Liban 2019

EXERCICE 3 : UN RADAR DE SURVEILLANCE MARITIME (5 points)

On désigne sous le nom de radar (*Radio Detection and Ranging*) un dispositif qui émet des ondes électromagnétiques et qui reçoit celles réfléchies par les objets. Un tel dispositif permet, entre autres, de détecter la présence de ces objets.

D'après *Encyclopaedia Universalis*

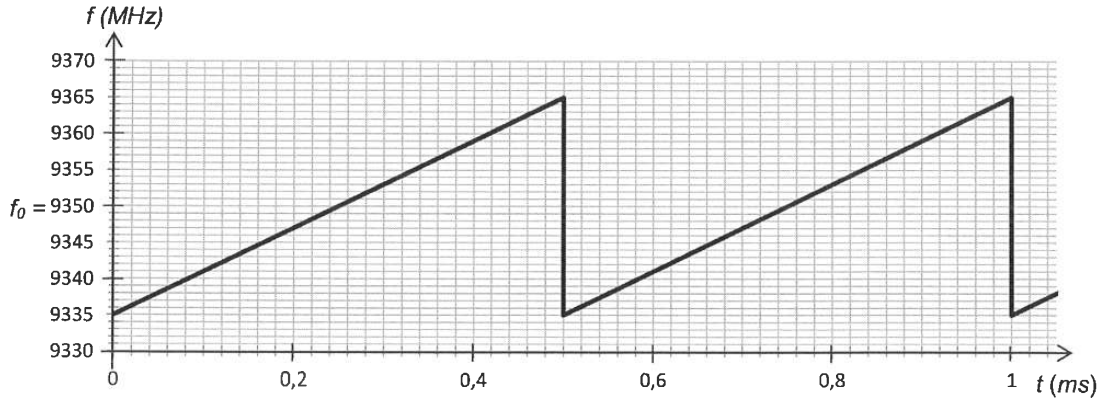
Données :

- la valeur de la célérité de la lumière dans le vide ou dans l'air est supposée connue par les candidats ;
- unité de mesure de distance employée en navigation maritime et aérienne :

1 mile nautique (mn) = 1,852 km.

Partie 1 : Détermination de la position d'une cible fixe par la technique de l'écho

Le radar de surveillance maritime émet continuellement des ondes électromagnétiques dont la valeur de la fréquence d'émission varie périodiquement au cours du temps autour de sa fréquence de référence f_0 (voir document 1). L'analyse de la fréquence de l'onde reçue lors de l'écho permet de déterminer l'instant t_1 auquel l'onde a été émise.



Document 1 : Variation de la fréquence de l'onde émise par le navire de surveillance maritime au cours du temps

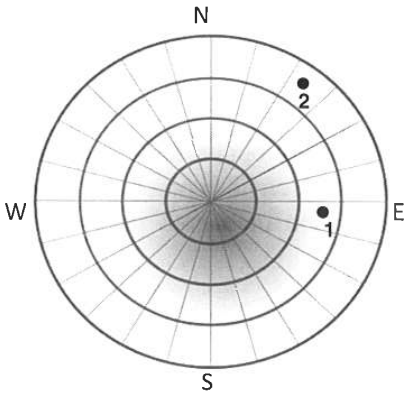
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

L'analyse de la zone de surveillance met en évidence l'existence de deux échos qui correspondent à la présence de deux bateaux. L'objectif est de déterminer quel bateau est responsable de l'écho de fréquence 9344 MHz reçu à l'instant $t = 0{,}43$ ms. Une copie de l'écran radar à cet instant est fournie dans le document 2.

Distance entre chaque cercle concentrique de l'écran radar : 9 miles nautiques.
Écran radar (site Pixabay)



Document 2 : Écran radar du navire de surveillance à l'instant t = 0,43 ms

On considère que les deux bateaux sont immobiles.

1.1. Donner la relation entre la distance d (entre le radar et le bateau détecté) et Δt la durée du trajet aller-retour de l'onde.

1.2. À quel instant a été émise l'onde de fréquence 9344 MHz ?

1.3. En déduire la valeur de la distance d entre le radar et le bateau responsable de cet écho.

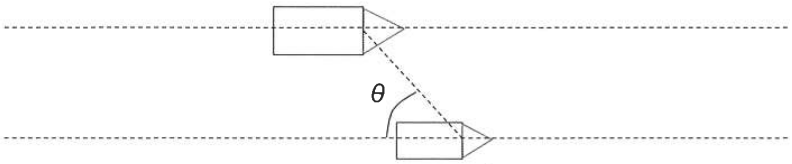
1.4. Identifier, parmi les deux bateaux, celui qui correspond à cet écho. Expliciter la démarche utilisée.

