

THEORIE DE L'INVERSION DES POSITIONS DE GAUSS DANS LE RAYONNEMENT ALTERNATIF DU DIPOLE MAGNETIQUE DANS L'EAU DE MER

GEORGES SALVINI

ENSPM U3 ST. JEROME 13397 MARSEILLE CEDEX 20

RÉSUMÉ

ABSTRACT

On étudie le rayonnement du dipôle magnétique dans l'eau de mer lorsqu'on l'excite avec un signal composite. On calcule le signal fourni par un capteur placé dans le champ d'induction. On observe l'évolution du signal influencé par la propagation. On constate le phénomène d'inversion du rapport des positions de Gauss dépendant des fréquences des composantes du signal et de la distance au dipôle.

We study the radiation of the magnetic dipole in sea water when it is excited with a composite signal. We compute the signal provided by a sensor in the magnetic field of induction. We can see the evolution of signal changed by propagation. We notice the phenomenon of inversion from Gauss positions ratio which is dependent of the components frequencies of the signal and distance of dipole.

1 INTRODUCTION

L'étude de la répartition de l'induction magnétique dans le plan d'un dipôle rayonnant en alternatif dans l'eau de mer, conduit aux conclusions suivantes: la polarisation est elliptique, le grand axe d'une ellipse tourne avec la fréquence de la source, l'amplitude de l'induction varie avec cette fréquence et les coordonnées du point d'observation.

Les figures 1 et 2 résument l'évolution spatiale de l'induction dans le plan du dipôle pour deux fréquences sinusoïdales et mettent en évidence les positions de Gauss B_r et B_θ . Ces résultats sont déduits de la formulation classique du rayonnement du dipôle [1,2,3,4,5] dans l'eau de mer, dont on a retenu les modules de l'induction magnétique:

$$B_r = \frac{M}{2 \cdot \pi \cdot r^3} \sqrt{1 + 2\alpha r + 2\alpha^2 r^2} e^{-\alpha r}$$

$$B_\theta = \frac{M}{4 \pi r^3} \sqrt{1 + 2\alpha r + 2\alpha^2 r^2 + 4\alpha^3 r^3 + 4\alpha^4 r^4} e^{-\alpha r}$$

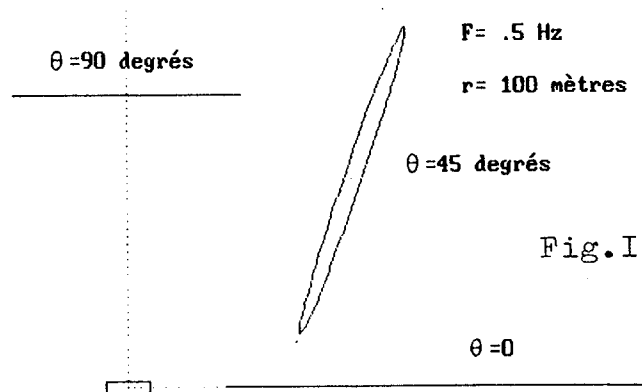


Fig.1

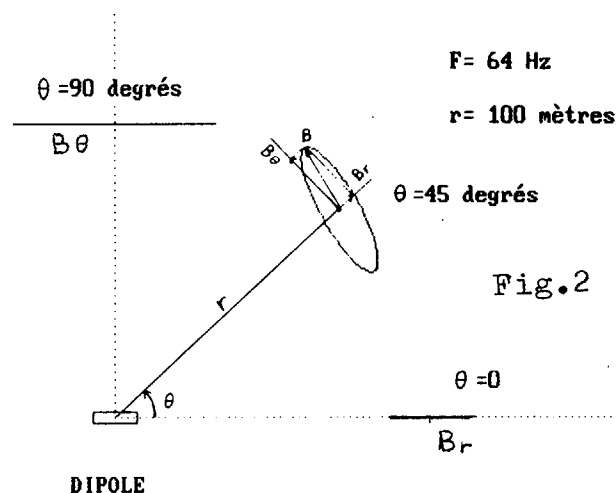


Fig.2



où M est le moment dipolaire,
 r et θ les coordonnées polaires du
 vecteur induction,

$$\alpha = \sqrt{\frac{\omega \mu \sigma}{2}} \quad \text{avec } \omega = 2\pi F, F \text{ fréquence}$$

$\mu = 4\pi 10^{-7}$, $\sigma = 4,45$. Ces formulations sont
 établies dans l'hypothèse où $r \gg 1$ et $1 \ll \lambda$
 λ longueur d'onde, 1 dimension du dipôle.

