

4

SIMULATION,
RESULTATS
ET
COMMENTAIRES

1/ INTRODUCTION :

Dans ce chapitre, on va présenter les conditions de simulation, ceci se traduit par la présentation de l'environnement informatique (hard ou soft) . Par la suite, on va initialiser les paramètres d'entrée qui modéliseront un milieu de propagation bien précis puis on présentera les résultats sous la forme de tableaux et de graphes et ceci pour une source puis deux sources. L'ensemble de ses résultats sera suivi par des commentaires appropriés.

2/ SIMULATION :

Les programmes de simulations sont écrits en langage Pascal et exécutés sur un ordinateur Microvax.

L'aspect mathématique sera suivi par la bibliothèque IMSL, alors que les sorties graphiques, effectuées sur une console VT125, utiliseront les possibilités de la bibliothèque graphique RGL.

Les programmes de ces deux bibliothèques ont été écrites en Fortran, le passage de ces programmes du Fortran vers le Pascal est délicat et ceci si l'on tient compte de la représentation matricielle. En effet, les matrices seront traitées comme des tableaux à deux dimensions, le premier indice de ce tableau permet d'accéder aux lignes et le second aux colonnes en Pascal, en Fortran, c'est l'inverse qui arrive. Il ne faudra pas oublier de permuter les matrices avant et après tout traitement effectué à partir des deux bibliothèques déjà citées auparavant.

Ces simulations ont été introduites afin de comparer les performances des méthodes MUSIC, PROPAGATEUR, PROPAGATEUR SANS BRUIT et ceci dans un milieu donné.

Pour nos simulations, L'antenne utilisée est une antenne linéaire munie de dix capteurs équirépartis, omnidirectionnels et de gain unité ; le milieu de propagation est un milieu sous-marin, la célérité des ondes acoustiques a été prise égale à 1500m/s. Les sources ont été supposés émettre des ondes planes monochromatiques de fréquence 500 Hz. La distance intercapteur est égale à une demi longueur d'onde soit 1.5 m. Le bruit a été supposé blanc dans la bande passante de l'antenne et a été

mesuré à la sortie de celle-ci, sa puissance est normalisée à 1. Le rapport signal à bruit est variable de 0 à 20 db.

Les points de comparaison seront la précision dans l'estimation de l'angle d'arrivée d'une source, et la capacité de détection de deux sources proches.

Ces comparaisons se feront à travers des statistiques sur un nombre de réalisations égal à 200 pour lesquelles, on mesurera le biais et la variance de l'estimateur dans le cas d'une seule source puis de deux sources en calculant pour ce dernier cas la possibilité de détecter plus de deux sources lorsqu'elles existent (ce qu'on a appelé précédemment le pourcentage de détection).

Ces simulations seront effectuées pour deux cas:

- les normes considérées seront données par les relations -2.3.8- , sachant que la matrice du vecteur bruit peut être normalisée, c'est à dire, qu'on divise chaque vecteur colonne de cette matrice par sa norme ; ou pas,
- en se plaçant dans le cas de la méthode **T-K**, c'est à dire que les normes sont données par la relation -2.5.5- .

A noter enfin que la variable CS qui représente le nombre de mesure sur l'antenne prend les valeurs suivantes :

$$CS \in [10, 50, 100, 200, 1000]$$

3/ RESULTATS ET COMMENTAIRES :

Les résultats sont présentés sous forme de tableaux et de graphes. Vu le nombre de simulations, on a pris la décision de présenter tout l'ensemble des tableaux par contre, on a choisi de représenter seulement les graphes les plus significatifs. Ces graphes vont être notés en plus de leur notation normale, par une seconde notation " Exemple N° " , où N° est le chiffre présent dans les différents tableaux qui vont suivre.

