

Le radar

BASE DU RADAR

Les ondes

Lorsqu'on lance une pierre dans un lac calme, il se forme des ondes qui se propagent concentriquement autour du point où la pierre tombe dans l'eau. De même, les ondes d'autres natures se propagent autour du point où elles sont produites. Ces ondes sont, par exemple, les ondes du son, de la lumière ainsi que les ondes électromagnétiques qui sont utilisées pour la radio, la télévision et aussi pour le radar.

Vitesse de propagation des ondes

Les ondes de même nature se propagent toujours avec la même vitesse: la vitesse de propagation.

Celle des ondes sonores est de 330 mètres par seconde, celle des ondes lumineuses de 300 millions de mètres par seconde.

Les ondes électromagnétiques, employées par le radar ont la même vitesse que les ondes lumineuses

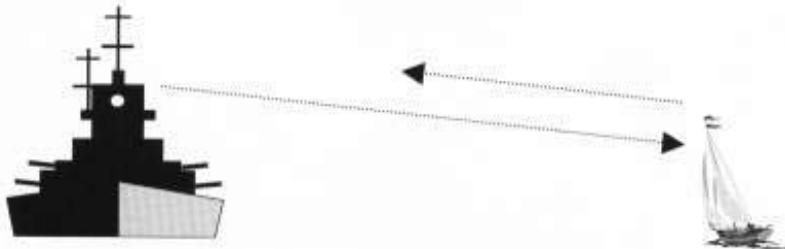
Réflexion des ondes

Toutes les ondes peuvent être réfléchies par des surfaces appropriées.

Les ondes lumineuses peuvent être réfléchies par un miroir et aussi, au moins en partie, par la surface des objets qu'elles touchent. C'est en effet la lumière réfléchie qui, en arrivant à l'œil, rend ces objets visibles.

Les ondes du son peuvent être réfléchies par exemple par certaines montagnes ou forêts.

Les ondes électromagnétiques sont, elles aussi, réfléchies par les obstacles qui se trouvent sur leur chemin et c'est de cette propriété qu'on fait usage dans le radar.



L'ÉMETTEUR

L'onde électromagnétique

L'émetteur produit une onde électromagnétique qui est conduite à l'antenne par le guide d'onde. L'onde électromagnétique est d'environ 9500 MHz, soit 9500 millions d'oscillations par seconde. Ce choix a été déterminé en fonction des facteurs suivants :

Plus une onde est longue, plus elle est pénétrante. Un exemple, le poste radio de la voiture. On peut capter pratiquement partout les longues ondes. Par contre, plus l'onde est courte, plus elle est sensible au blindage des tunnels, ponts et montagnes. Les ondes lumineuses sont encore plus courtes que les ondes électromagnétiques-radio. Elles sont si courtes qu'elles ne parviennent pas à pénétrer une matière aussi mince que le brouillard par exemple. Il est alors important de trouver une longueur d'onde assez longue pour qu'elle puisse pénétrer irréfutablement le brouillard, la tempête, la fumée, mais doit être aussi courte que possible afin d'obtenir une présentation plus précise et plus claire de tous les objets repérés. Ainsi, l'onde la plus longue entrant en considération est de 3 cm.

La longueur d'impulsion

Cette onde électromagnétique n'est pas émise continuellement. Comme on désire mesurer une distance avec le principe de l'écho, il est nécessaire que cette onde soit envoyée par impulsion. Cette impulsion est délibérément très courte, de l'ordre de 0,05 à 0,8 microsecondes en moyenne.

En effet, si l'onde était émise pendant 1 seconde, et sachant que la vitesse de propagation de l'onde électromagnétique est de 300'000 km/seconde, que la terre à une circonférence de 40'000 km, le début de l'émission aurait parcouru 7,5 fois le tour de notre planète avant que sa fin ne quitte l'émetteur. On comprend aisément, qu'avec un temps d'émission aussi long, il est tout à fait impossible de mesurer une distance, selon les principes de l'écho, par rapport à un objet rapproché. Cette longueur d'impulsion de 7,5 fois le tour de la terre devra être considérablement raccourcie.

Avec une impulsion de 0.05 microsecondes, par exemple, la longueur de la radiation sera alors ramenée à 15 mètres (vitesse propagation des ondes radios, 300'000 km/s ou 0,01 us = 3 m.) Ce qui veut dire que, lors d'une impulsion, l'onde aura parcouru 15 mètres lorsque sa fin quittera l'émetteur. La longueur d'impulsion sera alors déterminante pour définir les qualités signalétiques d'un radar.

L'écartement minimal

Si l'onde percute un objet alors que sa fin n'a pas encore quitté l'émetteur, son écho ne sera pas repéré et signalé. Pour pouvoir être repéré et signalé, cet objet devra alors être éloigné du radar de plus d'une moitié de longueur d'onde, soit pour cet exemple de 7,5 mètres (pour une impulsion de 0,05 us). C'est l'écartement minimal du radar lui permettant de présenter les objets proches.

Décomposition radiale

Ce problème sera constaté pratiquement lors de la *décomposition radiale*, appelée aussi séparation de distances. C'est à dire, comme pour l'écartement minimal, le radar ne pourra différencier des cibles proches placées dans le même rayon.

