

UTILISATION DES RADARS CENTIMETRIQUES  
POUR L'INTERPRETATION DES ECHOS DE PLUIE  
APPARAISSANT SUR LEURS ECRANS

par LHERMITTE

Docteur es. sciences

I - GENERALITES

---

Il apparaît quelquefois sur les indicateurs des radars centimétriques, au cours de certaines situations météorologiques, des échos occupant des régions étendues de l'espace, atteignant parfois des altitudes élevées et qui sont animés d'une certaine vitesse de déplacement.

Ces échos appelés par certains observateurs "échos de nuages" sont en réalité uniquement causés, pour les longueurs d'onde de 3 à 10cm, par les zones pluvieuses des nuages.

Dans cette notice, nous examinerons d'abord les possibilités d'identification de ces échos par rapport aux échos terrestres; puis nous étudierons les phénomènes physiques qui causent leur apparition; enfin nous montrerons quelle utilisation météorologique actuelle on peut en faire, notamment en observant leur forme, représentée soit dans un plan horizontal, soit dans un plan vertical de l'atmosphère.

1 - Identification des échos de pluie.

Les échos de pluie se distinguent des autres échos par un certain nombre de particularités qui permettent leur identification et qui sont les suivantes:

a) Aspect général.

Les faibles dimensions des obstacles terrestres qui donnent des échos ne permettent pas de préciser leur contour et ils apparaissent invariablement sur les indicateurs de plan (P.P.I. ou type E) comme des taches ayant l'aspect d'un arc de cercle correspondant à l'ouverture du faisceau et qui possède une composante radiale causée par la durée de l'impulsion.

Par contre les zones pluvieuses sont beaucoup plus étendues et il devient, en général, possible de distinguer leur forme qui prend un aspect extrêmement caractéristique.

D'autre part ces échos de pluie s'étendent depuis le sol jusqu'à une altitude pouvant être supérieure à 10 km, alors que les échos terrestres ne peuvent être mis en évidence qu'avec des faisceaux voisins de l'horizontale.

b) Mobilité.

Les taches d'assez grandes dimensions, correspondant aux échos de pluie, ne peuvent être confondues avec des groupements d'échos terrestres car elles se déplacent dans la direction du vent.

c) Nature de l'écho.

En chaque point d'un écho de pluie, l'intensité lumineuse de l'écran subit au cours du temps des fluctuations continuelles, qui sont moins apparentes pour les échos d'obstacles fixes.

2 - Les causes d'apparition des échos de pluie.

La présence dans l'atmosphère de gouttes de pluie, de grêlons, de flocons de neige, etc... provoque la diffusion des ondes centimétriques, ce qui a pour conséquence, d'une part, une atténuation de l'énergie au cours de sa propagation dans les zones de précipitations, et d'autre part, l'apparition d'échos sur les indicateurs des radars qui utilisent ces longueurs d'ondes; l'intensité de l'écho correspond à la fraction d'énergie reçue (1) (diffusée en arrière dans la direction de la source).

---

(1) - Le rapport de l'énergie reçue  $P_r$  à l'énergie émise  $P_c$  a pour expression:

$$P_r = K P_c \frac{1}{R^2} \left( \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \right)^2 N_a a^6$$

où  $R$  est la distance de la zone pluvieuse.

$\epsilon$  la constante diélectrique du milieu diffusant (80 pour l'eau, 2,5 pour la glace).

$N$  le nombre de particules diffusantes par  $\text{cm}^3$ .

$a$  le rayon de la particule.

Le coefficient  $K$  est lui-même proportionnel à l'ouverture angulaire du faisceau ainsi qu'à la durée de l'impulsion, et inversement proportionnel à la 6ème puissance de la longueur d'onde. Il est donc invariable pour un radar donné.

Les radars susceptibles d'être employés pour la détection des zones pluvieuses fonctionnent soit sur la longueur d'onde de 3cm (bande X), soit sur celle de 10cm (bande S).

Il convient de signaler que la formule ci-dessus n'est, en toute rigueur, valable sur 3cm, que pour les gouttes d'eau d'un diamètre inférieur à 3mm environ.

## II - LA FORME DES ECHOS

La plupart des radars donnent une représentation de ces échos, soit dans un plan horizontal, radar panoramique P.P.I., soit dans un plan vertical (radar de site R.H.I. indicateur type E). La forme des échos définit les limites de la zone pluvieuse et permet donc sa localisation précise.

