

# Antennes Intelligentes

Mauricio Caceres

December 7, 2016

# Contents

<b>I</b>	<b>Front-end Radio et Traitement Numérique d’antennes</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Introduction aux antennes intelligentes</b>	<b>4</b>
1.1	Description des applications . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Notions fondamentales</b>	<b>5</b>
2.1	Modélisation des signaux au niveau des capteurs . . . . .	5
2.2	Echantillonnage spatial . . . . .	6
2.2.1	Conditions de repliement spatial . . . . .	6
2.3	Diagramme de rayonnement . . . . .	6
2.4	Rapport signal à bruit en sortie . . . . .	6
2.5	Diagramme de l’œil . . . . .	7
2.6	Exercice Personnel 2.3 - Analyse du bruit . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Première Optimisation</b>	<b>11</b>
3.1	Exercice Personnel 3.11 - Solution Optimale . . . . .	11
3.2	Exercice Personnel 3.2 - Analyse de la solution . . . . .	11



## Part I

# Front-end Radio et Traitement Numérique d'antennes

# Chapter 1

## Introduction aux antennes intelligentes

### Contents

---

1.1	Description des applications . . . . .	4
-----	----------------------------------------	---

---

### 1.1 Description des applications

## Chapter 2

# Notions fondamentales

### Contents

2.1	Modélisation des signaux au niveau des capteurs . . . . .	5
2.2	Echantillonnage spatial . . . . .	6
2.2.1	Conditions de repliement spatial . . . . .	6
2.3	Diagramme de rayonnement . . . . .	6
2.4	Rapport signal à bruit en sortie . . . . .	6
2.5	Diagramme de l'œil . . . . .	7
2.6	Exercice Personnel 2.3 - Analyse du bruit . . . . .	9

## 2.1 Modélisation des signaux au niveau des capteurs

Dans notre analyse le modèle d'antenne linéaire uniforme sera utilisé. Ce modèle comprend une signal qui utilise  $\hat{x}_m(t)$  qui arrive d'une direction de propagation  $\phi$ . Au niveau du capteur  $m$  on a le signal  $\hat{x}_m(t)$  à temps continu avec le bruit thermique et un signal utile modulé à une fréquence porteuse  $f_0$

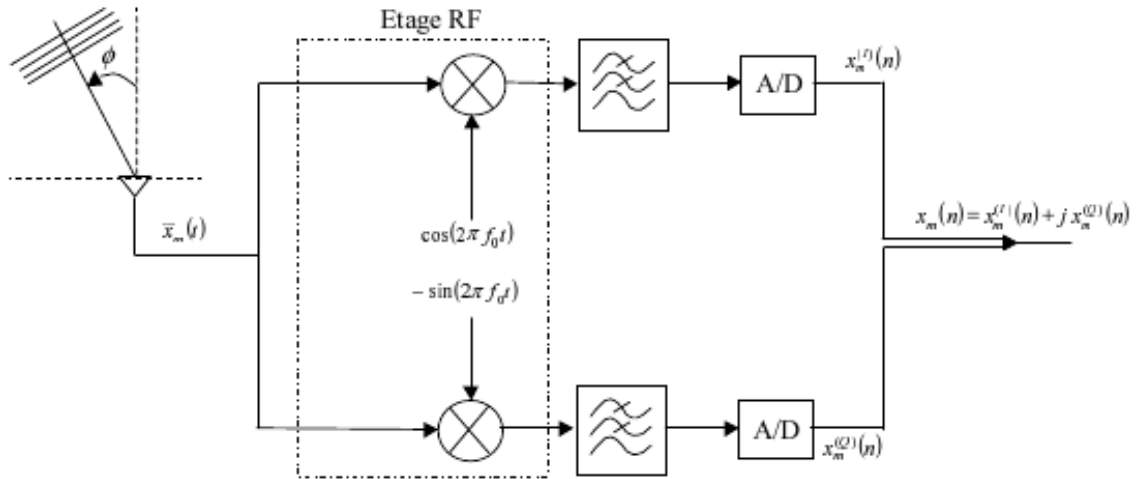


Figure 2.1: Récepteur numérique sur un capteur

Le nombre de capteurs ( $M$ ) de notre récepteur reçoivent une signal en faisant l'hypothèse de champ lointain, l'ensemble de signal échantillonnées spatialement forment ce qu'on appelle un *array snapshot*. C'est un vecteur qui contient justement une observation des signaux:

$$\mathbf{x}(n) = [x_1(n)x_2(n)...x_M(n)]^T \quad (2.1)$$

Chacune de ce composantes ont la expression suivante

$$\hat{x}_m(t) = \hat{x}_1(t)e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(D_m-D)\sin(\phi)} \quad (2.2)$$