2 RAPPORT DES POSITIONS DE GAUSS

À partir de ces résultats théoriques, on
 peut exprimer le rapport $G = B_\theta / B_r$ et
 voir qu'il prend la valeur 1 pour :

$\alpha \cdot r = 1,321$. On obtient la fonction:

$$r = \frac{1,321}{\sqrt{\pi F \mu \sigma}} \quad \text{qui donne la courbe d'in-}$$

version figure 3. En régime statique $F=0$
 et $G=1/2$. En régime alternatif, à la
 fréquence F , la courbe indique la
 distance r à laquelle l'inversion
 s'effectue. La figure 4 montre
 l'évolution de G en fonction de la
 distance pour 3 fréquences différentes.
 Bien que le rapport augmente avec la
 distance, il y a lieu de remarquer que
 l'atténuation de l'induction est très
 importante tant pour B_θ que pour B_r . On
 peut espérer un peu plus de signal en
 plaçant le capteur dans la position B_θ
 lorsque $G > 1$.

3 CALCUL DU SIGNAL DELIVRE PAR UN CAPTEUR INDUCTIF

On se place dans l'hypothèse où la
 distance r entre la source et le capteur
 est suffisamment grande pour qu'il
 n'existe aucun couplage entre eux et que
 seul intervient le rayonnement de la
 source.

La dépendance de B_r et B_θ vis-à-vis de F
 et r laisse prévoir une certaine
 complexité dans la forme des signaux
 délivrés par un capteur linéaire inductif
 placé en un point du champ et dans le
 plan du dipôle. Si B_x et B_y sont les
 composantes du vecteur induction B , l'axe
 du capteur faisant l'angle c avec ox
 (fig.5), on peut écrire la projection B_p
 sur l'axe du capteur, c'est-à-dire le
 signal qu'il délivre:

$$B_p = B_x \sin(c) + B_y \cos(c)$$

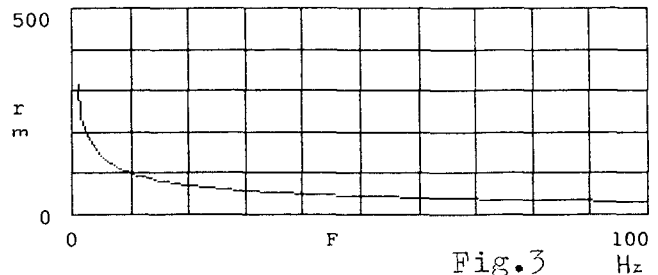


Fig.3

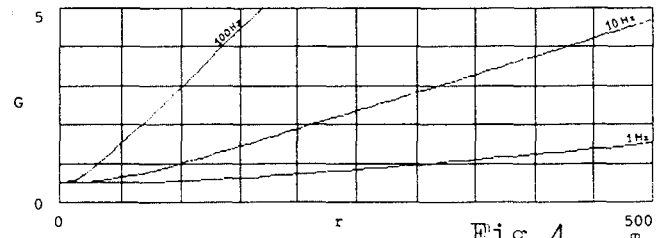


Fig.4

Dans notre calcul, l'émission est formée
 par un signal composite, permanent ou
 impulsionnel du type:

$$\sum_s V_s \cos \omega_s t \quad \text{pour le signal permanent,}$$

$$(1 + 2 \sum_n V_n \cos n \omega_c t) \cdot \sum_s V_s \cos \omega_s t \quad \text{pour}$$

