

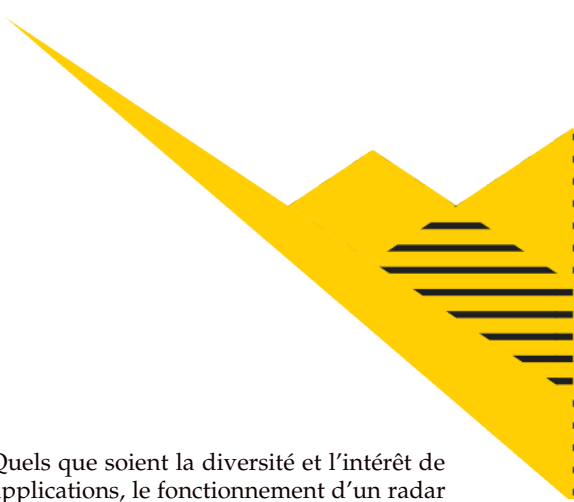
LE RISQUE D'AVEUGLEMENT

Les émissions utilisées par les radars passifs (émetteurs radio, de télévision...) étant souvent permanentes et continues, les ondes reçues directement et celles reçues après réflexion par la cible doivent être traitées simultanément. Aussi, le radar passif doit en permanence gérer le risque d'aveuglement induit par le signal directement reçu de l'émetteur. En pratique, le signal direct reçu est généralement un million à dix milliards de fois plus puissant que l'écho reçu de la cible. Cela représente une difficulté technique majeure. Afin de discerner l'écho de cible malgré tout, une capacité de calcul importante est nécessaire pour mettre en œuvre une architecture de traitement spécifique. Cette architecture de traitement exploite les connaissances que l'on a sur l'émetteur (sa position, ses caractéristiques...) et utilise, pour réduire fortement les signaux aveuglants et détecter les échos avec une grande sensibilité, un réseau d'antennes réceptrices et des filtres adaptatifs très performants.

42

renseignement et de protection. Outre l'évitement des collisions, l'aide aux approches et aux appontages, les radars militaires aéroportés sont utiles pour cartographier des zones d'intérêt ou un champ de bataille, pour conduire des tirs et guider l'artillerie. Aujourd'hui, les radars aéroportés fournissent des images dont les pixels correspondent à des zones de la taille de quelques centimètres.

Au sol, les radars servent au contrôle aérien. En zone littorale ou portuaire, les radars maritimes jouent un rôle similaire pour repérer et guider les navires. On peut aussi mentionner la sécurité routière, des radars étant dévolus au contrôle de la vitesse des véhicules. Les radars de recul ou encore les radars d'assistance au freinage d'urgence qui équipent certains véhicules ont été développés selon le même principe.



Quels que soient la diversité et l'intérêt de ces applications, le fonctionnement d'un radar classique, ou actif, nécessite beaucoup d'énergie : pour atteindre des portées appréciables, le radar doit émettre des ondes à une très forte puissance. Par conséquent, le radar actif est très peu discret, et même un appareillage électronique rudimentaire peut le détecter facilement. Dans le domaine militaire, un tel radar aide certes à observer, mais il trahit également sa présence ; et dans le domaine civil, les risques de brouillages involontaires posent aussi des difficultés. Enfin, un dispositif capable de rayonner une grande quantité d'énergie coûte extrêmement cher en équipement, en installation et en maintenance.

ÉLIMINER L'ÉMETTEUR

Ces contraintes ont conduit à l'idée de radar passif. L'idée fondamentale consiste à ne développer et à n'installer que la partie « réception » du radar. Il n'y a pas d'émetteur au sens strict. Le radar passif exploite tout simplement des signaux externes présents dans son environnement, tels ceux émis par des antennes de radiodiffusion ou télédiffusion, ou des stations relais des téléphones portables.

Le principe du radar passif a été inventé peu après celui du radar actif, au début du ^{xx}e siècle. Les premiers à effectuer des recherches sérieuses ont été les Allemands pendant la Seconde Guerre mondiale : la société Telefunken avait réalisé un prototype de radar passif, utilisant une antenne gigantesque, dont les signaux reçus étaient dépouillés et exploités manuellement par une équipe de plusieurs dizaines d'opérateurs.



L'idée fut ensuite reprise durant la guerre froide, du côté russe comme du côté américain. Le radar passif n'a toutefois pas dépassé le stade du prototype. Les recherches n'ont abouti qu'au début des années 2000, lorsque des applications industrielles et les premiers radars passifs opérationnels ont vu le jour pour des applications de surveillance maritime et aéroterrestre: il fallait attendre que la technologie nécessaire – émetteurs radio, télédiffusion numérique, ordinateurs puissants... – soit disponible.

UN RADAR OPPORTUNISTE

Le principe d'un radar passif est simple: profiter de la présence opportune d'un ou de plusieurs émetteurs suffisamment puissants, mais conçus pour tout autre chose, afin d'analyser les échos renvoyés par des cibles en mouvement. En effet, une antenne qui diffuse des émissions de radio, de télévision ou qui relaye des communications téléphoniques émet continuellement des signaux puissants. Dans le domaine militaire, les émissions des radars alliés ou ennemis ainsi que certaines transmissions des satellites de télécommunication ou de géolocalisation remplacent si besoin ces émissions civiles.

Lorsque ces ondes atteignent un obstacle comme un navire ou un avion, elles sont réfléchies par la coque ou la carlingue. Un récepteur capable de capter l'écho qui en résulte peut alors détecter et localiser le navire ou l'avion, puis en évaluer la vitesse de déplacement, la trajectoire et la direction.

