il nous faut pour cela générer les échantillons pour réaliser cette opération.

Pour obtenir la qualité maximale, nous devons générer le plus possible d'échantillon pour que le résultat sur la sortie de la carte son soit le plus fidèle au modèle mathématique et minimiser les harmoniques produites qui seraient en contradiction avec la bande passante limitée disponible pour la sous-porteuse RDS à 57kHz.

Pour parvenir à ce but, nous devons générer 40 échantillons par bit, ce qui nous donne une fréquence d'échantillonnage de 47'500 Hz, la limite de la majorité des cartes étant de 48'000 Hz.

Nous allons générer deux séries de valeurs, une première codée sur 8 bits (compatible avec notre programme de test) et une seconde codée sur 16 bits.

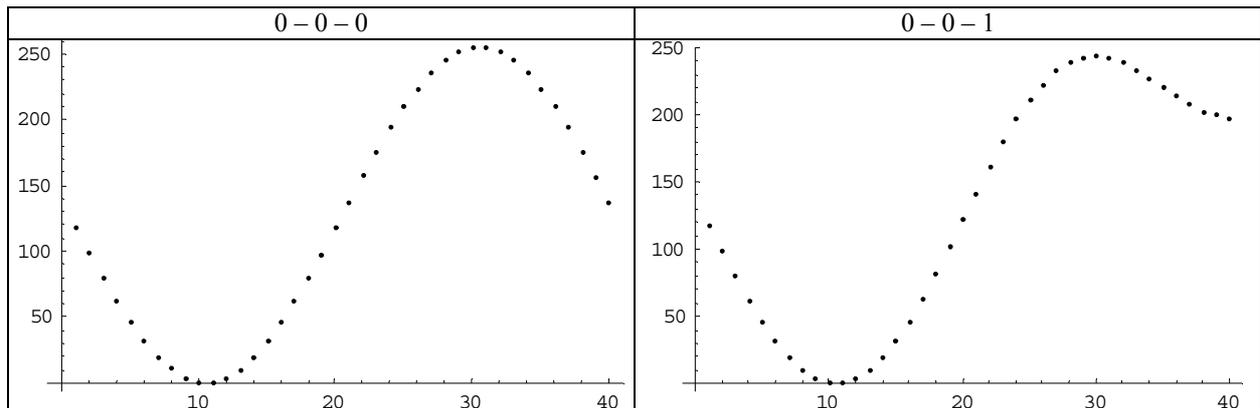
2.7 Echantillons produits sur 8 bits

0-0-0

{118, 99, 80, 62, 46, 32, 20, 11, 4, 1, 1, 4, 10, 20, 32, 46, 62, 80, 98, \
118, 138, 158, 176, 194, 210, 224, 236, 246, 252, 255, 255, 252, 245, 236, \
224, 210, 194, 176, 157, 138}

0-0-1

{118, 99, 80, 62, 46, 32, 20, 11, 4, 1, 1, 4, 10, 20, 32, 46, 63, 82, 102, \
122, 142, 162, 180, 197, 211, 223, 233, 240, 243, 244, 243, 239, 234, 228, \
221, 214, 208, 203, 200, 198}