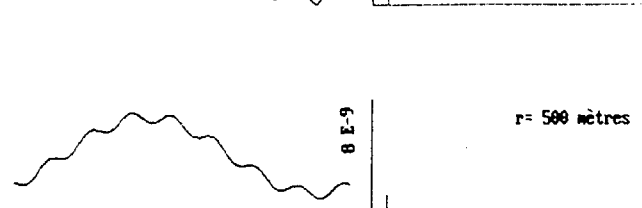
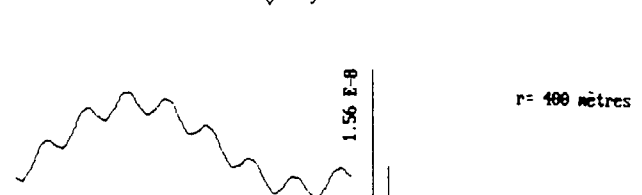
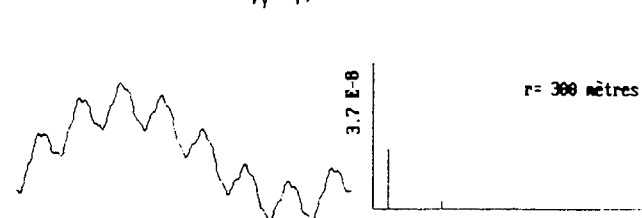
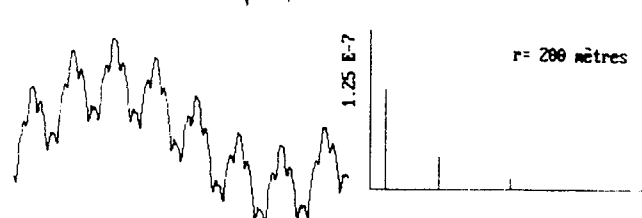
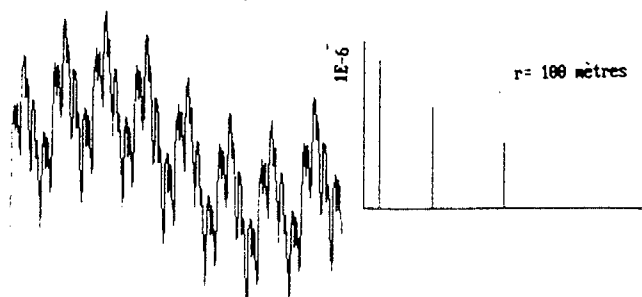
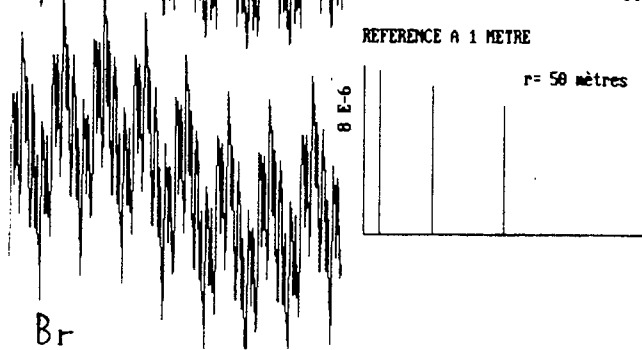
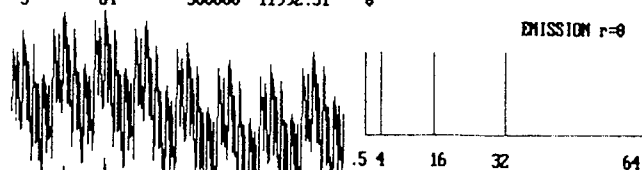
le signal impulsionnel. Les figures 6 et
 suivantes montrent l'évolution d'un
 signal composite permanent en fonction de
 la distance r dans les deux positions de
 Gauss. Les spectres adjacents aux signaux
 révèlent l'effet de filtrage du milieu
 marin qui, par le jeu de l'absorption et
 de la dispersion se comporte de façon
 générale comme un filtre passe-bas, avec
 une région autour de $r=100$ mètres, pour
 B_θ où il devient passe-bande.

La figure 8 est relative à la propagation
 d'une impulsion contenant deux
 composantes sinusoïdales de 1 et 15 Hz
 pendant une durée limitée à 0,66 sec. On
 peut observer les effets de la dispersion
 par le décalage à gauche de la fréquence
 la plus élevée qui se propage plus
 rapidement, son absorption est aussi plus
 importante. Les spectres montrent
 également le phénomène d'absorption
 sélective.

