

Antenne filaire pour une émission haute fréquence

La présente invention concerne une antenne filaire pour une émission haute fréquence pour sous-marin, du type comprenant un câble coaxial et un élément rayonnant dont une extrémité est reliée au câble coaxial et dimensionné pour émettre des ondes hautes fréquences, entre 3 MHz et 30 MHz.

L'invention s'applique au domaine de la radiocommunication dans les bandes haute fréquence (HF pour « *high frequency* » en anglais) et très basse fréquence (TBF ou VLF pour « *very low frequency* » en anglais), s'étendant respectivement de 3 à 30 MHz et de 3 et 30 kHz.

Les sous-marins transmettent et reçoivent des signaux via des antennes filaires remorquées ou tractées par les sous-marins, dont la flottabilité est telle que les antennes sont proches de la surface pendant que le sous-marin est en immersion à une plus grande profondeur.

Ces antennes filaires sont dimensionnées électriquement pour fonctionner à très basse fréquence car les ondes TBF pénètrent jusqu'à une profondeur de 10 à 50 m dans l'eau, selon la fréquence et la salinité de l'eau, contrairement aux ondes hautes fréquences (HF) qui pénètrent peu dans l'eau.

De façon connue, la longueur idéale de l'élément rayonnant de l'antenne filaire est égale au quart de la longueur d'onde des ondes à émettre, c'est-à-dire le quart du rapport de la célérité de l'onde dans le milieu de propagation par sa fréquence. C'est ce qu'on appelle une antenne quart d'onde.

En pratique, les antennes filaires TBF (ou VLF), c'est-à-dire adaptée à fonctionner dans la bande très basse fréquence, sont beaucoup plus courtes que la longueur idéale. C'est le cas des antennes filaires TBF de réception actuelles, qui sont bien plus courtes que la théorie le voudrait mais suffisamment sensibles pour recevoir des ondes de la bande TBF (VLF en anglais). Il se trouve que cette longueur peut atteindre la longueur idéale nécessaire pour l'émission en début de la bande haute fréquence à quelques MHz.

Néanmoins, ces antennes TBF ne sont pas adaptées pour fonctionner dans le reste de la bande haute fréquence.

De même, pour utiliser une antenne filaire à des fréquences qui ne correspondent pas à la longueur ou hauteur physique de l'élément rayonnant, il existe des circuits électroniques d'adaptation disposés au pied de l'antenne, lorsque celle-ci est aérienne, appelés « boîte d'adaptation » d'antenne. Un inconvénient de ce dispositif est que l'adaptation est à faire de manière différente pour chaque fréquence utilisée. Par exemple, dans la gamme haute fréquence, les boîtes d'adaptation contiennent environ 25 composants à utiliser de manière combinatoire (soit 2^{25} combinaisons) déterminés par un

calculateur. En outre, le volume d'un tel système d'adaptation est proportionnel à la puissance délivré par l'émetteur, soit environ 200 L pour un émetteur de 500 W, ce qui n'est pas adaptable à un sous-marin.

Le but de l'invention est de pallier cet inconvénient d'adaptation de l'antenne à l'émission dans la bande haute fréquence.

A cet effet, l'invention a pour objet, une antenne filaire du type précité, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un filtre isolateur disposé sur l'élément rayonnant de l'antenne filaire.

Suivant des modes particuliers de réalisation, l'antenne filaire comporte l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes prises séparément ou en combinaison :

- le ou chaque filtre isolateur est un circuit comprenant une inductance et une capacité en parallèle ;

- le ou chaque filtre isolateur est disposé à une distance égale au quart d'une longueur d'onde d'une onde haute fréquence à émettre de l'extrémité de l'élément rayonnant reliée au câble coaxial ;

- la ou chaque distance est comprise entre le quart de la longueur d'onde d'une onde haute fréquence dans l'eau et le quart de la longueur d'onde d'une onde haute fréquence dans l'air ;

- elle comprend au moins un premier et un second filtres isolateurs disposés successivement le long de l'élément rayonnant de l'antenne filaire ;

- l'antenne filaire a une longueur sensiblement comprise entre 10 et 40 m ;

- l'élément rayonnant est propre à recevoir des ondes très basses fréquences entre 3 kHz et 30 kHz.