Ces simulations ont été effectuées pour deux types de localisation :

3-1 LOCALISATION D'UNE SOURCE :

On va présenter deux tableaux car on va effectuer des simulations dans le cas normalisé, c'est à dire, qu'on normalise la matrice du sous espace bruit ; et dans le cas contraire. On a choisi un rapport signal à bruit égal à 5 db, un angle d'arrivée Θ égal à 4 degré, le nombre CS prend les valeurs 10, 50, 100 et 1000 ; les résultats obtenus sont les suivants :

avec normalisation :

	N°	CS	Propagateur	Propagateur sans bruit	MUSIC
biais ----- Variance	1	10	$\frac{-0.171}{0.155}$	$\frac{-0.179}{0.155}$	$\frac{-0.232}{0.085}$
	2	100	$\frac{-0.022}{0.017}$	$\frac{0.023}{0.017}$	$\frac{-0.431}{5.283}$
	3	1000	$\frac{-0.004}{0.002}$	$\frac{-0.004}{0.002}$	$\frac{-0.527}{6.662}$

TABLEAU 4-1

sans normalisation :

	N°	CS	Propagateur	Propagateur sans bruit	MUSIC
biais ----- Variance	4	10	$\frac{-0.141}{0.166}$	$\frac{-0.148}{0.167}$	$\frac{-0.388}{2.656}$
	5	50	$\frac{-0.040}{0.033}$	$\frac{-0.042}{0.033}$	$\frac{-0.180}{1.792}$
	6	1000	$\frac{-0.003}{0.002}$	$\frac{-0.003}{0.002}$	$\frac{-0.135}{1.778}$

TABLEAU 4-2

Des deux tableaux précédents, on remarque un même comportement pour le propagateur et pour le propagateur sans bruit. Lorsque le nombre d'échantillon augmente, il y a une nette amélioration du biais et de la variance. Entre la normalisation ou la non normalisation, on remarque que pour de faibles valeurs du nombre d'échantillons (CS), le mieux, c'est de ne pas normaliser la matrice du sous espace bruit alors que pour de fortes valeurs de CS les résultats sont identiques pour les deux cas.

En observant les valeurs du biais et de la variance, on remarque qu'elles sont élevées. Pour expliquer la cause, prenons l'exemple numéro 6 représenté par le graphe -4- et observons l'histogramme de la méthode MUSIC, on remarque un fort pic centré au voisinage de la valeur Θ , et on se demande toujours d'où provient la cause, si on observe encore mieux cet histogramme, on remarque que lors de l'exécution de la méthode MUSIC, il y a eu détection de quelques valeurs autour de -9 degré, en sommant la valeur détectée avec le pic précédent, on obtient ces fortes valeurs du biais et de la variance. D'après les algorithmes proposés au chapitre précédent, notre tâche était de rechercher les minimas de la fonction norme, or le problème est qu'il peut exister plusieurs minimas. Pour trouver la vraie valeur, cherchons une de ces valeur des minimas autour de Θ , mais si Θ n'est pas connue au départ, ce qui est le cas dans la réalité, cette recherche ne peut avoir lieu ; on peut proposer l'idée de rechercher la plus faible norme, mais la plus faible norme ne correspond pas toujours à la vraie valeur de Θ , ce problème de recherche explique les valeurs du biais et de la variance.

Ce problème s'est posé uniquement dans la méthode MUSIC, ceci ne veut pas dire que MUSIC détecte mal, mais cela arrive dans certains cas.

3-2 LOCALISATION DE DEUX SOURCES :

Dans ce paragraphe, deux types de comparaisons sont présentées:

3-2-A COMPARAISON ENTRE LA NORMALISATION OU PAS DE LA MATRICE DU SOUS ESPACE BRUIT :

Pour cela, on a choisi deux sources éloignées l'une de l'autre de 10 degrés, et ceci pour une meilleure localisation. Les valeurs des paramètres sont les suivants :

$$\Theta_1 = 4^\circ, \text{Snr}_1 = 4 \text{ db}, \Theta_2 = 6^\circ \text{ et } \text{Snr}_2 = 6 \text{ db}.$$

sans normalisation :

1 ^{re} Source	N°	CS	Propagateur	Propagateur sans bruit	MUSIC
biais	7/a	10	0.106	0.124	0.150
			1.516	1.543	0.110
-----	8/a	50	-0.012	0.067	0.027
			0.216	0.264	0.023
Variance	9/a	1000	-0.054	-0.002	-0.004
			0.012	0.014	0.001

