

DX sur 10GHz par « Rain scatter »

Par Bruno F1MPE

F1MPE a présenté cet exposé lors de la réunion hyperfréquence du Mont St Romain (71) en septembre 2018. Merci à Bruno de nous permettre de le reproduire dans notre bulletin.

Terminologie

De l'anglais scatter = diffusion

Rain scatter : diffusion par la pluie des orages

Snow scatter : diffusion par la neige

Meteor scatter : diffusion sur les traînées ionisées laissées par les météorites

Side scatter : diffusion latérale

Back scatter : diffusion en arrière

SCP : scatter point

Généralités

A côté de la propagation de type troposphérique accompagnant des conditions anticycloniques particulières, un mode de propagation est de plus en plus pratiqué : c'est le « rain scatter ».

Le 10 GHz est la bande de prédilection pour cette activité, les formations orageuses ayant la meilleure réflectivité et les pertes atmosphériques étant faibles à cette fréquence. Pour des fréquences plus basses, comme le 5,7 GHz, la réflectivité diminue de façon importante à cause de la taille des gouttes d'eau par rapport à la longueur d'onde (-12dB à 10 GHz). Peu de données sont disponibles au-delà de 10 GHz. Mais attention aux pertes atmosphériques importantes comme par exemple à 24 GHz.

Principe du Rain scatter

Ce mode de trafic repose sur le fait que les grosses gouttes de pluie ainsi que les cristaux de glace (hydrométéores) sont de puissants centres de diffusion sur les bandes centimétriques.

Dans un cumulonimbus c'est la zone où la glace commence à fondre dans le nuage qui est la plus efficace. Cette zone s'appelle la "bande brillante" dans le langage des radaristes. Elle est souvent située à une altitude de 3 à 4km. Lorsque le nuage est bien développé ou super-cellulaire, son sommet peut monter très haut, jusqu'à 10km d'altitude, à la limite de la tropopause et il reste encore utilisable pour la diffusion.

Ces hydrométéores sont en fait l'ensemble des eaux atmosphériques (quels que soient leur états) évaporées, condensées en gouttes, en nuages, cristallisées en glace ou en neige, soulevées de la surface du globe par le vent ou déposées sur des objets, en état stable ou en surfusion.

Le principe de ce mode de propagation consiste à émettre en direction de ces zones afin de bénéficier de leurs grandes altitudes pour faire une sorte de "bond" radio à grande distance. L'onde diffusée couvre alors une zone très importante, d'autant plus grande que le nuage est élevé et avec une force de signal d'autant plus intense que la densité des hydrométéores est grande.

On distingue 3 grands types de rain scatter : le « rain scatter » direct, lorsque les deux stations sont alignées avec le point de diffusion entre les deux, le « side scatter » et le « back scatter ».

Le support explicatif du rain scatter est la diffusion de Rayleigh qui fait que lorsqu'un rayonnement électromagnétique a une longueur d'onde supérieure à la dimension de la particule qu'elle rencontre, cette dernière diffuse l'énergie électromagnétique de façon équivalente dans toutes les directions (un peu comme un dipôle).

La taille optimale des gouttes se situe entre 0,5 et 3mm. Au-delà de 3 à 4mm les gouttes ne sont plus sphériques mais plutôt à base concave, entraînant des phénomènes de déphasage, les différentes polarisations se propageant à des vitesses différentes au sein de l'air saturé en eau ; cela est particulièrement vrai en dessous de 15 GHz. Au-dessus, le processus de dépolarisation semble davantage imputable à un phénomène d'atténuation différentielle.

En fait tout est fonction de la coïncidence entre le vecteur \vec{E} de l'onde et le plan de symétrie des gouttes d'eau. Si les plans ne sont pas alignés (par l'effet du vent par exemple sur les hydrométéores) ou si la polarisation est circulaire ou encore inclinée (perte du caractère orthogonal entre les vecteurs \vec{E} et \vec{H}), on assiste à un transfert d'énergie entre les états de polarisation.

Effets de propagation dans la troposphère

Les ondes électromagnétiques sont affectées par différents phénomènes lors de leur propagation dans la troposphère (couche inférieure de l'atmosphère), en fonction des conditions météorologiques. Ces phénomènes – l'atténuation dans les gaz et les hydrométéores, la dépolarisation et la scintillation – ont globalement tendance à augmenter fortement avec la fréquence et deviennent très sensibles au-delà de 10 GHz.

L'oxygène et la vapeur d'eau atmosphérique causent des atténuations pouvant aller jusqu'à quelques décibels sur les bandes Q (33 à 50 GHz) ou V (40 à 75 GHz). En présence d'hydrométéores (gouttelettes d'eau liquide nuageuse ou gouttes de pluie), une fraction de la puissance des ondes incidentes est absorbée ou diffusée (diffusion de Mie et Rayleigh suivant le rapport entre la longueur d'onde et la dimension de la particule).