4 CONCLUSION

Les phénomènes dont on vient d'exposer la
 modélisation, ne sont que des
 conséquences déduites de la théorie de

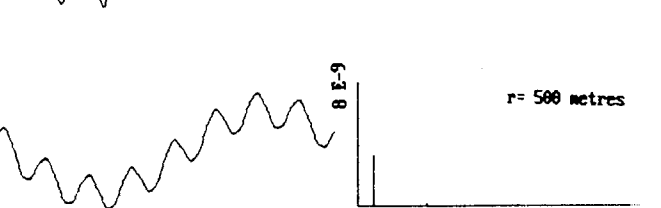
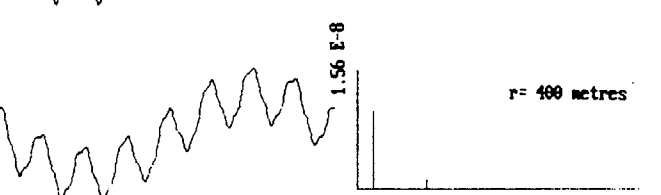
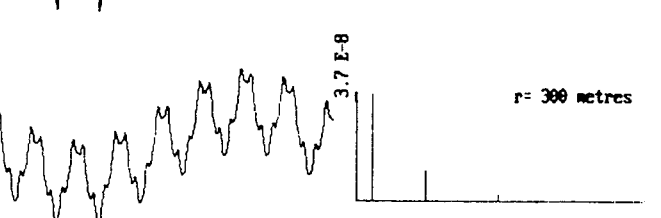
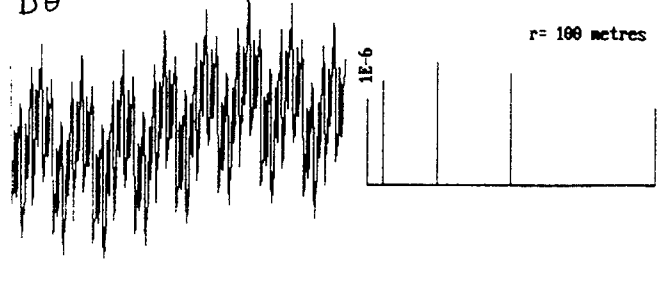
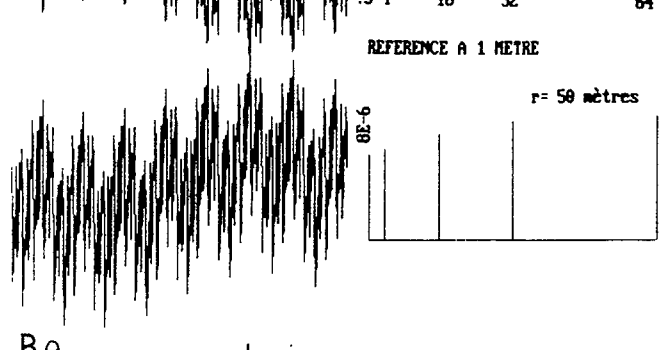
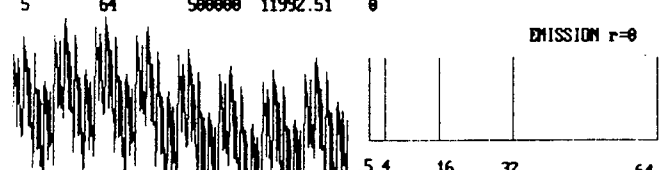
MM=	F(MM)=	B(MM)=	c(MM)=	tho(MM)=	$\Theta = 0$ degrés
1	.5	500000	1059.998	4.300663E-02	c = 0
2	4	500000	2998.127	1.258781E-02	
3	16	500000	5996.253	4.16927E-03	
4	32	500000	8479.983	1.726968E-03	
5	64	500000	11992.51	0	