L'invention a également pour objet un système d'émission caractérisé en ce qu'il comprend un émetteur d'ondes de hautes fréquences comprises entre 3 MHz et 30 MHz et une antenne filaire pour émettre ces ondes telle que décrite ci-dessus.

Suivant un mode particulier de réalisation, le système d'émission comprend un récepteur d'ondes de très basses fréquences comprises entre 3 kHz et 30 kHz et de hautes fréquences comprises entre 3 MHz et 30 MHz, le récepteur étant connecté avec la même antenne filaire pour recevoir ces ondes.

L'invention a également pour objet un véhicule sous-marin caractérisé en ce qu'il comporte un système d'émission tel que décrit ci-dessus.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en se référant aux dessins, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'une antenne filaire selon l'invention connectée à un sous-marin,

- la figure 2 est une vue agrandie d'une partie de l'antenne filaire de la figure 1, et
- la figure 3 est une vue schématique d'une antenne filaire selon l'invention comprenant deux filtres isolateurs.

En référence à la figure 1, l'invention concerne une antenne filaire 2 connectée à
5 un sous-marin 4.

Lorsque le sous-marin souhaite communiquer en haute fréquence ou très basse fréquence tout en restant en immersion profonde, l'antenne filaire 2 est déployée et tractée par le sous-marin tout en flottant depuis son extrémité à la surface de l'eau 5.

L'antenne filaire 2 comprend un câble coaxial 6 et un élément rayonnant 8 flottant.

10 Le câble coaxial 6 est relié à une extrémité 6A à l'élément rayonnant 8 et à l'autre extrémité 6B au sous-marin 4.

L'antenne filaire 2 est du type « antenne filaire TBF », c'est-à-dire adaptée à fonctionner à très basse fréquence entre 3 et 30 kHz et en particulier à recevoir des ondes TBF (VLF en anglais).

15 L'élément rayonnant 8 de l'antenne filaire 2 a une longueur plus courte que la théorie le voudrait mais est suffisamment sensible pour recevoir des ondes de la bande TBF entre 3 kHz et 30 kHz. La longueur est sensiblement égale à la longueur idéale nécessaire pour l'émission en début de la bande haute fréquence à quelques MHz. Par exemple, une longueur est sensiblement comprise entre 10 et 40 m pour émettre des
20 ondes à environ 6 MHz.

En outre, l'antenne filaire 2 comporte un système de commutation 12 situé dans le sous-marin 4 et connecté électriquement au câble coaxial 6 permettant de commuter entre le fonctionnement en haute fréquence (émission et réception) et le fonctionnement en très basse fréquence (réception). L'antenne filaire 2 comprend en outre au moins un
25 filtre isolateur 14 disposé sur l'élément rayonnant 8 de l'antenne filaire 2.

L'élément rayonnant 8 est électriquement coupé en plusieurs endroits pour placer les différents filtres isolateurs 14. Cette coupure électrique est similaire à la coupure électrique réalisée entre l'élément rayonnant 8 et le câble coaxial 6 qui transporte le signal reçu à un récepteur du sous-marin 4. De façon connue, un assemblage mécanique
30 assure le maintien entre les différents tronçons de l'élément rayonnant 8 et le câble coaxial 6 ou les filtres isolateurs 14.

Chaque filtre isolateur 14 est un circuit électrique comprenant une inductance 16 et une capacité 18 en parallèle, tel que représenté sur la figure 2 et communément appelé circuit bouchon.

35 Les valeurs L de l'inductance 16 et C de la capacité 18 sont choisies en fonction de la fréquence centrale F d'émission dans la bande haute fréquence désirée, selon la

relation mathématique $F^2 = 1/(4\pi^2 LC)$. Par exemple, la valeur de l'inductance est de l'ordre de 1 μ H.

