

Source le net :

<https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Radar%20m%C3%A9t%C3%A9orologique&action=history>

Source: [Wikipédia](#) sous licence [CC-BY-SA 3.0](#).

La liste des auteurs de cet article est disponible [ici](#).

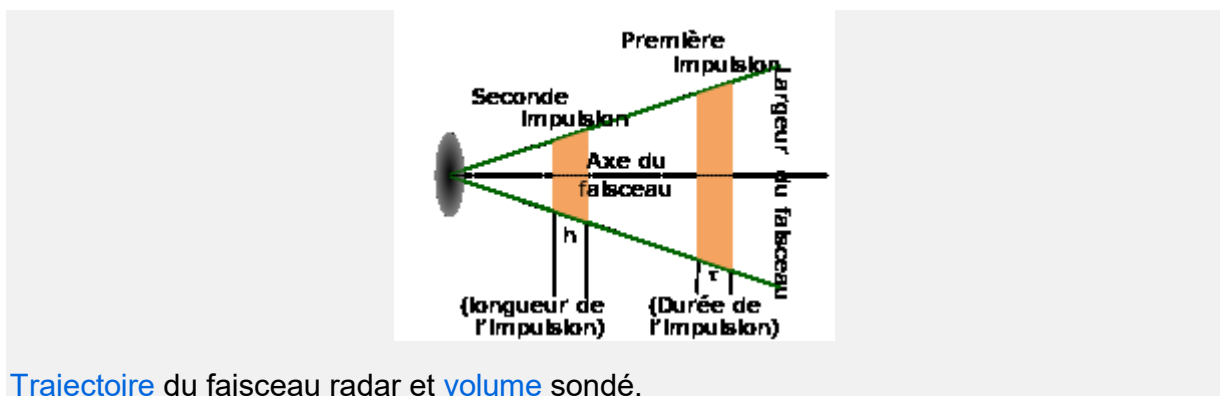
Radar météorologique - Définition et Explications

Principes du radar météorologique

Un radar météorologique est un radar à impulsions, c'est-à-dire qu'il émet des impulsions de très courte durée suivi d'un temps mort beaucoup plus long pour « écouter » les échos de retour venant des précipitations. On peut ainsi repérer la position, l'intensité et le [déplacement](#) de ces dernières. On peut même tirer le type du [signal](#) retourné, si on sait quelles variables de l'écho analyser. Finalement, ce type de [radar](#) permet d'utiliser la même [antenne](#) pour l'émission et la réception en plus de concentrer l'[énergie](#) dans des impulsions courtes au lieu de la répartir dans une émission continue.

Voici donc la façon dont on procède.

Émission



[Trajectoire](#) du faisceau radar et [volume](#) sondé.

Une [impulsion électromagnétique](#) est produite par un [oscillateur](#) (magnétron, klystron ou autre) électronique. Elle est envoyée à travers un tube guide d'onde à une antenne parabolique qui l'émet vers la [précipitation](#). Chaque impulsion a une certaine [largeur](#) qui dépend des caractéristiques de l'antenne et une certaine profondeur qui dépend de sa durée (de l'ordre de la microseconde).

Ainsi, une impulsion [sonde](#) un volume de l'[atmosphère](#) qui augmente avec la distance au radar comme $hr^2\theta^2$ (h : largeur de l'impulsion, r la distance au radar et θ l'[angle](#) d'ouverture du faisceau). On voit sur l'image de droite le volume qu'occupent deux impulsions parties à des [temps](#) différents d'un radar. Avec les [dimensions](#) typiques

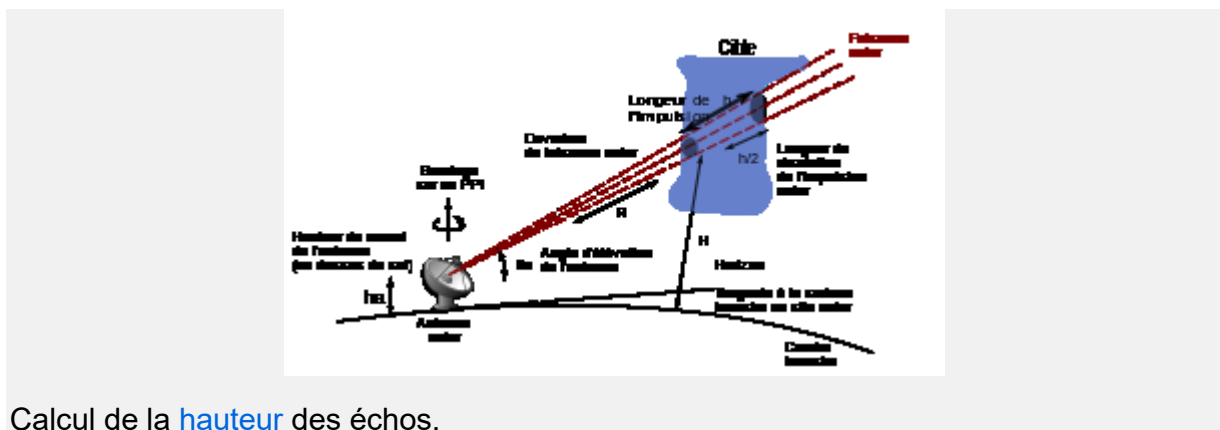
d'un faisceau radar, le volume sondé varie donc de 0,001 km³ près du radar, jusqu'à 1 km³ à 200 km de celui-ci. Il s'agit du «volume radar»

Rétrodiffusion

Lorsqu'une impulsion entre dans une zone de précipitations, une petite partie est rétrodiffusée (réfléchi) vers le radar pendant que le reste continue. Ce retour est le total des retours de toutes les gouttes dans le volume sondé et l'équation du radar pour cibles volumiques en régit l'intensité. On voit donc que si le volume est rempli de cibles, on obtient une moyenne de leur intensité mais que s'il n'est que partiellement rempli, on sous-estimera celle-ci en incluant des zones sans échos.