Nous allons donc examiner de quelle façon on peut interpréter ce que nous appellerons la structure de ces échos c'est-à-dire leur aspect général soit dans un plan horizontal, soit dans un plan vertical de l'atmosphère.

### 1 - Radar panoramique - Structure horizontale des échos.

Nous considérerons deux cas: l'un se rapportant aux échos obtenus sur des nimbostratus très étendus et l'autre correspondant aux échos obtenus sur des zones d'averses.

#### A - Echos obtenus sur des nimbostratus.

Si l'axe du faisceau du radar est horizontal, il apparaît dans ce cas au centre de l'image une sorte de voile sensiblement circulaire qui représente l'écho (Fig.1). En effet, l'énergie se propage uniquement dans une zone pluvieuse, il s'ensuit que dans toutes les régions du plan il y a diffusion et apparition d'écho, mais au delà d'une certaine distance l'affaiblissement du faisceau est tel que l'écho n'apparaît plus.

Il n'est donc pas possible de définir avec de telles situations les limites exactes de la zone pluvieuse et l'étude de la forme de ces échos n'est pas d'un grand intérêt. Mais on peut discerner parfois dans cet écho continu l'apparition d'une certaine hétérogénéité se traduisant fréquemment par l'existence d'une structure en bandes. On peut alors étudier le mouvement de ces bandes et en déduire le déplacement du corps pluvieux.

#### B - Echos obtenus sur des averses.

Ces échos dont on peut voir des exemples (Fig.2-3) se présentent en général sous l'aspect de cellules à bords bien définis qui peuvent être réunies sous forme de bandes, mais en restant détachées les unes des autres; ces bandes indiquent alors dans ce cas la ligne de précipitations associées au front froid. La portée que l'on obtient sur de fortes précipitations de cette nature atteint facilement 100 à 150 km pour un radar à puissance moyenne, sur  $\lambda = 3\text{cm}$  et dépasse 200 km pour un radar sur 10cm à forte puissance.

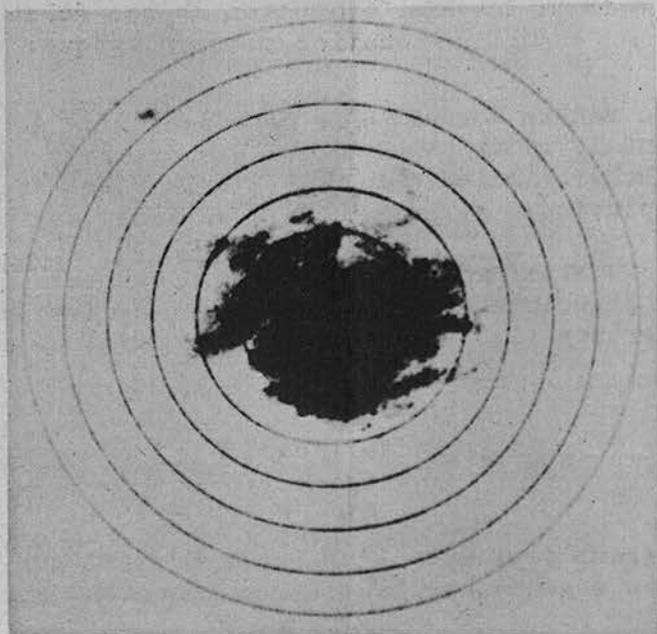


Fig. 1  
*Échos obtenus sur une pluie étendue*  
 $\lambda=3\text{cm}$  (cercles 5 milles nautiques)

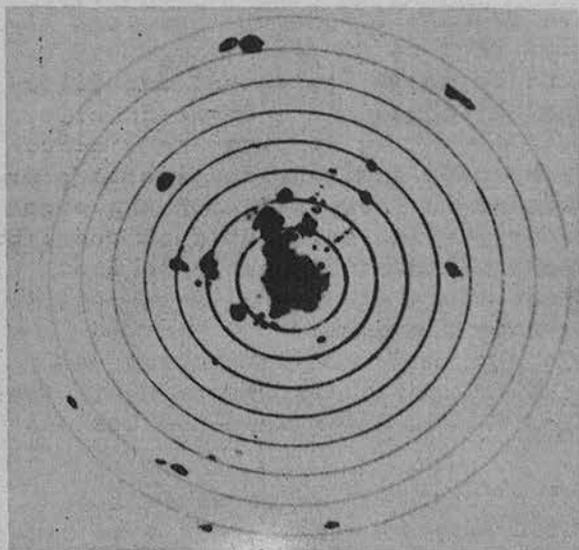


Fig. 2  
*Échos d'averses éparses*  $\lambda=3\text{cm}$   
(cercles 5 milles nautiques)