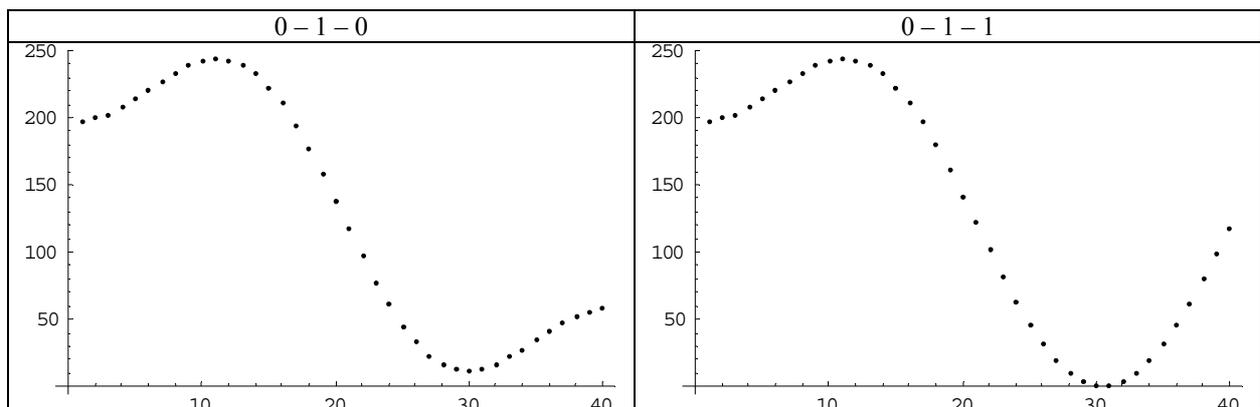


0-1-0

{198, 200, 203, 208, 214, 221, 228, 234, 239, 243, 244, 243, 240, 233, 223, \
211, 195, 178, 159, 138, 118, 97, 78, 61, 45, 33, 23, 16, 13, 12, 13, 17, 22, \
28, 35, 42, 48, 53, 56, 58}

0-1-1

{198, 200, 203, 208, 214, 221, 228, 234, 239, 243, 244, 243, 240, 233, 223, \
211, 197, 180, 162, 142, 122, 102, 82, 63, 46, 32, 20, 10, 4, 1, 1, 4, 11, \
20, 32, 46, 62, 80, 99, 118}

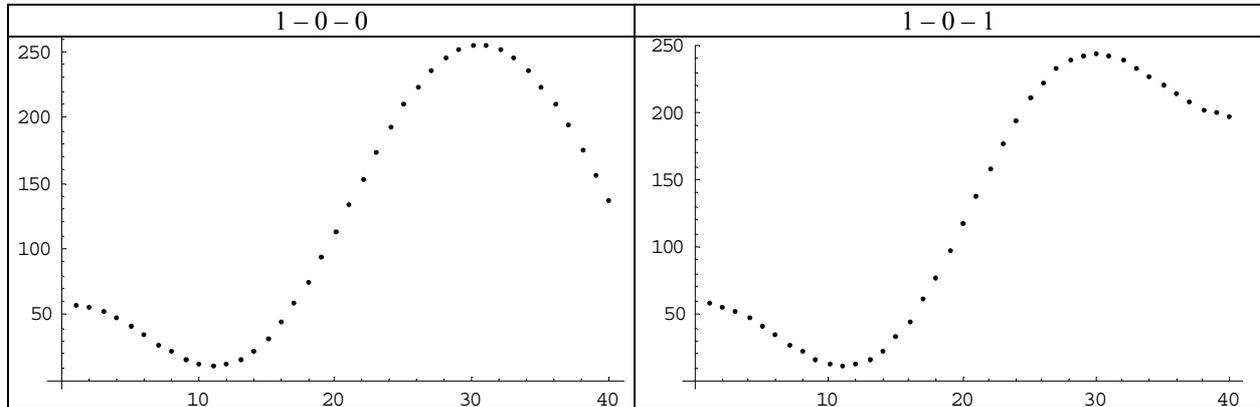


1 - 0 - 0

{58, 56, 53, 48, 42, 35, 28, 22, 17, 13, 12, 13, 16, 23, 33, 45, 59, 76, 94, \
 114, 134, 154, 174, 193, 210, 224, 236, 246, 252, 255, 255, 252, 245, 236, \
 224, 210, 194, 176, 157, 138}

1 - 0 - 1

{58, 56, 53, 48, 42, 35, 28, 22, 17, 13, 12, 13, 16, 23, 33, 45, 61, 78, 97, \
 118, 138, 159, 178, 195, 211, 223, 233, 240, 243, 244, 243, 239, 234, 228, \
 221, 214, 208, 203, 200, 198}