SIGNAL PAR SYNTHESE

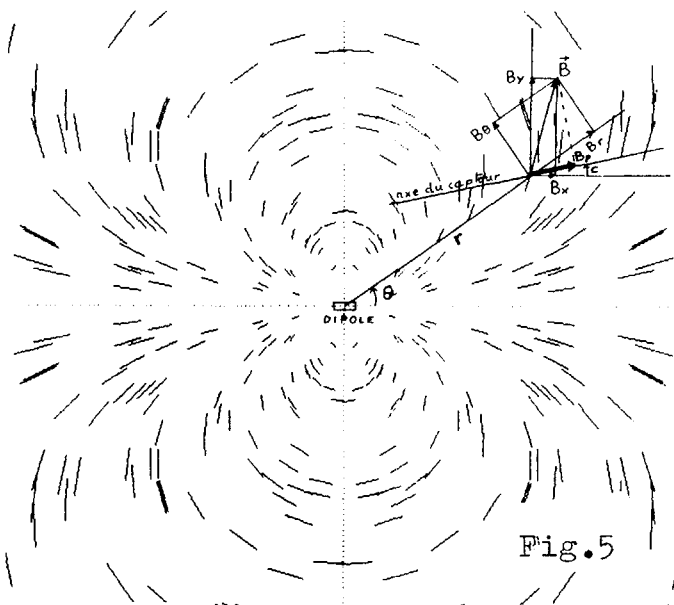
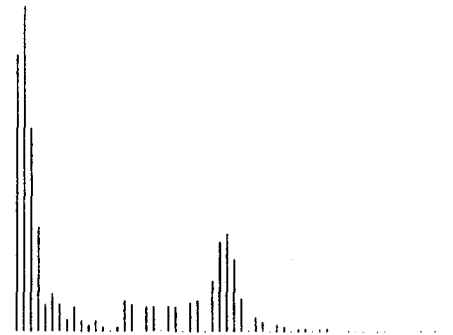
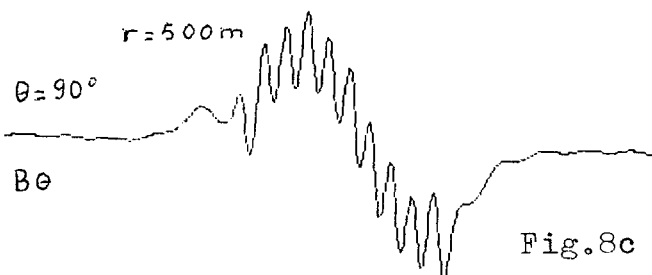
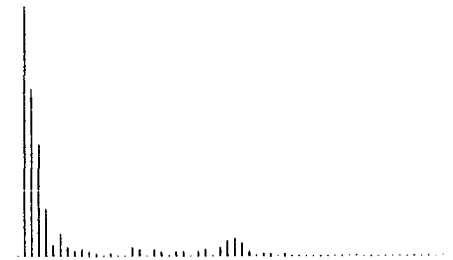
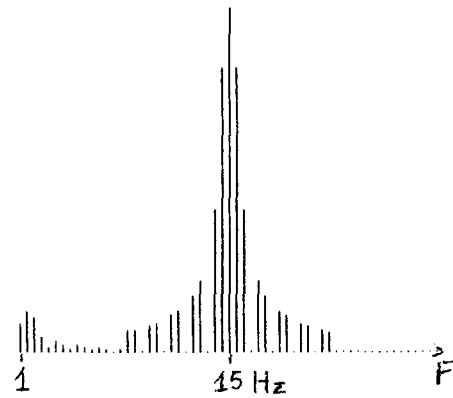
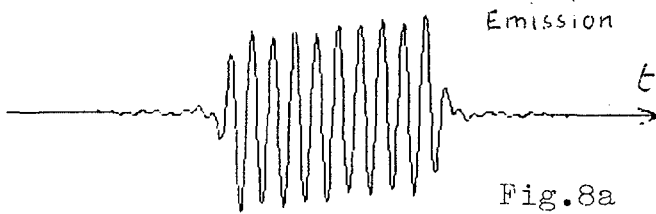
Fig.6

MM=	F(MM)=	B(MM)=	c(MM)=	tho(MM)=	$\Theta = 90$ degrés
1	.5	500000	1059.998	4.300663E-02	c = 0
2	4	500000	2998.127	1.258781E-02	
3	16	500000	5996.253	4.16927E-03	
4	32	500000	8479.983	1.726968E-03	
5	64	500000	11992.51	0	



ADDITIVE DE 5 SINUSOIDES

Fig.7



base combinant dipôle magnétique et propagation. La position $B\theta$ peut apparaître favorable pour la réception des signaux lorsque $G > 1$, mais ceux-ci sont tellement atténués quand la distance augmente qu'il vaut mieux, raisonnablement, faire des réserves quant à l'application de ces résultats.

- [1] Engineering Electromagnetics, W.H. HAYT Jr., Mc Graw-Hill, 1981.
- [2] Précis d'électromagnétisme théorique, P. Poincelot, Dunod, 1936.
- [3] Champs et ondes électromagnétiques, P. Lorrain, D.R. Corson, A. Colin.
- [4] The Theory of Electromagnetism, D.S. Jones, Pergamon Press, 1964.
- [5] Théorie du champ, 1966, L. Landau, E. Lifchitz, Ed. Mir.