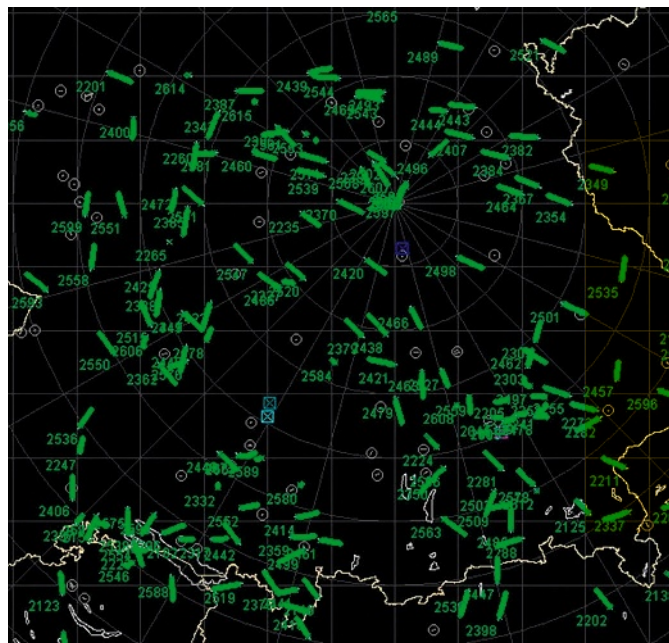
Les radars passifs constituent un complément du radar actif, dont ils compensent les faiblesses en offrant divers avantages. Lesquels ?

Tout d'abord, un radar passif ne nécessite aucune allocation de fréquence spécifique. Ensuite, il est indétectable puisqu'il se résume à un récepteur. Un avion ennemi équipé d'un détecteur de radars n'enregistrera en fait qu'une activité radioélectrique normale, constituée d'émissions de télévision, de radio et de réseaux de téléphonie mobile. Cet aspect est particulièrement important pour les applications militaires, mais il présente aussi de nombreux avantages pour les applications civiles: l'absence d'émission élimine les risques de brouillage et facilite la coexistence du radar passif avec d'autres systèmes radioélectriques, aux bandes de fréquences souvent encombrées.

Par ailleurs, en utilisant des bandes de fréquences basses (celles de la radio FM et de la télévision, c'est-à-dire d'environ 80 à 860 mégahertz), le radar passif présente un complément de couverture aérienne, notamment aux basses altitudes, très appréciable par rapport aux radars actifs, qui couvrent essentiellement les zones de moyenne et haute altitudes. En effet, l'exploitation conjointe de signaux de basse fréquence et

AVION FURTIF

Un avion est dit «furtif» quand il est conçu pour être le plus invisible possible aux radars. Pour ce faire, on peut choisir des formes, souvent anguleuses, qui réfléchissent les ondes incidentes autrement que vers l'émetteur. Autre option, couvrir l'avion d'un composé qui absorbe ces ondes. Les deux solutions sont compatibles et applicables à d'autres engins, comme les hélicoptères, les bateaux, les sous-marins... En outre, la furtivité peut aussi concerner la diminution de chaleur émise et des sons produits par l'appareil.



Le ciel du sud de l'Allemagne et les avions (en vert) qui le traversent, vus fin juillet 2019 par un dispositif de radar passif (nommé Twinvis) conçu par la société Hensoldt. Il s'agit d'un système multistatique réunissant quatre appareils installés à Nuremberg, Roth, Erding et Ulm. Ces tests validaient la pertinence des radars passifs pour le contrôle aérien.

de la configuration dite « bistatique », où l'émetteur et le récepteur sont spatialement séparés, donne lieu à trois atouts essentiels.

Un premier est le contournement des obstacles constitués par le relief. En effet, les ondes de basse fréquence ont une assez grande longueur d'onde (de l'ordre du mètre), et sont donc peu sensibles aux obstacles de petite taille; par ailleurs, la position décalée de l'émetteur donne accès à des zones qui, autrement, seraient cachées par le relief.

LES AVIONS FURTIFS DÉVOILÉS

Un deuxième atout lié au couple basse fréquence-configuration bistatique est la suppression ou la forte réduction de la furtivité de certains avions militaires. Les avions furtifs, tels les bombardiers américains F117, B2 ou F-22 (voir la figure page 39), sont des appareils dont la forme et les matériaux qui les recouvrent sont conçus pour limiter la puissance des échos radar renvoyés en direction de l'émetteur. Cette parade des avions furtifs est très efficace contre les radars classiques, qui cumulent en un même lieu les fonctions

d'émission et de réception; mais elle est battue en brèche par la géométrie bistatique des radars passifs et par la faible efficacité des revêtements absorbants pour les ondes de basse fréquence.

Un troisième atout réside dans la capacité à augmenter fortement la couverture et la précision lorsque plusieurs dispositifs sont exploités simultanément. Il ne s'agit plus de configuration à strictement parler bistatique, mais plutôt multistatique. La multiplication des points de vue sur la cible se traduit par un accroissement du nombre de données, aujourd'hui gérable grâce aux calculateurs modernes, qui fiabilise et raffine beaucoup le processus de localisation. La capacité de discernement obtenue ici est équivalente à celle d'un radar usuel de contrôle aérien comme l'a montré la société allemande Hensoldt, en 2019 (voir la figure ci-dessus).

Grâce à ces divers avantages, le radar passif peut être utilisé pour assurer la surveillance des côtes, des frontières, voire des routes, pour aider à lutter contre différents trafics illicites. Par ailleurs, étant dépourvu d'émetteur et d'antenne d'émission de forte puissance,