Comme le volume augmente avec la distance, cette sous-estimation deviendra de plus en plus probable. Finalement, quelle que soit l'intensité du retour, il va diminuer inversement à R^2 ce qui fait qu'on doit normaliser les retours, c'est-à-dire qu'on doit les multiplier par ce facteur pour faire comme s'ils revenaient tous du même endroit.

Position



Calcul de la hauteur des échos.

Entre chaque impulsion, l'antenne et le circuit électronique sont mis à l'écoute de l'impulsion de retour. On calcule la distance entre le radar et la précipitation par la relation suivante:

$$Distance = c \frac{\Delta t}{2} \quad (c = \text{vitesse de la lumière} = 299\,792,458 \text{ km/s}).$$

La distance maximale qu'on peut sonder sans ambiguïté dépend du Δt utilisé entre deux impulsions subséquentes. En effet, la position de tout retour qui arrive d'une première impulsion, APRÈS que soit partie une seconde impulsion, sera mal interprétée comme revenant de cette dernière. En général, on utilise un temps d'écoute de l'ordre de 1 milliseconde, soit mille fois la durée de l'impulsion. Cela permet une portée maximale utile d'environ 250 km.

En plus de la distance, on peut calculer la hauteur au-dessus du sol où se trouvent les cibles. Cela se calcule en connaissant l'angle d'élévation du radar et la courbure de la Terre. Il faut également tenir compte de la variation de la densité des couches de l'atmosphère. En effet, le faisceau radar ne se propage pas en ligne droite comme

dans le [vide](#) mais suit une trajectoire [courbe](#) à cause du changement de l'indice de [réfraction](#) avec l'[altitude](#).

La formule pour trouver cette hauteur est :

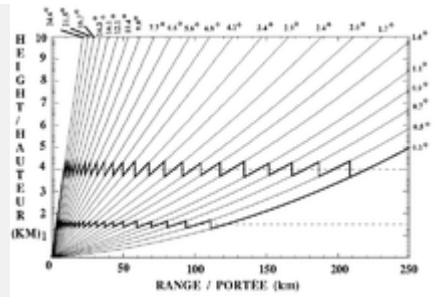
$$H = \left(\sqrt{r^2 + (k_e a_e)^2 + 2rk_e a_e \sin(\theta_e)} \right) - k_e a_e + h_a$$

Où r = distance, $k_e = 4/3$, a_e = rayon de la Terre, θ_e : angle d'élévation, h_a : hauteur du cornet au-dessus de la [surface](#) de la Terre.

Résolution

On considère qu'on ne peut résoudre distinctement deux zones de précipitations que si elles sont éloignées de plus de $h / 2$ en portée et/ou de la moitié de la largeur du faisceau en [azimut](#) (voir Compression d'impulsion).

[Stratégie de sondage](#)



Angles typiquement sondés au Canada. Les lignes en zig-zag représentent les [données](#) de deux CAPPI à 1,5 et 4 km d'altitude.



Volume sondée avec plusieurs angles d'élévation

Après avoir effectué une rotation complète à un angle d'élévation donné, l'antenne parabolique sera haussée à un angle supérieur et effectuera une autre rotation. Ce scénario se répétera sur plusieurs angles de telle façon que le radar effectuera un balayage en trois dimensions de l'atmosphère en 5 ou 10 [minutes](#). On aura ainsi une idée des précipitations depuis un niveau près du sol jusqu'à environ 15 à 20 km d'altitude et sur 250 km de distance.

À cause de la courbure de la Terre et du changement d'indice de réfraction de l'air dont nous venons de parler, le sondage ne pourra pas « voir » sous une certaine hauteur qui dépend de la distance au radar et de l'angle minimal utilisé. Il ne pourra également pas « voir » plus près du radar que la trajectoire de l'angle maximal utilisé.

La figure à gauche montre la hauteur versus la distance d'une série d'angles typiquement utilisés par un [radar météorologique](#) canadien, ces angles vont de 0,3 à 25 degrés. L'image de droite donne un exemple de volume couvert par un sondage à plusieurs angles d'élévation. Le cône [vert](#) en bas représente l'angle minimal et le cône [rouge](#) au centre, l'angle maximal.

Chaque [pays](#) détermine le [nombre](#) et les angles d'élévation utilisés selon ses besoins spécifiques. Plusieurs pays utilisent un nombre limité d'angles à relativement bas niveau pour obtenir le meilleur estimé des quantités de [pluie](#) tombée alors que les pays où les orages sont prédominants vont augmenter la couverture [verticale](#). Le type de radar, la [longueur d'onde](#) et la [fréquence](#) de production d'images sont également des facteurs qui dictent le nombre d'angles sondés.