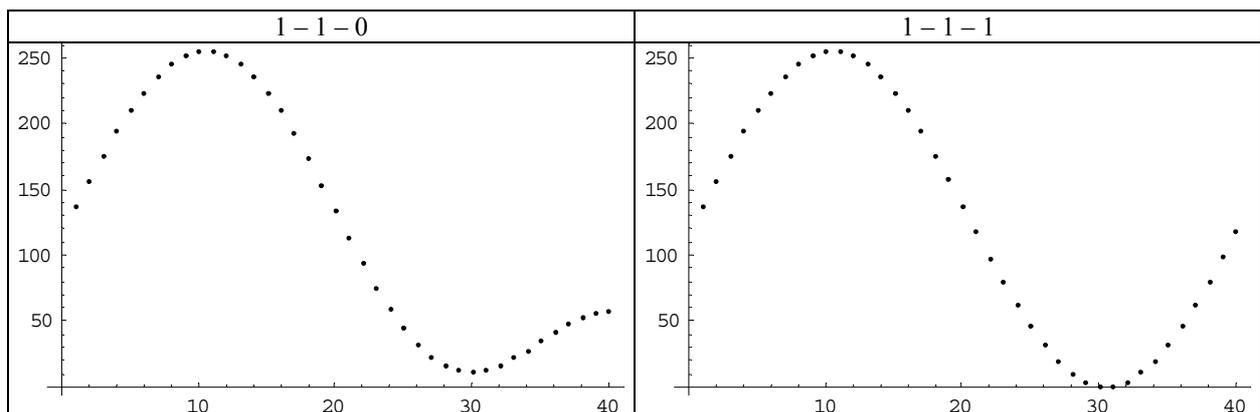


1 - 1 - 0

{138, 157, 176, 194, 210, 224, 236, 245, 252, 255, 255, 252, 246, 236, 224, \
 210, 193, 174, 154, 134, 114, 94, 76, 59, 45, 33, 23, 16, 13, 12, 13, 17, 22, \
 28, 35, 42, 48, 53, 56, 58}

1 - 1 - 1

{138, 157, 176, 194, 210, 224, 236, 245, 252, 255, 255, 252, 246, 236, 224, \
 210, 194, 176, 158, 138, 118, 98, 80, 62, 46, 32, 20, 10, 4, 1, 1, 4, 11, 20, \
 32, 46, 62, 80, 99, 118}



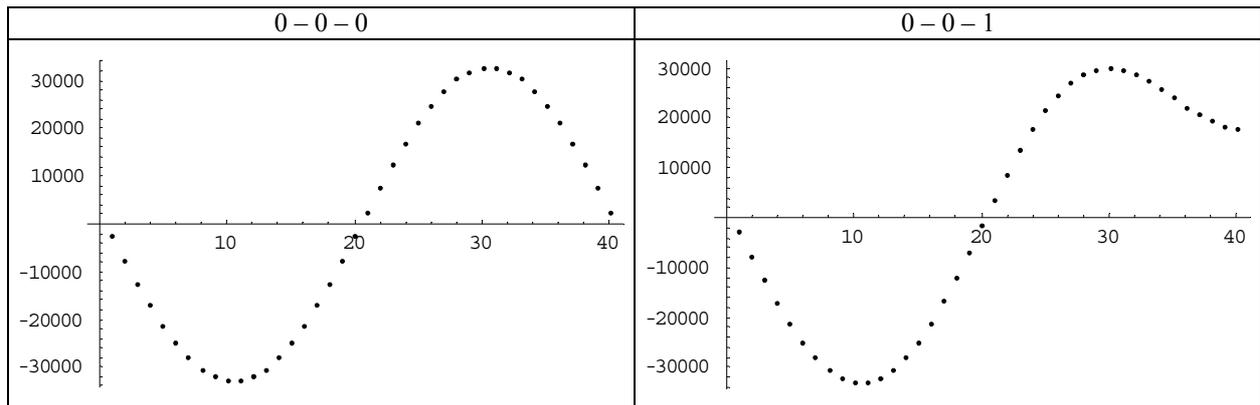
2.8 Echantillons produits sur 16 bits

0 – 0 – 0

{-2554, -7600, -12466, -17036, -21198, -24851, -27903, -30275, -31904, -32744, -32767, -31967, -30359, -27979, -24885, -21215, -17074, -12509, -7632, -2565, 2565, 7632, 12509, 17074, 21215, 24885, 27979, 30359, 31967, 32767, 32744, 31904, 30275, 27903, 24851, 21198, 17036, 12466, 7600, 2554}