1.5. Déterminer la valeur de la distance maximale que peut détecter ce radar et comparer avec la valeur proposée par le constructeur qui est de 36 miles nautiques.

Liban 2019

Partie 2 : Limites du dispositif par effet Doppler

Un navire de surveillance maritime équipé d'un radar et un bateau (cible) naviguent tous les deux dans la même direction.
En raison d'un mouvement relatif entre la cible et le radar, la fréquence de l'onde reçue ne correspond plus à la fréquence de l'onde émise. Il existe un décalage de fréquence Δf_D appelé le décalage Doppler. Il dépend de la fréquence de l'onde émise ($f_0 = 9350$ MHz), de la vitesse relative v entre les deux bateaux et de leur position respective repérée par l'angle θ sur le schéma ci-dessous.



L'expression permettant de déterminer le décalage Doppler s'écrit :

$$\Delta f_D = \frac{2v}{c} \cdot f_0 \cdot |\cos \theta|$$

2.1 Donner, en justifiant la réponse, la valeur de l'angle pour lequel le décalage Δf_D est toujours nul.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

Afin de ne pas introduire d'erreur dans le positionnement d'un bateau, ce décalage Doppler ne doit pas être supérieur à la limite de détection du radar qui est de 1,5 kHz.

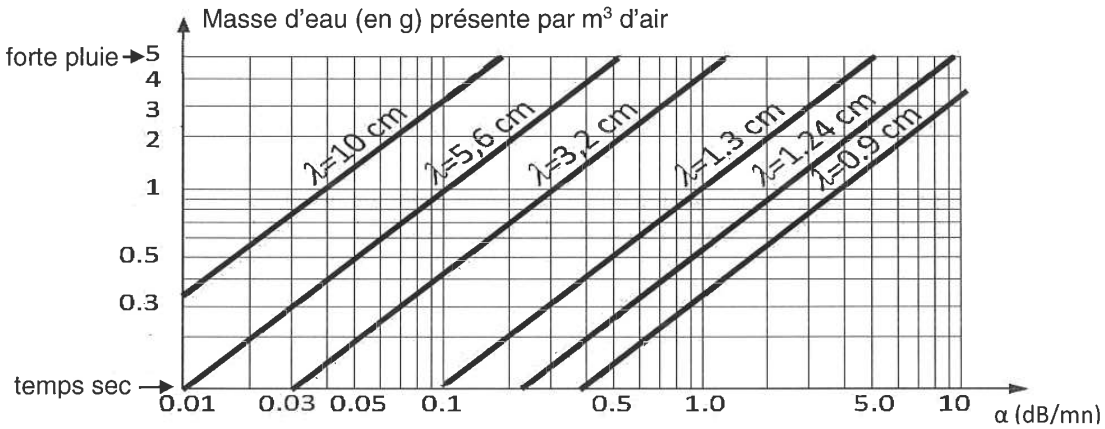
2.2. On se place dans la configuration où $\theta = 0°$. Déterminer la valeur de la vitesse relative maximale entre les deux bateaux afin que cela n'introduise pas d'erreur dans son positionnement.

Partie 3 : Limites du dispositif par atténuation du signal

Quand une onde électromagnétique se propage dans l'air, une partie de celle-ci est renvoyée dans toutes les directions, par exemple en raison de la présence de molécules d'eau. Ce phénomène qui est à l'origine d'une partie de l'atténuation du signal radar est donc très dépendant des conditions météorologiques.

Données :

- puissance émise : $P_{émise} = 165$ mW ;
- puissance minimum détectable : 1×10^{-11} mW ;
- distance maximale de détection : 36 mn (miles nautiques) ;
- fréquence moyenne du transmetteur : $f_0 = 9350$ MHz.



Document 3 : Évolution du coefficient d'atténuation linéique α en fonction de la quantité d'eau présente dans l'air pour différentes valeurs de longueurs d'ondes utilisées par les radars

On rappelle que l'atténuation linéique α d'un signal est définie par la relation suivante :

$$\alpha = \frac{10}{L} \log\left(\frac{P_{émise}}{P_{reçue}}\right)$$ avec L distance parcourue par le signal.

3.1. Quel type de propagation (libre ou guidée) utilisent les systèmes radar ?

3.2. Calculer la valeur de la longueur d'onde du rayonnement électromagnétique émis par le radar.

3.3. La valeur de la puissance reçue par le radar pour une masse d'eau présente par m³ d'air, égale à 4 g, est-elle détectable ?

On explicitera soigneusement la démarche utilisée ainsi que les hypothèses formulées.
Toute tentative de réponse cohérente sera valorisée.

Liban 2019

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 3 / 3
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer