

MINISTÈRE DES TRANSPORTS

DIRECTION DE LA MÉTÉOROLOGIE

MÉTÉOROLOGIE

LES RADARS MÉTÉOROLOGIQUES

Série de diapositives n°10

INTRODUCTION

On désigne par RADAR (contraction de l'expression anglaise Radio Detection And Ranging) un système dont le but est de détecter et de déterminer la position de cibles à l'aide d'ondes électromagnétiques.

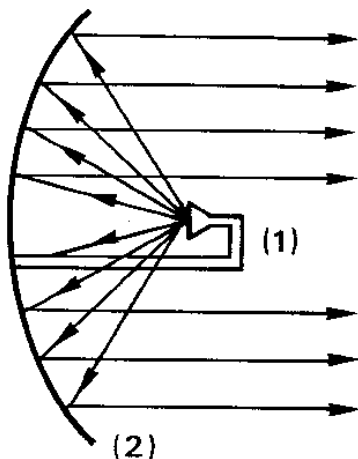
Historique:

Dès 1887, Hertz découvrit que les ondes "radio" pouvaient être concentrées et réfléchies par des surfaces métalliques. De 1920 à 1930, plusieurs chercheurs (aux USA, en France, en Grande-Bretagne et en Allemagne) démontrèrent qu'il était possible, par ce moyen, de détecter des objets tels que des avions ou des bateaux à plusieurs kilomètres de distance. A partir de 1930, les recherches s'accéléchèrent en visant surtout les applications militaires. Au déclenchement de la seconde guerre mondiale, elles venaient de déboucher sur le RADAR. Les premiers équipements fonctionnèrent à l'aide d'ondes métriques puis centimétriques par émission de signaux sous forme d'impulsions de forte puissance rendues possibles par l'invention du magnétron.

Le rôle de ces équipements dans le domaine militaire fut très important dès 1940. Depuis 1945, des applications civiles sont apparues et n'ont cessé de se développer pour les transports aériens et maritimes, l'astronomie, la météorologie. . . .

- Description :

En météorologie, les cibles préférentielles (gouttelettes d'eau, grêlons, flocons de neige. . .) sont les précipitations. Celles-ci sont représentées par des zones brillantes sur l'indicateur d'un tube cathodique incorporé au pupitre de commande (vue n° 1, à gauche). Sur les équipements les plus récents, l'image est numérisée. A l'aide d'un écran de télévision, l'image des précipitations sur la région couverte par le radar est représentée par des points dont la couleur est fonction de la quantité et des dimensions des gouttelettes de pluie ou des cristaux de glace, donc de l'intensité du phénomène (vue n° 1, à droite). La gamme de couleurs utilisée correspond à des valeurs allant de l'intensité minimale (à gauche) à l'intensité maximale (à droite). Elle est rappelée en bas de l'image. Le noir correspond aux points où il n'y a pas d'écho et donc, en principe, pas de précipitation. Une telle image est constituée de 256×256 points, chaque point représentant un carré de 200 à 4000 mètres de côté. L'image couvre alors une zone de 50 à 800 kilomètres de côté dont les dimensions sont laissées au choix de l'opérateur.



Antenne parabolique.

Fig.1: Focalisation des ondes par l'antenne à l'émission et à la réception.

est produite par l'émetteur et transmise à l'antenne qui la focalise (figure 1). Une très faible partie de cette énergie est réfléchi par les cibles vers cette même antenne. Celle-ci la recueille et la transmet vers un récepteur très sensible où elle est enfin détectée et mesurée. L'antenne est ainsi successivement reliée à l'émetteur puis au récepteur: ce basculement est automatique et quasi instantané (vue n° 2, schéma 1). La mesure du temps écoulé entre l'émission et la réception d'un écho fournit la distance de la cible. En effet, les ondes électromagnétiques se propagent dans l'atmosphère à une vitesse quasiment constante ($c \sim 3.10^8$ m/s): figure 2. On mesure également l'amplitude des échos reçus, donc la réflectivité des cibles. En météorologie,

L'antenne du radar (vue n° 1, au centre) est utilisée à l'émission et à la réception. De forme parabolique, celle-ci a un diamètre suffisant (3 à 4 mètres) pour concentrer l'onde émise en un faisceau très étroit. Des moteurs de site et d'azimut permettent de la faire tourner et de l'orienter avec précision dans le plan horizontal comme dans le plan vertical. La vitesse de rotation est, en général, inférieure à quatre tours par minute.

- Principe de fonctionnement:

La diapositive n° 2 présente le schéma des parties essentielles d'un radar météorologique. A une cadence régulière (de l'ordre de 300 fois par seconde), une impulsion très brève (de 2.10^{-6} seconde, soit 2 milliardièmes de seconde) et de grande énergie

Vues n° 1 et n° 2: LES RADARS METEOROLOGIQUES (Suite)

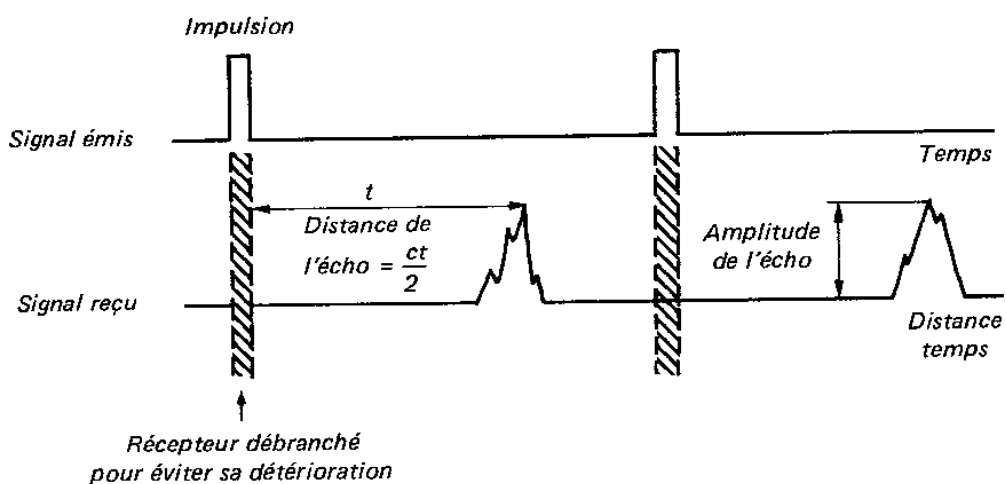


Fig. 2: Mesure de la distance de la cible.

elles sont constituées de gouttes de pluie, grêlons, flocons de neige. . . . Une fraction (d'autant plus faible que la longueur d'onde utilisée est plus grande) de l'énergie émise dans le faisceau est diffusée dans toutes les directions (vue n° 2 - schéma 4 et figure n°3) par les particules rencontrées.

Le radar détecte et mesure la partie qui est rétrodiffusée dans sa direction (vue n° 2 - schéma 5 et figure n° 3). Cette puissance rétrodiffusée est proportionnelle au diamètre des particules à la puissance six: ce sont donc principalement les particules les plus grosses qui fournissent l'écho.

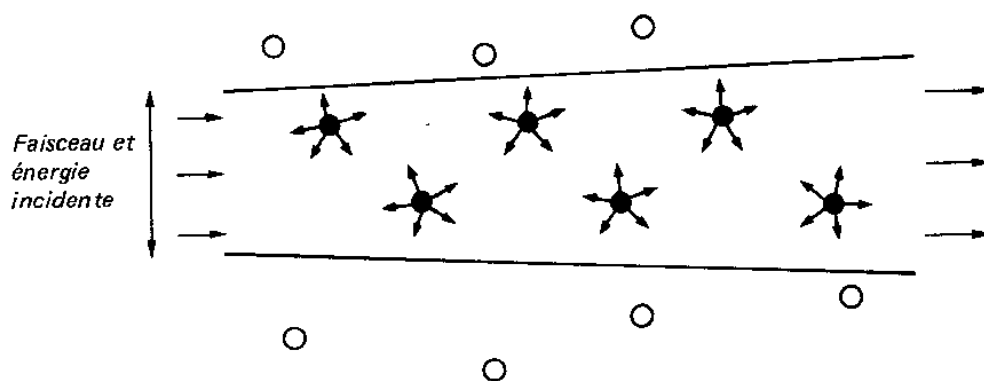


Fig. 3: Action des précipitations sur l'onde émise.

Vues n° 1 et n° 2: LES RADARS METEOROLOGIQUES (Suite)

Les services météorologiques utilisent des radars fonctionnant sur les longueurs d'onde 5 ou 10 cm, correspondant à des rayonnements très peu atténués par les précipitations. L'opacité de celles-ci vis-à-vis de ces ondes est très faible; ce qui permet d'obtenir (vue n° 1) une carte assez exacte de celles-ci, même au-delà de zones de précipitations fortes. En contrepartie, il faut utiliser un récepteur très sensible et une antenne de grand diamètre.

Les radars météorologiques ont une portée théorique de 400 km. En raison de la sphéricité de la terre (vue n° 2 - schéma 2 et figure n° 4), l'altitude d'un faisceau émis suivant l'horizontale augmente avec la distance au radar; elle est de l'ordre de 10000 mètres à 400 km.

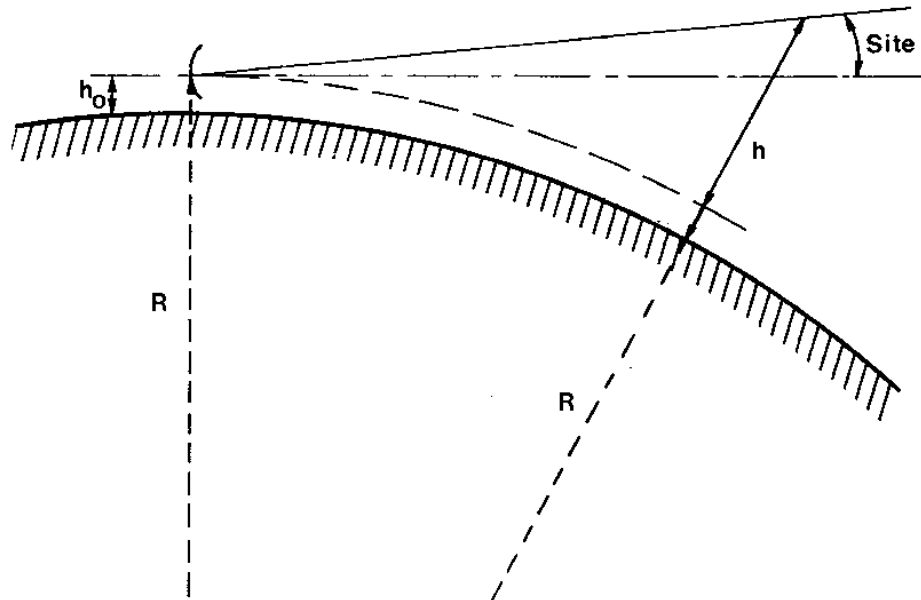


Fig. 4: Effet de la courbure terrestre sur l'altitude du faisceau radar.

De plus, la puissance retournée au radar varie inversement au carré de la distance de la cible. Pour ces raisons, la portée pratique en France ne dépasse guère 200 km sur des précipitations moyennes - Seuls les Cumulonimbus, générateurs d'orages violents, ayant des sommets culminant à 12000 mètres, sont détectés au-delà de 350 km.

- Le réseau de radars français :

La Météorologie française utilise surtout trois types de radars :

- les radars "MELODI", de haute performance, fonctionnant sur la longueur d'onde 10 cm (vue n° 1);
- les radars "RODIN", sur la longueur d'onde 5 centimètres.

Vues n° 1 et n° 2: LES RADARS METEOROLOGIQUES (Suite)

Ces radars ont pour but d'assurer la surveillance des orages et phénomènes dangereux (en particulier pour l'aéronautique) ainsi que, dans le futur, la prévision précise des précipitations et l'évolution de leur volume.

- les radars "ORP 330" et "RP 41" qui fonctionnent sur la longueur d'onde 3 centimètres sont installés dans les départements et territoires d'Outre-Mer. Ils sont destinés à la surveillance des cyclones et à leur localisation.

Vue n° 3: LE RADAR-VENT "RAFIX".

Les météorologistes utilisent également des radars destinés à effectuer des mesures de vent en altitude : on les nomme "radars-vent". Ceux-ci permettent de suivre automatiquement la trajectoire d'un petit réflecteur métallique accroché sous un ballon dont la vitesse ascensionnelle est de l'ordre de 300 à 400 mètres par minute. Ce système permet de déterminer le profil vertical du vent jusqu'à 25 000 ou 30 000 mètres d'altitude environ. En France, sept stations effectuent un lâcher de ballon toutes les six heures. La vue n° 3 montre l'ensemble d'un dispositif de radiosondage à la fin de la préparation du sondage : au premier plan : le radar avec son antenne parabolique et ses moteurs d'orientation ; à l'arrière-plan : l'abri où l'on gonfle le ballon, et le ballon gonflé. Au pied sont accrochés un petit parachute (pour la descente après l'éclatement) et le réflecteur radar (métallique).

Vue n° 4: LE RADAR MOBILE "RAMO".

Pour réaliser des campagnes de mesures météorologiques temporaires en divers lieux (études statistiques régionales, protection de l'agriculture, recherches...), la Météorologie a fait développer un radar mobile : le radar RAMO. Il comprend deux parties :

- la salle d'exploitation aménagée dans un camion (à l'arrière-plan) : elle contient le pupitre de commande et divers matériels ;
- l'ensemble émetteur-récepteur, l'antenne et un groupe électrogène montés sur une remorque (au premier plan) tractée par le camion.

Le radar fonctionne sur la longueur d'onde de 3 centimètres. Il permet de localiser les précipitations jusqu'à 200 km et peut également servir à la mesure du vent en altitude.

Vue n° 5: PUPITRE DU RADAR "RODIN".