0 – 0 – 1

{-2554, -7600, -12466, -17036, -21198, -24851, -27903, -30275, -31904, -32744, -32767, -31967, -30359, -27979, -24885, -21096, -16701, -11882, -6777, -1536, 3685, 8733, 13465, 17748, 21471, 24603, 27071, 28783, 29743, 29992, 29602, 28673, 27331, 25714, 23969, 22242, 20672, 19379, 18460, 17983}

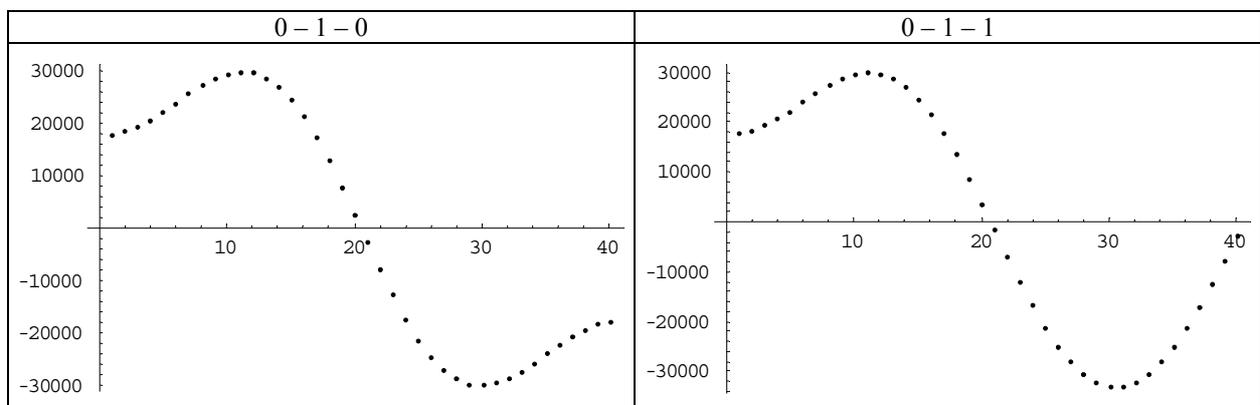


0 – 1 – 0

{17983, 18460, 19379, 20672, 22242, 23969, 25714, 27331, 28673, 29602, 29992, 29743, 28783, 27071, 24603, 21351, 17375, 12837, 7878, 2656, -2656, -7878, -12837, -17375, -21351, -24603, -27071, -28783, -29743, -29992, -29602, -28673, -27331, -25714, -23969, -22242, -20672, -19379, -18460, -17983}

0 – 1 – 1

{17983, 18460, 19379, 20672, 22242, 23969, 25714, 27331, 28673, 29602, 29992, 29743, 28783, 27071, 24603, 21471, 17748, 13465, 8733, 3685, -1536, -6777, -11882, -16701, -21096, -24885, -27979, -30359, -31967, -32767, -32744, -31904, -30275, -27903, -24851, -21198, -17036, -12466, -7600, -2554}