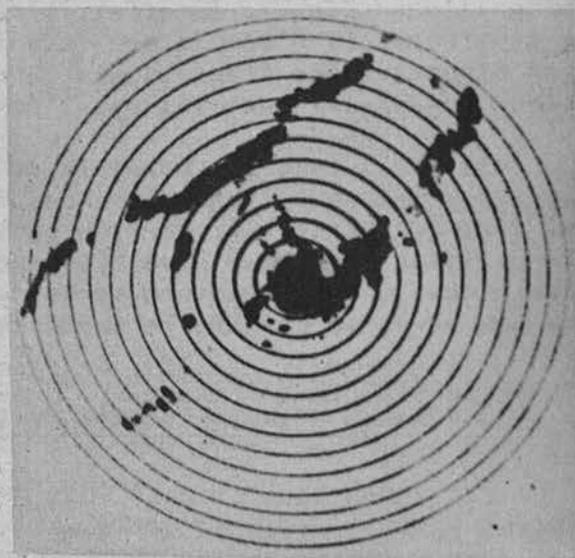


Fig. 3  
*Échos d'averses réunis en bandes*  
 $\lambda=3\text{cm}$  (cercles 5 milles nautiques)

L'examen de la forme et de l'évolution de ces échos permet d'obtenir certains renseignements sur la situation météorologique:

Il est d'abord possible, en observant leurs trajectoires, de connaître leur vitesse et leur direction de déplacement. Cette vitesse et cette direction de déplacement sont en général égales à la vitesse et à la direction du vent à l'altitude de la partie supérieure de la zone pluvieuse. Cette mesure de la vitesse peut être effectuée, par exemple, en pointant à des intervalles de temps connus la position d'échos remarquables ayant une forme simple qui n'évolue pas appréciablement pendant tout le temps de la mesure.

Ces échos peuvent être répartis au hasard sur l'écran, ou au contraire groupés suivant des lignes simples, qui correspondent à des "lignes de grains".

D'autre part, l'observation de l'évolution moyenne de ces échos est d'un grand intérêt dans certaines régions où il existe un relief géographique important et peut permettre la mise en évidence par les variations de leur forme ou de leur intensité, des influences orographiques sur l'évolution des pluies.

En définitive, le radar apporte dans ce cas une aide précieuse au météorologiste pour l'étude des précipitations locales en lui permettant une vue synoptique des zones pluvieuses d'averses.

## 2 - Radars de site - Structure verticale des échos.

Certains types de radars, dits "radars de site", possèdent des dispositifs permettant, à l'aide de la variation périodique de l'angle de site, l'exploration d'une partie ou de la totalité d'un plan vertical de l'atmosphère et se représentation sur un indicateur. Dans le radar de site le plus répandu, l'exploration de l'aérien est limité supérieurement à un angle relativement faible (en général inférieur à 30°) et la représentation sur l'indicateur est faite en dilatant considérablement l'échelle verticale (ind. type E).

Ce dispositif permet une meilleure détermination de l'altitude des échos mais conduit à une déformation des proportions qu'il faudra avoir toujours présente à l'esprit lors de l'observation des échos de pluie sur ces indicateurs.

Nous distinguerons deux types de ces échos;

- a - Echos en colonne obtenus sur des nuages convectifs.
- b - Echos stratiformes obtenus sur des nimbostratus.

A - Echos en colonne obtenus sur des nuages convectifs.

Lorsqu'ils apparaissent sur l'indicateur "type E" d'un radar, ces échos obtenus sur des nuages convectifs présentent souvent l'aspect de colonnes verticales (Fig.4). On leur a, par suite, donné le nom d'"échos en colonne".

De tels échos atteignent quelquefois de grandes altitudes et sont liés alors à l'existence de précipitations qui n'atteignent pas obligatoirement le sol, au sein de gros cumulo-nimbus précipitant eux-mêmes des cumulus Congestus qui sont le siège de forts courants verticaux. On pense que ces échos sont dus à la présence de grosses gouttes de pluie dont le mécanisme exact de formation n'est pas connu avec certitude, mais dont la principale cause semble être la très forte turbulence au sein du nuage.