On distingue, à gauche, le moniteur de télévision permettant de visualiser l'image et ses différents paramètres d'exploitation. En face de l'opérateur se trouve le pupitre, comprenant les interrupteurs de commandes d'antenne, avec l'affichage des angles de pointage de celle-ci (bandeau supérieur), et le clavier de commande du microcalculateur gérant la visualisation.

Vue n° 5 :

PUPITRE DU RADAR "RODIN" (Suite)

Les échos apparaissant sur l'écran sont analysés dans le plan horizontal que le radar balaie en totalité. Il est possible de détailler l'image d'un écho éloigné à l'aide d'un effet de loupe. La superposition de deux images successives permet, par ailleurs, d'évaluer le déplacement des échos durant l'intervalle de temps correspondant.

L'image peut être transmise à un pupitre de réception éloigné par l'intermédiaire d'une ligne spécialisée (durée de transmission: 1 minute 15).

Les diapositives suivantes présentent certains aspects des performances de tels équipements.

Vue n° 6 :

ECHOS DUS A DES LIGNES DE GRAINS (échelle 100 km).

Journée du 23 juillet 1981 à 1621 h TU.*

Ces échos, visualisés suivant une coupe quasi horizontale, ont été obtenus sur des Cumulonimbus disposés en ligne. Les échos (zone rouge) situés au centre de l'image ne sont pas dus à de la pluie mais à la réflexion d'une partie du faisceau radar sur des obstacles jusqu'à une distance faible (de l'ordre de 20 km) du radar (figure 5). Ils forment ce que l'on appelle les échos fixes : ils sont présents sur toutes les images obtenues en balayage proche de l'horizontale.

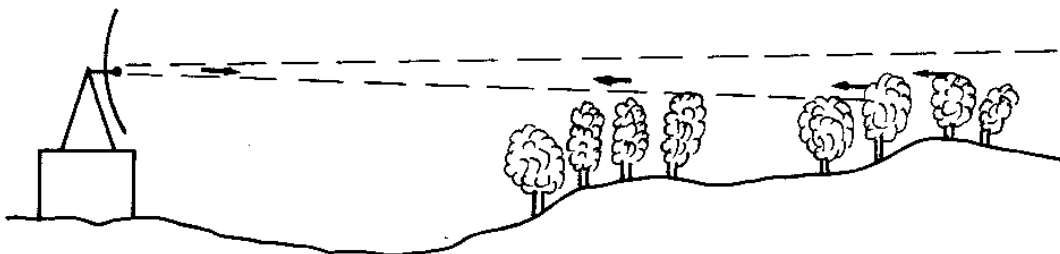


Fig. 5: Formation des échos fixes.

Commentaires :

La première ligne indique le nom de la station, la date et l'heure. Les lignes suivantes (à gauche de l'image) indiquent l'échelle (sur cette vue, nous sommes à l'échelle 1 : la distance du centre de l'image au bord représente 100 km), le grossissement, la position du centre de l'image par rapport au radar.

Les cercles concentriques sont des marqueurs de distance : ils indiquent les points situés à une même distance du radar. Ici, ils sont espacés de 20 km. Le Nord est

* Temps universel (Méridien de Greenwich).

Vue n° 6 : ECHOS DUS A DES LIGNES DE GRAINS (Suite)

situé vers le haut et l'Est à droite de l'image. Les points gris représentent l'intensité d'écho minimale; le rouge, l'intensité maximale. Un point de l'image représente un carré de 800 m de côté.

La vue suivante montre un détail de la ligne située à l'Est.

Vue n° 7 : ECHOS DUS A DES LIGNES DE GRAINS (déplacement).

Journée du 23 juillet 1981, entre 1602 et 1616 h TU.

Les cercles de distance sont espacés de 10 km. On visualise les échos de réflectivité supérieure au seuil 0 (gris sur la vue n° 6) à 1602 h TU en gris et jaune et à 1616 h TU en jaune et vert.

On constate ainsi que les échos venaient de la direction 250 degrés (Ouest-Sud-Ouest) et se déplaçaient à 40 km/h environ.

Remarquer que, à l'intérieur de la zone des 20 km, les échos ne se sont pas déplacés : ce sont les échos fixes.

Vue n° 8 : ECHOS DUS A UN FRONT FROID.

Journée du 18 septembre 1981, à 1308 h TU.

Les marqueurs de distance (cercles concentriques) sont espacés de 50 km. La bande située le plus à l'Est est liée au front chaud situé, dans ce cas, en avant et à faible distance du front froid (perturbation en voie d'occlusion).

La bande située au milieu de l'image est liée au front froid. On notera qu'à l'arrière de cette zone de pluie assez faible se trouvent des cellules de petites dimensions (jaune et orange) correspondant à des pluies plus importantes.

Vue n° 9 : ECHOS DUS A UN FRONT FROID (détail).

Journée du 18 septembre 1981, à 1324 h TU.

L'image représente une zone de 100 x 100 km dont le centre est situé à 62 km au nord du radar. La résolution de l'image est de 400 mètres. Les marqueurs de distance sont espacés de 10 km. On remarquera le caractère très ponctuel (de l'ordre du kilomètre) des cellules de pluie plus intense. Celles-ci risquent donc fort de ne pas être détectées par les moyens "conventionnels" (pluviomètres).

Vue n° 10 POPULATION D'AVERSES.

Journée du 17 mars 1981, à 1032 h TU.

L'espace entre les marqueurs de distance (cercles) est de 50 km. Le magenta repré-

- Vue n° 10:** POPULATION D'AVERSES (Suite)
sente l'intensité d'écho minimale; l'intensité maximale est imagée en blanc. Ces averses, très nombreuses, se sont développées dans une masse d'air froid et instable (situation de traîne).
- Vue n° 11:** DETECTION PAR SATELLITES.
Journée du 9 juillet 1981 à 1410 h TU.
Cette photo, obtenue par le canal infra-rouge du satellite NOAA 7, montre des nuages convectifs (orages) très importants sur la France. Les traits verts représentent le contour approximatif des côtes.
- Vue n° 12:** ECHOS SUR DES ORAGES.
Journée du 9 juillet 1981 à 1417 h TU.
Cette diapositive montre la même situation orageuse vue par un radar (radar de Trappes: près de Versailles). Les marqueurs de distance sont espacés de 50 km. Ces orages se sont produits à la limite d'une masse d'air chaud et instable et d'une masse d'air plus froid venant de l'Ouest.
On remarquera que le satellite (vue n° 11) donne une vue globale de la situation sur une vaste étendue alors que le radar fournit une carte plus détaillée des précipitations sur une surface plus faible: satellites et radars sont des moyens d'observation complémentaires de l'atmosphère.
- Vue n° 13:** ECHOS SUR DES ORAGES.
Journée du 9 juillet 1981 à 1807 h TU.
Au cours de la soirée, lors du déplacement vers l'Est de la limite de masse d'air, les différentes cellules se rejoignent peu à peu pour former une vaste zone de pluie continue.
- Vue n° 14:** ZONE DE PLUIE CONTINUE.
Journée du 5 janvier 1982 à 1313 h TU.
La distance entre marqueurs est de 50 km. Les échos sont dus à des précipitations liées au secteur chaud d'une perturbation. Dans les directions Est et Sud, les limites de cette zone étaient situées bien au-delà de 250 kilomètres mais, dans ce cas, la détection par le radar était limitée par la courbure terrestre.
L'intensité des échos diminue avec la distance au-delà de 100 km; ceci est dû au fait que la puissance reçue varie inversement au carré de la distance radar-cible (effet qui

Vue n° 14:

ZONE DE PLUIE CONTINUE (Suite)

n'est corrigé que jusqu'à 100 km sur l'image), et surtout à l'altitude plus grande du faisceau, qui dépasse peu à peu le niveau des précipitations quand on s'éloigne du radar. On remarquera que, malgré son appellation, cette zone est loin de présenter un caractère homogène.

Vue n° 15:

PHENOMENE DE BANDE BRILLANTE.

Journée du 5 janvier 1982, à 1333 h TU.

Voici une coupe verticale des précipitations de la vue précédente (vers le Nord-Est).

- Echelle horizontale de l'image (elle représente la distance des échos par rapport au radar dans la direction Nord-Est) : une croix tous les 25 km.

- Echelle verticale de l'image (elle représente l'altitude des points par rapport au sol) : une croix tous les 2000 mètres. Le sommet des échos était de l'ordre de 7500 m.

On remarque une zone de réflectivité maximale entre 1500 et 2000 mètres d'altitude (zone rouge) : c'est ce que les météorologistes appellent le phénomène de "bande brillante". Celui-ci est expliqué par la fonte des cristaux de glace (voir la figure 6).

On remarquera l'aspect statifié de ces précipitations. Le 5 janvier 1982, l'isotherme 0°C était à 1800 m (au sommet de la bande rouge).

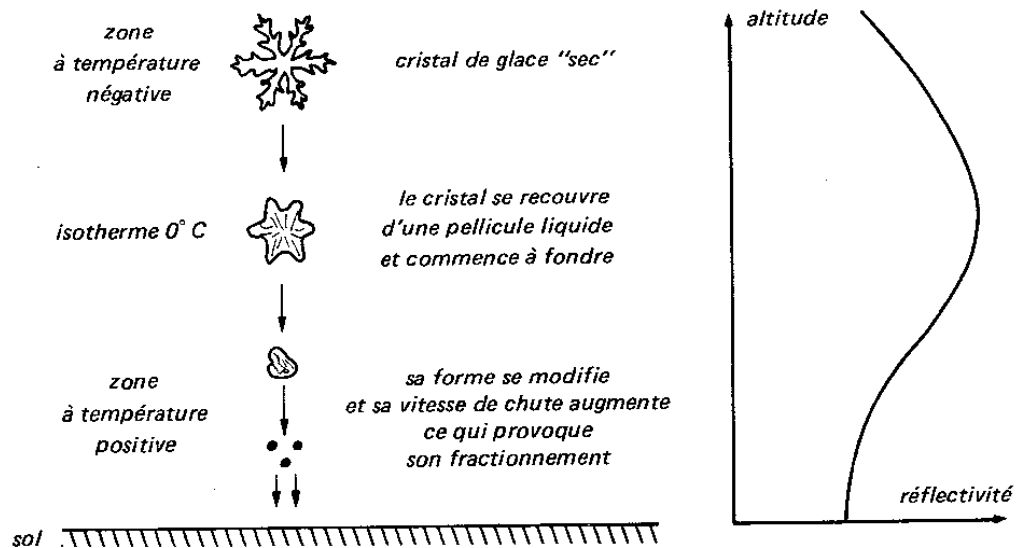


Fig. 6 - Interprétation du phénomène de la bande brillante. Elle est liée au fait que la réflectivité de la glace est cinq fois moins élevée que celle de l'eau liquide aux ondes hyperfréquences et au fait que cette réflectivité est proportionnelle à la puissance six du diamètre des gouttes.

Vue n° 16: ECHOS DUS A UNE ZONE DE NEIGE.

Journée du 12 janvier 1981, à 1603 h TU.

Distance entre marqueurs: 50 km. Malgré la faible réflectivité des cristaux de glace, il est souvent possible de détecter les chutes de neige jusqu'à 100 ou 200 km de la station radar.

Cette zone de neige, qui se déplaçait vers le Sud-Est, a produit une couche de neige de 2 à 5 cm d'épaisseur sur les régions traversées.

Vue n° 17: COUPE VERTICALE D'UN ORAGE.

Montage photographique montrant une coupe horizontale (à g.) et une coupe verticale (à d.) du Cumulonimbus. Les intensités des échos sont visualisées en trois tons de gris.

Sur la partie droite (coupe verticale), les traits verticaux sont espacés de 20 km et les traits horizontaux (lignes d'égale altitude), de 2000 m. Cette cellule avait une largeur horizontale de l'ordre de 40 km; son sommet était situé vers 10000 m.

Vue n° 18: ECHOS SUR DES LIGNES DE GRAINS.

Vue de l'écran monochrome du radar MELODI: les cercles sont espacés de 50 km. Les plages brillantes représentent les échos. On remarque, au centre, la zone d'échos fixes.

Les échos sont dus à des averses (ou grains) produites par des Cumulonimbus disposés en lignes et se déplaçant vers le Sud-Est.

Nous appelons **image numérique** une représentation de celle-ci par des nombres entiers, qui confère une représentation discontinue (ou des couleurs différentes pour les écrans radar numériques) par opposition à l'**image analogique** qui est une représentation par une grandeur physique variant de manière continue (brillance de chaque point de l'écran fonction de l'intensité de l'écho pour les images radar).

Vue n° 19: ECHOS DUS A UN CYCLONE.

Journée du 29 août 1979, à 0600 h TU. Ecran du radar de la Martinique lors du passage du cyclone David.

On distingue aisément l'"œil" situé à environ 80 km dans l'Est de l'île: celui-ci consiste en une zone de calme et de ciel clair de 20 km de diamètre environ. Autour s'enroulent les bandes de pluies très abondantes associées à des vents très violents;

L'œil se déplaçait vers le Nord-Ouest, à 20 km/h.

Vue n° 20:

ECHOS DUS A UNE PROPAGATION EXCEPTIONNELLE.

Journée du 23 septembre 1970, à 1050 h TU.

Pour certaines conditions (rares) de température et d'humidité dans les basses couches de l'atmosphère, la propagation des ondes centimétriques émises à l'horizontale est anormale: celles-ci sont "piégées" près de la surface terrestre et se réfléchissent de nombreuses fois sur le sol. Ceci conduit à des échos dus au relief, sans présence de cibles dans l'atmosphère (fig. 7).

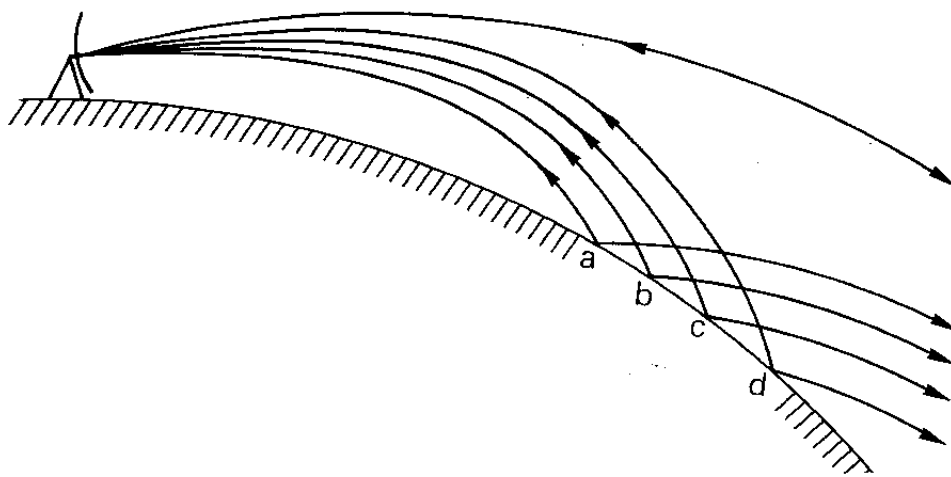


Fig. 7: Propagation exceptionnelle: réflexion du faisceau sur le sol en a-b-c-d.

Sur la vue du 11 juin 1970, la propagation est "normale": les réflexions du faisceau sur le sol cessent au-delà de 20 km (échos fixes habituels). La vue du 23 septembre 1970 présente un cas très rare: dans la plupart des azimuts, l'onde est restée "piégée" près du sol jusqu'à 400 km de distance, en fournissant des échos sur les principaux reliefs: Jura, côtes anglaises et françaises. . . Ce type d'écho, qui ne doit absolument pas être confondu avec des précipitations, peut être très gênant en exploitation.

Vue n° 21:

ECHOS DUS A DES OISEAUX.

Journée du 5 mars 1981, à 1049 h TU.

Echelle 50 km, la distance entre marqueurs est de 10 km.

Les oiseaux, en nombre suffisamment important (migrations du printemps ou de l'automne) peuvent provoquer des échos. Dans le cas présenté, ceux-ci correspondent aux petites taches magenta autour des échos fixes (de vert à blanc).

Il existe d'autres types d'échos "parasites": les aéronefs, le brouillage par un autre radar ou bien le soleil lorsqu'il se trouve dans la direction visée par l'antenne.

Vue n° 22 :

CARTES DE HAUTEURS DE PLUIE OBTENUES PAR RADAR.

Journée du 1er mars 1982: fortes averses se déplaçant d'Ouest en Est.

Cette vue représente deux cartes de hauteurs de pluie tombée en trois heures sur la région parisienne.

La carte de gauche représente la hauteur de pluie tombée de 1700 h TU à 2000 h TU; celle de droite, l'intervalle 2000 h TU à 2300 h TU.

Les contours des côtes et des principaux fleuves sont figurés en vert; les cercles représentent les points d'égalité distance (100 km et 200 km) à la station de Trappes. Ces cartes ont été obtenues à partir d'images radar numérisées en 16 niveaux d'intensités différentes (du type de celles présentées de la vue n° 6 à la vue n° 15) et enregistrées toutes les quatre minutes sur bande magnétique. Elles sont ensuite traitées et cumulées sur trois heures au centre de calcul de la Météorologie.

Pour obtenir des hauteurs d'eau, nous avons utilisé une relation réflectivité radar-intensité de pluie valable en moyenne en Europe de l'Ouest.

Les isolignes (en noir) relient les points ayant reçu la même hauteur de pluie (exprimée en mm); les chiffres superposés en rouge sur la carte de gauche indiquent les mesures obtenues par pluviographe (en dixièmes de mm). L'utilisation d'un radar pour les mesures de précipitations offre des avantages par rapport à l'utilisation des pluviomètres :

- les observations sont continues dans l'espace et avec une bonne résolution (de l'ordre de 1 à 2 km), ce qui permet de connaître les cellules de précipitations intenses qui échappent souvent aux réseaux de pluviomètres ou induisent une erreur par surestimation. Des exemples de non-détection de cellules sont visibles sur la carte représentative de l'intervalle 17 00 h - 20 00 h TU: près de Rouen, au sud-ouest et à l'ouest de Châteaudun, un exemple de surestimation est fourni par la mesure réalisée à Beauvais, situé sous un maximum,
- la mise en évidence de la variabilité des précipitations,
- la possibilité de surveillance des précipitations en temps réel.

Toutefois, un certain nombre d'erreurs affectent la mesure de quantités de précipitations par radar et rendent celle-ci très imprécise au-delà de 100 km (par une sous-estimation évidente sur les deux cartes).

Vue n° 23 :

CHAMP DE VITESSES OBTENU A L'AIDE DE DEUX RADARS DOPPLER.