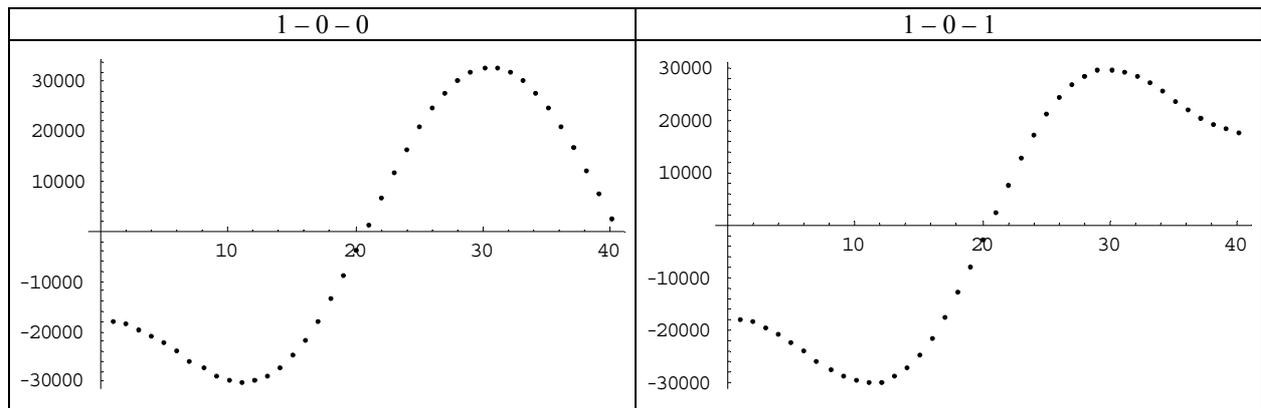


1 – 0 – 0

{-17983, -18460, -19379, -20672, -22242, -23969, -25714, -27331, -28673, -29602, -29992, -29743, -28783, -27071, -24603, -21471, -17748, -13465, -8733, -3685, 1536, 6777, 11882, 16701, 21096, 24885, 27979, 30359, 31967, 32767, 32744, 31904, 30275, 27903, 24851, 21198, 17036, 12466, 7600, 2554}

1 – 0 – 1

{-17983, -18460, -19379, -20672, -22242, -23969, -25714, -27331, -28673, -29602, -29992, -29743, -28783, -27071, -24603, -21351, -17375, -12837, -7878, -2656, 2656, 7878, 12837, 17375, 21351, 24603, 27071, 28783, 29743, 29992, 29602, 28673, 27331, 25714, 23969, 22242, 20672, 19379, 18460, 17983}

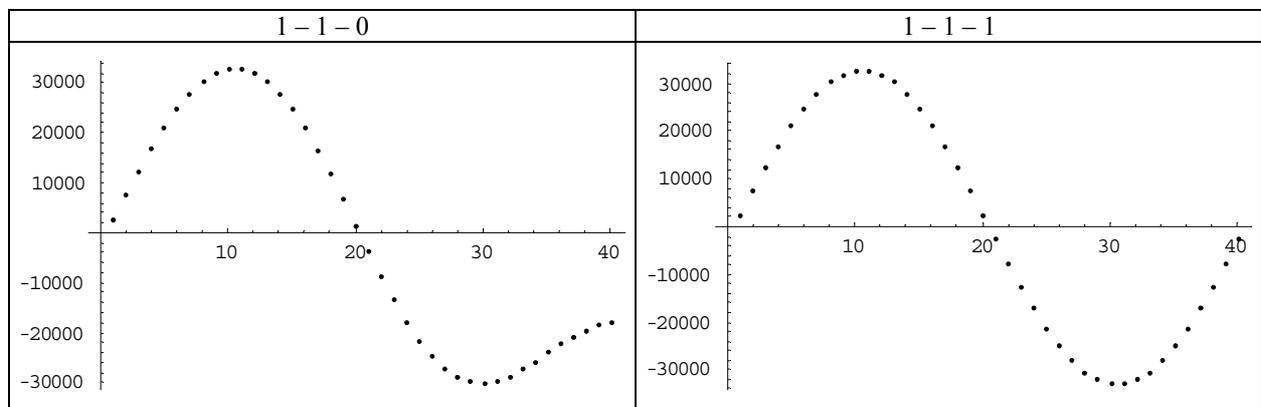


1 - 1 - 0

{2554, 7600, 12466, 17036, 21198, 24851, 27903, 30275, 31904, 32744, 32767, 31967, 30359, 27979, 24885, 21096, 16701, 11882, 6777, 1536, -3685, -8733, -13465, -17748, -21471, -24603, -27071, -28783, -29743, -29992, -29602, -28673, -27331, -25714, -23969, -22242, -20672, -19379, -18460, -17983}

1 - 1 - 1

{2554, 7600, 12466, 17036, 21198, 24851, 27903, 30275, 31904, 32744, 32767, 31967, 30359, 27979, 24885, 21215, 17074, 12509, 7632, 2565, -2565, -7632, -12509, -17074, -21215, -24885, -27979, -30359, -31967, -32767, -32744, -31904, -30275, -27903, -24851, -21198, -17036, -12466, -7600, -2554}



3 Bibliographie

- Specification of the radio data system (RDS) for VHF/FM sound broadcasting in the frequency range from 87,5 to 108,0 MHz, EN50067, CENELEC, 1998
- Specification of the Radio Broadcast Data System (RBDS), National Radio Systems Committee, 1998