De façon connue, le rapport entre la valeur L de l'inductance 16 et la valeur C de la capacité 18 détermine la largeur de bande du filtre isolateur 14 autour de la fréquence centrale F. La largeur de bande passante est sensiblement égale à 2 MHz autour de la fréquence centrale.

Chaque filtre isolateur 14 est disposé sur l'élément rayonnant 8 à une distance fixe de l'extrémité de l'élément rayonnant 8 reliée au câble coaxial 6.

De façon connue, cette distance est de préférence égale au quart de la longueur d'onde de l'onde haute fréquence à émettre, pour former une « antenne quart-d'onde ».

La distance est comprise entre le quart de la longueur d'onde d'une onde haute fréquence dans l'eau et le quart de la longueur d'onde d'une onde haute fréquence dans l'air.

Selon une variante, la distance est égale au trois quart du rapport de la célérité divisée par la fréquence de l'onde. De façon connue, il s'agit d'une « antenne trois-quarts d'onde ». Pour une même fréquence, l'efficacité sera moins bonne que pour une antenne quart-d'onde.

Ainsi, chaque filtre isolateur 14 permet d'ajuster la longueur de l'antenne TBF (VLF en anglais) à une longueur virtuelle plus courte que la longueur physique. Cette longueur virtuelle permet au tronçon de l'élément rayonnant situé entre l'extrémité 6A du câble coaxial 6 et le filtre isolateur 14 d'émettre dans la bande haute fréquence.

Ainsi, l'antenne filaire peut être tronçonnée en autant de bandes de fréquence que désirées, séparées par des filtres isolateurs dimensionnés en fonction de la fréquence centrale de chaque bande. L'élément rayonnant est alors dimensionné pour émettre des ondes hautes fréquences entre 3 MHz et 30 MHz.

L'invention concerne également un système d'émission comportant un émetteur d'ondes de hautes fréquences comprises entre 3 MHz et 30 MHz et une antenne filaire telle que décrite précédemment pour émettre ces ondes. L'antenne filaire est connectée à l'émetteur.

En outre, ce système d'émission comprend un récepteur d'ondes de très basses fréquences comprises entre 3 kHz et 30 kHz et de hautes fréquences comprises entre 3 MHz et 30 MHz. Le récepteur est connecté avec la même antenne filaire pour recevoir ces ondes.

Le sous-marin 4 comporte un tel système d'émission pour émettre des ondes hautes fréquences.

Le fonctionnement de l'antenne filaire va maintenant être détaillé en regard de la figure 3 qui représente une antenne filaire selon l'invention comprenant deux filtres isolateurs notés 14a et 14b. Chaque filtre isolateur comprend une inductance 16a, 16b et une capacité 18a, 18b, de valeurs respectives La, Lb, Ca et Cb.

5 Le premier filtre isolateur 14a et le second filtre isolateur 14b sont placés respectivement à une distance L1 et L2 de l'extrémité 6A du câble coaxial 6 sur l'élément rayonnant 8 afin de le découper en trois tronçons.

Le premier tronçon de l'élément rayonnant 8 de l'antenne filaire TBF situé entre l'extrémité 6A du câble coaxial 6 et le premier filtre isolateur 14a est noté ER1 et forme un
10 premier élément rayonnant adapté pour émettre une onde de fréquence F1 égale à $F1^2 = 1/(4\pi^2 LaCa)$ appartenant à la bande haute fréquence.

De même, le second tronçon situé entre l'extrémité 6A du câble coaxial 6 et le second filtre isolateur 14b est noté ER2 et forme un second élément rayonnant adapté pour émettre une onde de fréquence F2 égale à $F2^2 = 1/(4\pi^2 LbCb)$ appartenant à la
15 bande haute fréquence et plus grande que F1.

En effet, autour de la fréquence de résonance du circuit électrique de chaque filtre isolateur, seul le tronçon placé avant le filtre isolateur rayonne les signaux à haute fréquence. La partie placée après le filtre est isolée.