2 nd Source	N°	CS	Propagateur	Propagateur sans bruit	MUSIC
biais	7/b	10	0.628	0.587	0.218
			1.876	1.927	0.165
-----	8/b	50	0.173	-0.028	0.052
			0.480	0.522	0.034
Variance	9/b	1000	0.199	0.019	0.004
			0.019	0.021	0.002

TABLEAU 4-3

avec normalisation :

1 ^{re} source	N ^o	CS	Propagateur	Propagateur sans bruit	MUSIC
biais	10/a	10	$\frac{0.436}{2.780}$	$\frac{0.468}{2.858}$	$\frac{0.146}{0.122}$
	11/a	100	$\frac{0.042}{0.107}$	$\frac{0.020}{0.129}$	$\frac{0.023}{0.012}$
Variance	12/a	1000	$\frac{-0.063}{0.010}$	$\frac{-0.011}{0.011}$	$\frac{-0.001}{0.002}$

2 ^{de} source	N ^o	CS	Propagateur	Propagateur sans bruit	MUSIC
biais	10/b	10	$\frac{0.234}{2.219}$	$\frac{0.225}{2.302}$	$\frac{0.260}{0.136}$
	11/b	100	$\frac{0.248}{0.188}$	$\frac{0.057}{0.214}$	$\frac{0.021}{0.018}$
Variance	12/b	1000	$\frac{0.177}{0.017}$	$\frac{-0.011}{0.020}$	$\frac{0.003}{0.002}$

TABLEAU 4-4

Vu les valeurs obtenues (tableau 4-3 et 4-4), les performances de la méthode MUSIC deviennent meilleures, pour la localisation de sources, au fur et à mesure que le nombre d'échantillons signal (CS) augmente. La première source est mieux détectée que la seconde car on attribue toujours la première localisation à la première source même s'il en existe qu'une seule. Comme précédemment, la nonnormalisation de la matrice du sous-espace bruit entraîne de meilleurs résultats. Pour les différents cas précédents, le propagateur donne des résultats identiques que le propagateur sans bruit.

3-2-B COMPARAISON DES RESULTATS OBTENUS A PARTIR DE LA NORME CLASSIQUE ET CELLE OBTENUE PAR LA METHODE T-K :

Les simulations ont été réalisées pour deux sources très proches l'une de l'autre, c'est à dire pour :

$\Theta_1 = -2^\circ$ et $\Theta_2 = 2^\circ$; et pour un nombre CS égal à 10, c'est à dire là où on peut trouver des difficultés lors de la localisation, pour cela, on va étudier le cas où l'on sur-estime le nombre de source pour un nombre de source égale à 6 ; et le cas inverse :

sans sur-estimation :

1 ^{ère} Source	N°	Snr	Propagateur	Propagateur sans bruit	MUSIC
biais	13/a	20	$\frac{0.432}{1.352}$	$\frac{0.431}{1.359}$	$\frac{0.078}{0.022}$
Variance	14/a	10	$\frac{1.600}{3.262}$	$\frac{1.449}{3.571}$	$\frac{1.418}{1.631}$
	15/a	0	$\frac{2.017}{0.826}$	$\frac{2.038}{0.696}$	$\frac{2.046}{0.559}$

2 ^{ème} Source	N°	Snr	Prop	Prop sans bruit	MUSIC	%P	%PS	%M
biais	13/b	20	$\frac{-0.095}{0.376}$	$\frac{-0.095}{0.375}$	$\frac{-0.055}{0.025}$	75.5	75.5	100
Variance	14/b	10	$\frac{0.439}{2.155}$	$\frac{0.721}{2.319}$	$\frac{-0.337}{0.259}$	15.5	21	31
	15/b	0	$\frac{3.933}{14.736}$	$\frac{7.400}{0}$	$\frac{-}{-}$	1.5	0.5	-

TABLEAU 4-5

° méthode T-K :

1 ^{ere} source	N°	Snr	Propagateur	Propagateur sans bruit	MUSIC
biais	16a	20	0.651	0.664	-0.047
			1.960	1.979	2.114
Variance	17a	10	0.994	0.917	0.609
			5.277	6.785	3.986
Variance	18a	0	1.744	1.876	0.734
			3.170	1.825	10.723