On utilisera cette expression assez souvent

$$\mathbf{v}(\phi) = \frac{1}{\sqrt{M}} [1e^{-j\frac{2\pi}{\lambda} d \sin(\phi)} \dots e^{-j\frac{2\pi}{\lambda} (M-1)d \sin(\phi)}] \quad (2.3)$$

C'est un vecteur en contenant information par rapport au décalage de chaque capteur par rapport au première.

On peut exprimer alors le vecteur d'observation comme:

$$\mathbf{x}(n) = \sqrt{M} \mathbf{v}(\phi) x_1(n) \quad (2.4)$$

## 2.2 Echantillonnage spatial

Une réseau d'antennes distribuée dans un espace donnée, qui reçoive des fronts d'ondes de propagation à une fréquence porteuse donnée et en train de faire un échantillonnage spatial. Avec plus de densité d'antennes sur ce espace là on a un échantillonnage plus précis dans ce domaine spatial (analogue au domaine fréquentiel).

### 2.2.1 Conditions de repliement spatial

Pour ne pas avoir ambiguïtés entre les signaux reçues à cause de repliement spatial notre parametre a modifier est l'espacement inter-élément selon la longueur d'onde souhaité à recevoir.

Ainsi, par analogie au théorème de Shannon établi pour l'échantillonnage dans le domaine temporel, il existe certaines contraintes sur la fréquence d'échantillonnage spatial Sachant que les fréquences spatiales normalisées sont non-ambiguës pour  $-1/2 \leq u \leq +1/2$  et que l'angle d'arrivée de l'onde est compris entre  $-\pi/2 \leq \phi \leq +\pi/2$ .

Nous allons faire un raisonnement identique au cas de l'échantillonnage temporel afin de déterminer, en fonction de la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$ , les conditions nécessaires sur l'espacement inter-élément d afin d'assurer une condition de non-repliement spatial. En déduire la valeur maximale de l'espacement inter-élément.

Le théorème de shqnnon-nyquist s'applique à l'échantillonnage de fonction dépendant de tout type de variable indique alors que pour éviter tout phénoène de repliement, la fréquence spatiale d'échantillonnage doit être supérieure ou égale au souble de la plus grande fréquence spatiale du spatial du signal traité.

On a donc :

$$d \leq \frac{\lambda_0}{2} \quad (2.5)$$

Donc la même condition de repliement par rapport au fréquence maximale est

$$d \leq \frac{\lambda_{min}}{2} = \frac{\pi c}{\omega_{max}} \quad (2.6)$$

## 2.3 Diagramme de rayonnement

On considère une antenne formée de  $M = 16$  capteurs identiques linéairement espacés avec une pondération uniforme c'est à dire  $\omega_m = 1/\sqrt{M}, m = 1, 2, \dots, M$

Avec le programme suivant obtenir le diagramme de rayonnement sur une échelle logarithmique.

Le paramètre sera l'espace inter-élément sur lambda en forme de ratio parce qu'on ne connais pas à priori la magnitude de les deux.

## 2.4 Rapport signal à bruit en sortie

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

## 2.5 Diagramme de l'œil

$$4 * s^3 * t^2 * e^{(s^4 * t^2)} * \sin(s * t^2)$$

Listing 2.1: Code pour initialisation des variables

```
%=====
% 1- Exemple d'initialisation des ces paramètres
%=====
ROLL_OFF_FACTOR=0.3;
NOMBRE_ANTENNES=16;
FACTEUR_SURECH=2;
BANDWIDTH=200e3;
DUREE_SYMBOLE=1/BANDWIDTH;
BAUD_RATE=1/DUREE_SYMBOLE;
SAMPLING_FREQ=FACTEUR_SURECH*BAUD_RATE;
d_sur_lambda = [.125 .25 .5];
M = 16;
```



Listing 2.2: Code pour le calcul du diagramme de rayonnement

```

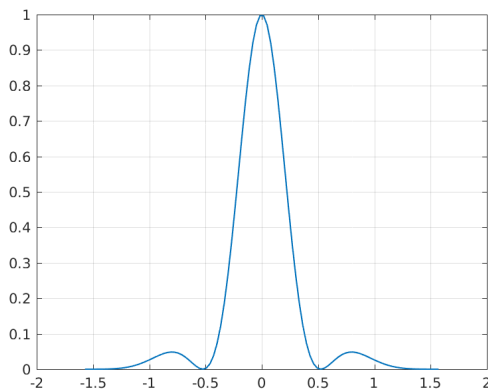
nombre_points = 100;
phi = linspace(-pi/2,pi/2,nombre_points);
v = zeros(M,1);%

M_const = 1/M^0.5;

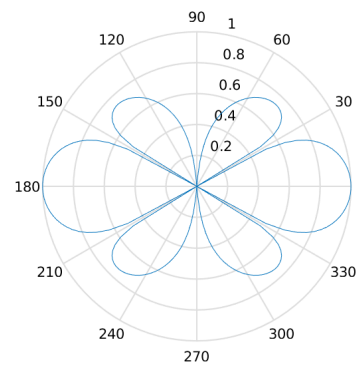
C = abs(C).^2;
figure();
plot(phi,(C),'LineWidth',1);
grid on
figure();
TracePolar(phi,(C), -50);
end

```

D'après ce code on obtien



(a) Diagramme de rayonnement polaire en scale logarithmique



(b) Diagramme de rayonnement en escale linéaire

Figure 2.2: Diagrammes correspondantes au parametrage de  $d/\lambda = 1/2$

On voit dans que la valeur maximale de ces réponses est obtenue pour un angle égal à  $\phi_s = 0$  parce que l'amplitud de la signal bruité reçu pour chaque capteur est affecté pour un facteur exponentiel qui depend de l'angle d'incidence de l'onde reçu.

$$\tilde{x}_m = \tilde{x}_1(t) e^{-j \frac{2\pi}{\lambda} (D_m - D_1) \sin(\phi)} \quad (2.7)$$

Ce qui est logique parce que c'est le cas ou la signal a une incidence directe et perpendicular ou capteurs.

Une fois que vous avez analysé les conditions de repliement spatial, il faut que vous ayez dan Théoriquement, en programmant la formule (2.8) du poly. Faire l'analyse sous Matlab du diagramm Expérimentalement (exercice 2.3). Utiliser le programme GeneSignaux.m (cf. figure ci-dessous) p

```
>> [MatriceIB,MatriceS,Sig,BinaireIn,PenteSCurve]=GeneSignaux(Phis,Phi1,Phi2,RSB,RS
```

Je vous expliquerai ultérieurement comment on introduit des interférents dans la simulation. P on choisit le niveau de bruit (relativement à celui du signal utile):

donc on fixe le rapport signal-à-bruit RSB à une valeur voulue (entre 30 et 0 dB)

il n'y a pas d'interférent n°1 :

donc le rapport signal-à-interférent n°1 RSI1 ---> infini (300 dB suffira)

on met n'importe quelle direction d'arrivée de l'interférent n°1 : Phi1 = -30 degrés \*(pi/180)

il n'y a pas d'interférent n°2 :

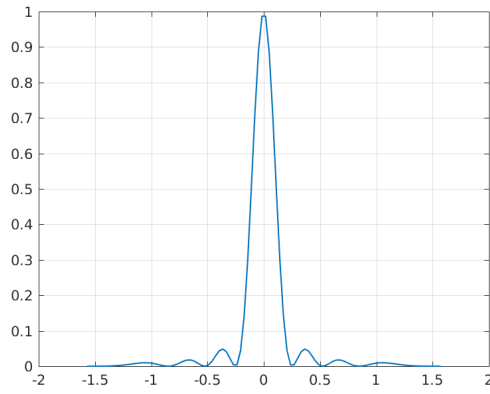
donc le rapport signal-à-interférent n°2 RSI2 ---> infini (300 dB suffira)

on met n'importe quelle direction d'arrivée de l'interférent n°2 : Phi2 = +60 degrés \*(pi/180)