Comme pour l'écartement minimal, si le deuxième objet est trop rapproché, son écho suivra immédiatement le premier pour revenir à l'antenne. Sans différence de temps et d'espace, les deux échos y aboutissent. Comme le récepteur ne peut différencier les échos qui arrivent, ils seront représentés comme un seul objet. Par contre, s'ils sont espacés en position radiale de plus de la moitié de la longueur d'onde, ils seront présentés séparément sur l'écran.

Nous avons vu que l'onde électromagnétique est émise par impulsion. Si cette onde ne rencontre aucun obstacle, elle est perdue. Par contre, lorsqu'elle rencontre un obstacle, une fraction de l'énergie est réfléchie par la cible et revient vers l'émetteur. Nous avons aussi pu mettre en évidence l'importance de la longueur d'une impulsion pour définir les capacités signalétiques du radar, écartement minimal et décomposition radiale.

Fréquence de répétition des impulsions

Pendant qu'une impulsion est en route, l'émetteur ne peut pas en émettre une seconde, car l'émetteur ne saurait reconnaître de quelle impulsion l'écho provient. L'émetteur va alors en émettre entre 1000 à 4000 par seconde. (Plus les distances visées sont longues, plus le nombre d'impulsions par seconde va être réduit car, la durée de l'impulsion sera plus longue).

L'ANTENNE

Faisceau d'ondes

Les ondes émanant d'une source peuvent être concentrées en un faisceau d'ondes pratiquement parallèles, réfléchies par un réflecteur de forme spéciale. Dans les projecteurs, les ondes lumineuses sont réfléchies par un miroir concave qui les concentre en un faisceau lumineux dans une direction déterminée. Toutefois, du fait que le miroir ne peut pas concentrer toutes les ondes dans le faisceau, on voit que le projecteur éclaire, quoique faiblement, les objets se trouvant à proximité du faisceau mais en dehors de celui-ci.

Les ondes électromagnétiques, émanant de l'antenne d'un radar, sont concentrées et réfléchies, comme les ondes lumineuses, dans une seule direction, par un réflecteur faisant partie de l'antenne. Il ne s'agit pas, comme pour le projecteur, d'une focalisation de forme ronde, mais d'une focalisation en éventail. L'antenne du radar, comme l'exemple du projecteur, émet aussi, quoiqu'en faible intensité, en dehors du faisceau. L'éventail horizontal est très étroit, tandis que l'éventail vertical est proportionnellement large.

Dans le réflecteur d'antenne, l'émission ne part pas uniquement du centre, mais de toute la surface intérieure et, comme pour un projecteur, le faisceau s'élargit en s'éloignant du projecteur.

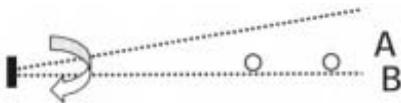
Rotation de l'antenne

Si l'antenne était immobile, l'émission des impulsions se ferait toujours dans la même direction et l'on ne verrait, sur l'écran, que les obstacles se trouvant dans cette direction. Comme l'on veut voir sur l'écran tous les obstacles autour de l'antenne, celle-ci est mise en rotation par un moteur électrique autour d'un axe vertical, à raison de 25 tours/minutes en moyenne. Plus lente est la rotation de l'antenne, plus long est le temps pour qu'un objet soit à nouveau irradié. Plus l'antenne tourne vite, meilleure est la régénération d'informations. Des expériences ont prouvé qu'une rotation entre 40 et 80 tours/minute, lors d'observations constantes, est défavorable au sens humain, car l'opérateur radar se fatigue rapidement.

La focalisation horizontale

Pour des raisons de sécurité, le marin doit pouvoir déterminer à longue distance l'espace entre plusieurs bateaux amarrés. Cela n'est plus possible si la focalisation dépasse $1,2^\circ$. Par exemple, pour une ouverture de faisceau à $1,2^\circ$, à 200 mètres, les objets devraient être distants de plus de 4 mètres, à 1'600 mètres de plus de 33 mètres etc... Si les deux objets sont placés parallèlement et à même distance radiale de l'antenne, ils ne seront présentés séparément sur l'écran que s'ils se trouvent hors des deux lignes. S'ils se trouvent entre les lignes, il ne se produira pas deux échos, mais un seul, car les deux objets seront captés radialement et latéralement par la même impulsion.

Un obstacle donne un écho sur l'écran aussi longtemps qu'il est touché par le faisceau d'ondes tournant émis par l'antenne. Il s'ensuit que plus un objet est éloigné de l'antenne, plus son écho sur l'écran est déformé, c'est à dire élargi.



Dans la position A du faisceau, les bouées apparaissent sur l'écran. Dans la position B, elles disparaissent. Elles figurent donc sur l'écran avec une largeur correspondant en réalité à la largeur du faisceau à l'endroit de chaque bouée.

Nous pouvons en conclure que plus la focalisation est dense, plus la garantie de sécurité augmente, car l'image est d'autant plus décomposée, ce qui facilite la navigation sans visibilité au radar. Malheureusement, la grandeur de l'antenne est tributaire de la longueur d'onde utilisée. Pour des ondes de 3 cm, le diamètre de l'antenne ne peut être inférieur à 180 cm, pour garantir une focalisation horizontale de $1,2^\circ$ (norme prescrite pour la navigation fluviale). Toutefois, il ne faut pas oublier que la focalisation horizontale ne peut être moins large que le diamètre de l'antenne.

A suivre...

Daniel Gauchat, section de Morges