Les laboratoires de recherche météorologique utilisent parfois des radars permettant d'obtenir la vitesse des particules dans la direction de visée du radar. Le principe de fonctionnement de ces radars est basé sur l'effet Doppler*. En utilisant deux ou trois

Vue n° 23 :

CHAMP DE VITESSES OBTENU A L'AIDE DE DEUX RADARS DOPPLER (Suite)

de ces radars pour balayer simultanément les mêmes points de l'atmosphère, on peut donc obtenir les mouvements tridimensionnels à l'intérieur des zones de précipitations. Les données présentées ici ont été obtenues à l'aide de deux radars "RON-SARD", du Centre de Recherche et de Physique de l'Environnement. Cette carte représente les vitesses horizontales des gouttes d'eau situées à 250 m d'altitude. Seul, un système de radars Doppler peut permettre de connaître des trajectoires aussi complexes (obtenues dans un front au-dessus de la région parisienne).

* L'effet Doppler-Fizeau est un phénomène selon lequel la fréquence d'un mouvement vibratoire diffère pour un observateur selon que la source est fixe ou mobile par rapport à lui (exemple: son du sifflet d'une locomotive passant à côté d'un observateur). Ce phénomène peut permettre de calculer les vitesses de rapprochement ou d'éloignement d'une source d'ondes sonores ou électromagnétiques en mouvement par rapport à un point de réception fixe.

Vue n° 24 :

TRAINEES DE PRECIPITATIONS OBSERVEES PAR UN RADAR 8,6 mm, le 29 JUILLET 1970

Ainsi que nous l'avons vu, les services météorologiques n'utilisent que des radars fonctionnant sur des longueurs d'onde assez élevées (3 à 10 cm) car elles sont peu affectées par les précipitations et permettent donc des détections lointaines et une cartographie assez précise. En contrepartie, ils ne permettent pas de détecter les nuages (les gouttes sont de diamètre trop faible).

Pour les besoins de la recherche en physique des nuages, on a réalisé des radars fonctionnant sur la longueur d'onde 8 mm: ils permettent d'obtenir des échos sur les nuages, même s'ils ne sont pas associés à des précipitations. La vue montre un enregistrement chronologique des échos obtenus à l'aide du radar 8,6 mm de l'Institut et Observatoire de Physique du Globe du Puy-de-Dôme, situé sur le plateau de Lannemezan.

Le radar était pointé verticalement. Les échos passant au-dessus du radar sont représentés en teintes de gris d'autant plus sombres qu'ils sont plus intenses et en fonction du temps (échelle horizontale). L'échelle verticale représente l'altitude des échos (elle est indiquée à gauche de la photographie avec un repère tous les 2000 mètres). Le sommet des nuages est à 8-9 km de hauteur. On remarquera la structure fine de ces nuages: des cristaux de glace sont produits par des résidus de cellules convectives entre 5000 et 8000 m, ils sont alors entraînés par leur poids et le vent et forment les traînées (l'inclinaison de celles-ci est due à l'augmentation de la vitesse du vent au-dessous de 4000 m). A la traversée de l'isotherme 0°C (vers 3000 m), ces cristaux fondent: ce qui provoque un phénomène de "bande brillante".

CONCLUSION

Les radars météorologiques présentent de nombreuses applications :

- recherches sur les phénomènes liés aux précipitations,
- cartographie et mesure approximative des précipitations en temps réel dans un rayon de 100 à 200 km de la station,
- prévision des précipitations à courte échéance.

Les activités qui peuvent tirer un bénéfice de leur emploi sont diverses: aéronautique, sécurité civile (cyclones, crues brutales. . .), hydrologie rurale ou urbaine, télécommunications, agriculture, travaux publics. . . Ces équipements fonctionnent sur des longueurs d'onde comprises entre 1 et 10 cm. Malgré la très forte puissance (de 100 à 1000 kW) émise pendant chaque impulsion, la puissance moyenne (sur plus de 1 seconde) totale rayonnée par un radar est inférieure à 500 watt (ce qui est équivalent à cinq ampoules à incandescence). De ce fait, ils ne présentent donc **aucun danger** sauf pour une distance de moins de 100 m dans l'axe du faisceau.

HISTORIQUE RADARS MÉTÉOROLOGIQUES

COLLECTION DIAPOS DE PARTICK DAVID



RADAR DE DETECTION DE PRECIPITATIONS

signal reçu

L'ANTENNE

pupitre du radar

IMAGES NUMERISEE

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU RADAR DE DETECTION DES PRECIPITATIONS

SCHEMA DE PRINCIPE DU RADAR NUMERISE

2 Influence de la courbure terrestre sur l'altitude du faisceau radar

3 Le radar émet des impulsions d'énergie focalisées par l'antenne

4 Une partie de cette énergie est diffusée dans toutes les directions par les particules

5 L'énergie réfléchié dans la direction du radar est détecté par l'intermédiaire de l'antenne