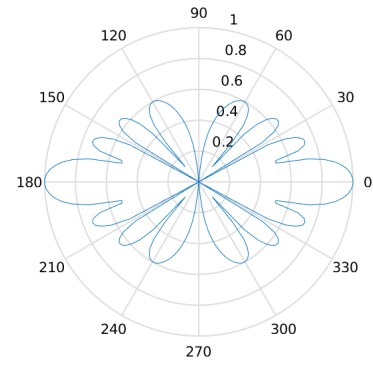
on choisit la direction de la source utile S :

donc on fixe Phis à une valeur dans l'intervalle  $[-90^\circ, +90^\circ] * (\pi/180)$

Pour cela , on fixera :

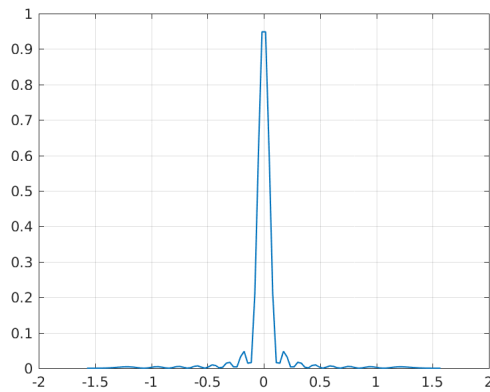


(a) A subfigure

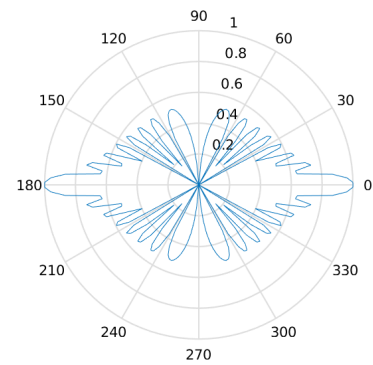


(b) A subfigure

Figure 2.3: A figure with two subfigures



(a) A subfigure



(b) A subfigure

Figure 2.4: A figure with two subfigures

le facteur de retombée du filtre d'émission/réception (1/2 Nyquist) : `ROLL_OFF_FACTOR` entre 0 et 1  
le nombre d'antennes `NOMBRE_ANTENNES`  
le facteur de sur-échantillonnage (cf. EII2) : `FACTEUR_SURECH` a une valeur paire 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20  
la bande passante du signal à `BANDWIDTH=200e3` soit 200kHz (ceci est fixé arbitrairement!)  
et donc, on aura toujours (cf. EII2)

```
DUREE_SYMBOLE=1/BANDWIDTH;
BAUD_RATE=1/DUREE_SYMBOLE;
SAMPLING_FREQ=FACTEUR_SURECH*BAUD_RATE;
```

On obtien depuis notre code les diagramme de l'oeil qui nous permet de voir comment les signaux son..

## 2.6 Exercice Personnel 2.3 - Analyse du bruit

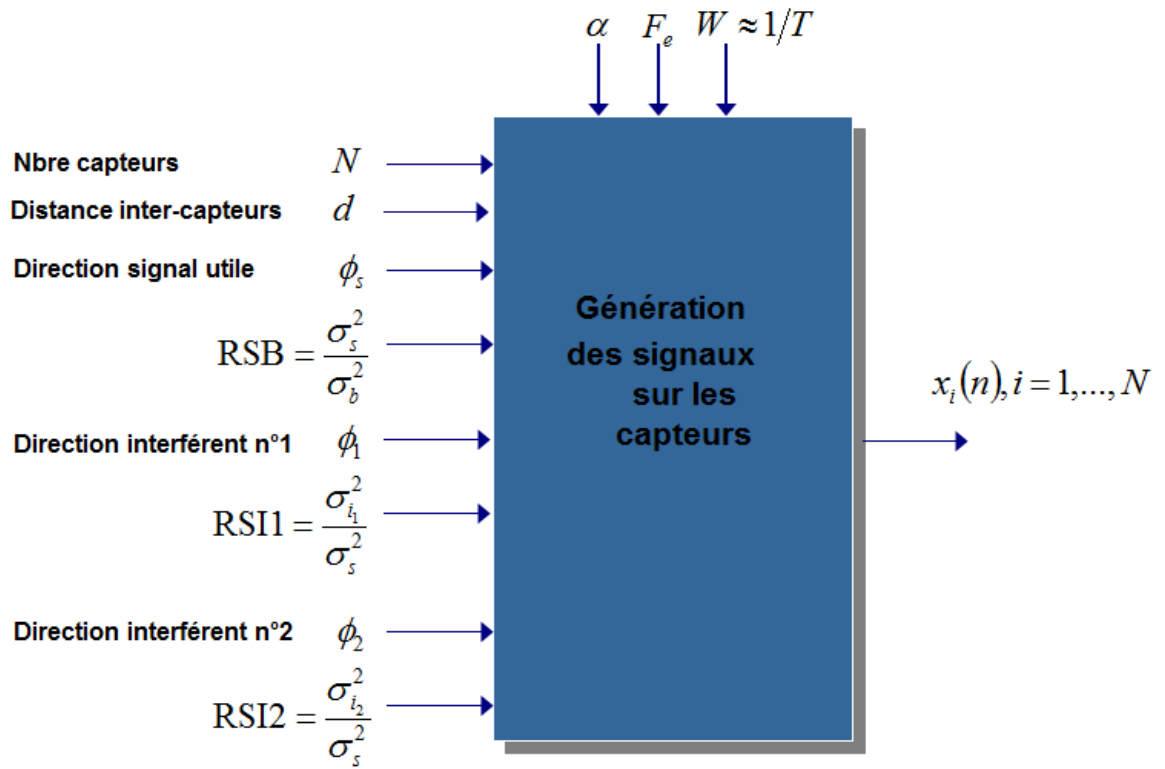
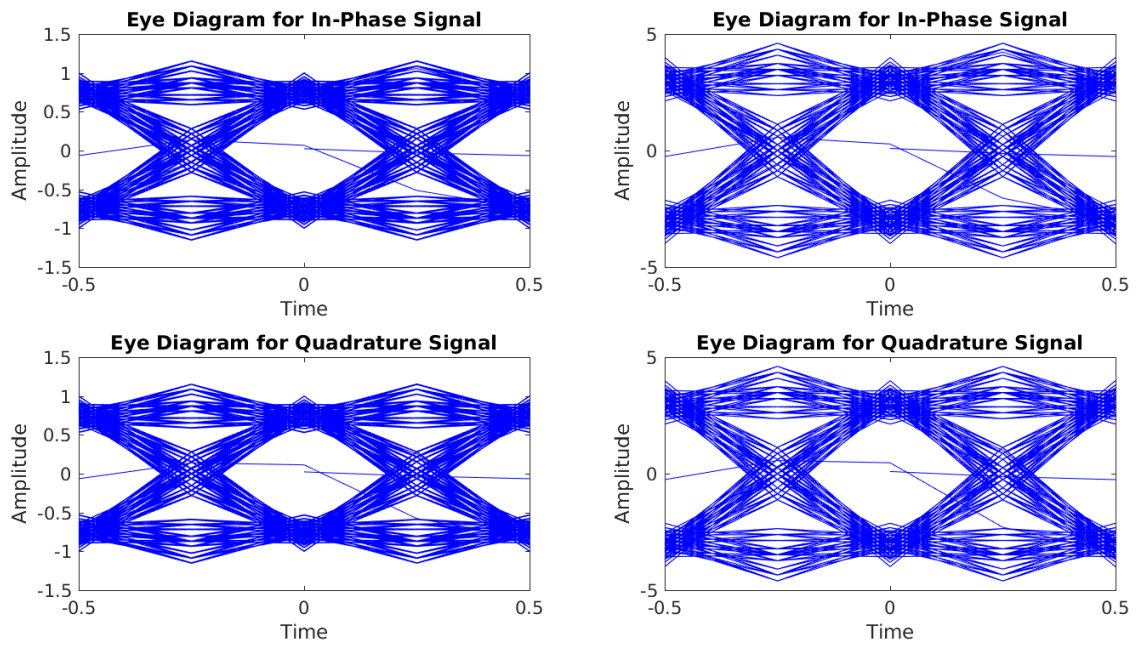


Figure 2.5: A subfigure



(a) A subfigure

(b) A subfigure

Figure 2.6: A figure with two subfigures

## Chapter 3

# Première Optimisation

3.1 Exercice Personnel 3.11 - Solution Optimale

3.2 Exercice Personnel 3.2 - Analyse de la solution