2 nd source	N°	Snr	Prop	Prop sans bruit	MUSIC	%P	%PS	%M
biais	16b	20	0.159	0.175	0.024	69	68.5	93
			0.810	0.792	0.761			
Variance	17b	10	1.339	1.305	0.527	28.5	31	57
			6.721	5.812	2.860			
Variance	18b	0	0.940	0.575	2.065	5	4	35.5
			18.014	15.957	9.796			

TABLEAU 4-6

En comparant les résultats obtenus, on remarque que la méthode T-K améliore le pouvoir de détection d'une seconde source, dans ce cas là, la méthode MUSIC localise bien les deux sources quand le rapport signal à bruit est élevé. On remarque pour l'exemple N° 15/b, il n'y a pas eu de localisation de seconde source ce qui explique l'absence de résultats. Les valeurs des variances sont élevées cela est dû à l'étalement des différents histogrammes correspondants. Entre le propagateur et le propagateur sans bruit (PSB), on remarque que le PSB localise mieux la seconde source alors que pour la première les résultats sont identiques sauf dans les faibles valeurs du rapport Snr.

avec une sur-estimation :

° méthode T-K :

1^{ère} source

	N°	Snr	Propagateur	Propagateur sans bruit	MUSIC
<i>biais</i>	19%	20	$\frac{0.300}{1.794}$	$\frac{0.483}{2.091}$	$\frac{0.136}{1.103}$
	20%	10	$\frac{0.227}{2.576}$	$\frac{0.669}{5.804}$	$\frac{0.294}{5.003}$
<i>variance</i>	21%	0	$\frac{0.446}{9.969}$	$\frac{1.914}{1.737}$	$\frac{0.774}{9.168}$

2nd source

	N°	Snr	Prop	Prop sans bruit	MUSIC	%P	%PS	%M
<i>biais</i>	19%	20	$\frac{0.120}{0.546}$	$\frac{0.122}{0.621}$	$\frac{-0.040}{0.442}$	80.5	72	90
	20%	10	$\frac{0.222}{0.893}$	$\frac{1.384}{6.635}$	$\frac{0.420}{3.221}$	74.5	37	66
<i>variance</i>	21%	0	$\frac{1.507}{7.518}$	$\frac{2.200}{13.594}$	$\frac{1.953}{8.311}$	37	5	30

TABLEAU 4-7

° méthode de normale :

1 ^{ère} source	N°	Snr	Propagateur	Propagateur sans bruit	MUSIC
biais	22/a	20	<u>0.323</u>	<u>0.621</u>	<u>0.093</u>
			1.175	1.935	0.061
Variance	23/a	10	<u>0.466</u>	<u>1.665</u>	<u>1.286</u>
			1.889	3.040	1.880
Variance	24/a	0	<u>1.660</u>	<u>2.005</u>	<u>1.857</u>
			3.438	0.634	2.228

2 nd source	N°	Snr	Prop	Prop sans bruit	MUSIC	%P	%PS	%M
biais	22/b	20	<u>0.106</u>	<u>0.112</u>	<u>-0.049</u>	80	64.5	100
			0.377	0.425	0.055			
Variance	23/b	10	<u>0.222</u>	<u>1.384</u>	<u>0.420</u>	74.5	37	66
			0.893	6.635	3.221			
Variance	24/b	0	<u>1.764</u>	—	<u>1.461</u>	16.5	—	9
			6.133	—	4.559			

TABLEAU 4-8

Dans ce cas aussi, la méthode T-K améliore le pourcentage de localisation d'une seconde source. Le PROPAGATEUR SANS BRUIT ne localise pas correctement, cela est dû à des contraintes numériques car les sous matrices de la matrice interspectrale Γ sont mal conditionnées ; concernant le rapport signal à bruit, quand ce dernier est faible, c'est à dire inférieur à 10 db, on obtient de meilleurs résultats avec le PROPAGATEUR qu'avec la méthode MUSIC, l'inverse est vraie, les histogrammes sont étalés dans les deux cas.