Les échos de cette nature sont presque verticaux, mais il existe d'autres échos similaires qui correspondent cette fois à des pluies modérées et qui présentent une inclinaison sensible.

B - Structure verticale des échos de nuages donnant des pluies étendues.

a) - La structure verticale de nuages donnant des pluies étendues possède un aspect dont on peut voir (Fig.5) un exemple caractéristique. Les dimensions de l'écho sont limitées uniquement par la portée du faisceau se propageant exclusivement dans la pluie. Le phénomène le plus remarquable est l'apparition à une altitude voisine de celle de l'isotherme zéro d'un renforcement de l'intensité de l'écho se matérialisant sur l'indicateur par l'existence d'une bande brillante horizontale.

Ce phénomène qui a reçu le nom de "bande brillante" de fusion a fait l'objet de nombreuses études, provient de ce que le pouvoir réflecteur des éléments solides de précipitation (neige, grêle) augmentent lors de leur fusion. La bande brillante de fusion apparaît toujours un peu au-dessous (quelques dizaines de mètres) de l'isotherme 0°; elle a une épaisseur d'autant plus grande que les courants de convection au sein du nuage sont plus forts.

b) - Il est assez fréquent d'observer dans la structure verticale des échos de nimbostratus des bandes d'échos fortement inclinées et se prolongeant parfois au-dessous de l'isotherme zéro par des échos plus verticaux. Ces bandes sont dues à une formation assez localisée de grosses particules qui en tombant du niveau de leur formation dans les régions inférieures se répartissent en "feuilletés" inclinés, d'après leur vitesse de chute et la vitesse du vent dans les régions qu'elles traversent.

Il s'agit là d'un phénomène identique à celui correspondant aux échos en colonne mais avec des vitesses de chute plus faibles des particules (50cm/sec au lieu de 5m/sec pour les gouttes de pluie).

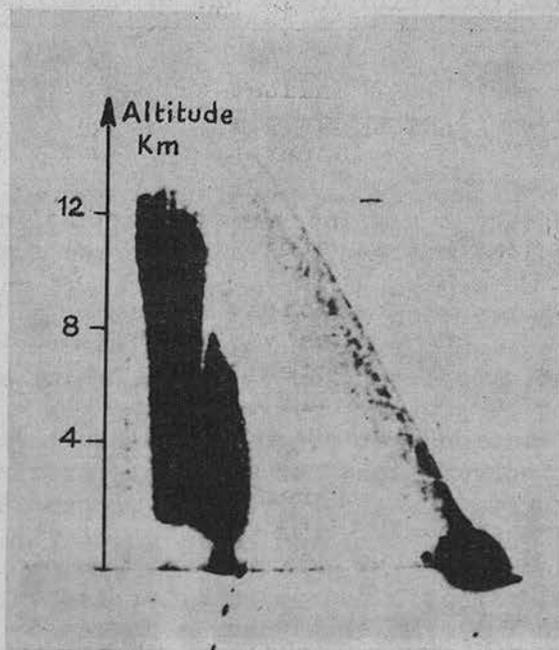


Fig. 4  
*Écho obtenu sur un gros cumulonimbus*  
*Indicateur type E  $\lambda = 10$  cm*

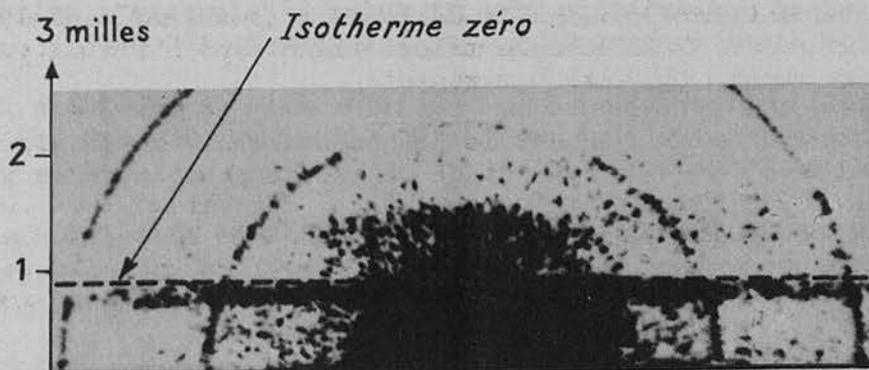


Fig. 5  
*Bande brillante apparaissant sur l'écran d'un radar*  
*vertical à même échelle verticale et horizontale  $\lambda = 3$  cm*