Lorsque le système de commutation 12 est dans la position de commutation
20 adaptée au fonctionnement en haute fréquence, le sous-marin émet l'onde à la fréquence HF désirée qui est transmise à l'élément rayonnant 8 par le câble coaxial 6. En fonction de la fréquence HF de l'onde, le premier tronçon ER1 ou le deuxième tronçon ER2 rayonne vers un récepteur de l'onde.

Par exemple, il peut être nécessaire d'avoir trois bandes de fréquence dans la
25 gamme haute fréquence pour la communication des sous-marins : entre 20 MHz et 24 MHz, 12 MHz et 15 MHz et entre 5 MHz et 7 MHz.

Si l'une des bandes correspond à la longueur totale de l'antenne TBF utilisée en haute fréquence, seuls deux autres filtres sont nécessaires. Sinon trois filtres seront nécessaires afin de découper l'élément rayonnant de l'antenne filaire en trois tronçons.

30 Pour recevoir dans la bande TBF, le système de commutation 12 dans le sous-marin est positionné/activé dans la position de fonctionnement en très basse fréquence.

Les circuits électriques des filtres isolateurs sont alors transparents dans la bande de fréquence TBF, et assurent à l'antenne filaire les mêmes performances qu'auparavant dans cette bande.

35 Ainsi, une bonne adaptation d'impédance est réalisée pour les deux bandes de fréquence : haute fréquence (émission et réception) et très basse fréquence (réception).

On comprend alors que l'antenne filaire selon l'invention est apte à fonctionner en émission dans le domaine haute fréquence et en réception dans les domaines très basse fréquence et haute fréquence.

5 Selon l'invention, l'adaptation est faite de manière simple par rapport aux boîtes d'adaptation et fixe pour une pluralité de fréquences centrales de travail, de préférence deux ou trois, réparties dans la bande haute fréquence.

REVENDEICATIONS

1.- Antenne filaire (2) pour sous-marin (4) comprenant un câble coaxial (6) et un élément rayonnant (8) dont une extrémité est reliée au câble coaxial et dimensionné pour émettre des ondes hautes fréquences, entre 3 MHz et 30 MHz, l'antenne (2) étant caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un filtre isolateur (14) disposé sur l'élément rayonnant (8) de l'antenne filaire (2).

2.- Antenne filaire (2) selon la revendication 1, caractérisée en ce que le ou chaque filtre isolateur (14) est un circuit comprenant une inductance (16) et une capacité (18) en parallèle.

3.- Antenne filaire (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, caractérisée en ce que le ou chaque filtre isolateur (14) est disposé à une distance égale au quart d'une longueur d'onde d'une onde haute fréquence à émettre de l'extrémité de l'élément rayonnant (8) reliée au câble coaxial (6).

4.- Antenne filaire selon la revendication 3, caractérisée en ce que la ou chaque distance est comprise entre le quart de la longueur d'onde d'une onde haute fréquence dans l'eau et le quart de la longueur d'onde d'une onde haute fréquence dans l'air.

5.- Antenne filaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins un premier et un second filtres isolateurs (14) disposés successivement le long de l'élément rayonnant (8) de l'antenne filaire (2).

6.- Antenne filaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que l'antenne filaire (2) a une longueur sensiblement comprise entre 10 et 40 m.

7.- Antenne filaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que l'élément rayonnant est propre à recevoir des ondes très basses fréquences entre 3 kHz et 30 kHz.

8.- Système d'émission caractérisé en ce qu'il comprend un émetteur d'ondes de hautes fréquences comprises entre 3 MHz et 30 MHz et une antenne filaire (2) pour émettre ces ondes selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

8

9.- Système d'émission selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend un récepteur d'ondes de très basses fréquences comprises entre 3 kHz et 30 kHz et de hautes fréquences comprises entre 3 MHz et 30 MHz, le récepteur étant connecté avec la même antenne filaire pour recevoir ces ondes.

5

10.- Véhicule sous-marin caractérisé en ce qu'il comporte un système d'émission selon l'une quelconque des revendications 8 à 9.