Le côté paradoxal du rain scatter

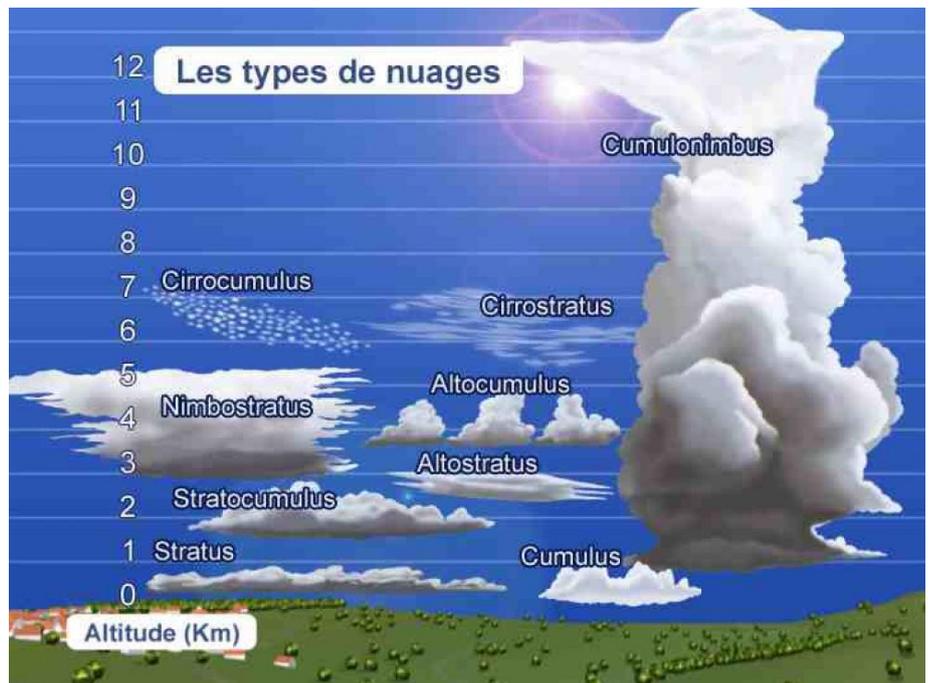
Les hydrométéores sévères sont un souci récurrent dans le domaine de la transmission des ondes, particulièrement dans celui de la télévision numérique ou de l'internet par satellite.

Les professionnels observent malheureusement, plusieurs fois par an, des coupures de faisceau avec écran noir et pixellisation. Ces phénomènes étant corrélés avec l'intensité des précipitations, l'angle avec lequel les ondes pénètrent la zone d'hydrométéores et la fréquence de travail (bande Ku de 12 à 18 GHz ou Ka de 26,5 à 40 GHz).

La cellule orageuse :

Véritable tambour de machine à laver, c'est l'acteur principal du rain scatter.

C'est une perturbation atmosphérique d'origine convective qui est associée à un nuage unique ou à un groupement plus ou moins organisé de nuages appelés cumulonimbus.



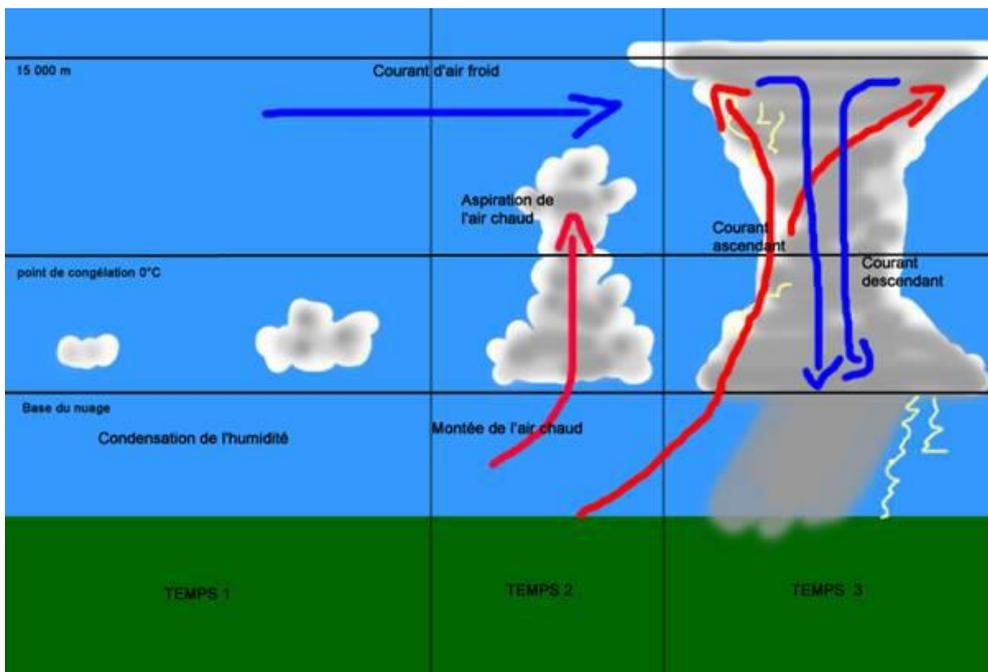
La cellule orageuse désigne donc un cumulonimbus unique dans cette masse, pour autant qu'il ait son propre ensemble de courants ascendants et descendants et agisse comme une entité indépendante.

On peut de ce fait distinguer trois stades dans l'évolution d'une cellule orageuse.

Formation : le courant ascendant de la cellule s'intensifie et permet la condensation de la vapeur d'eau dans la parcelle d'air en ascension. Le tout forme d'abord un cumulus congestus, puis un cumulonimbus quand des cristaux de glace se forment à son sommet qui s'étale horizontalement au contact de la tropopause.

Maturité : des courants descendants font leur apparition. Ce stade s'accompagne de phénomènes caractéristiques tels qu'éclairs, tonnerre et averses.

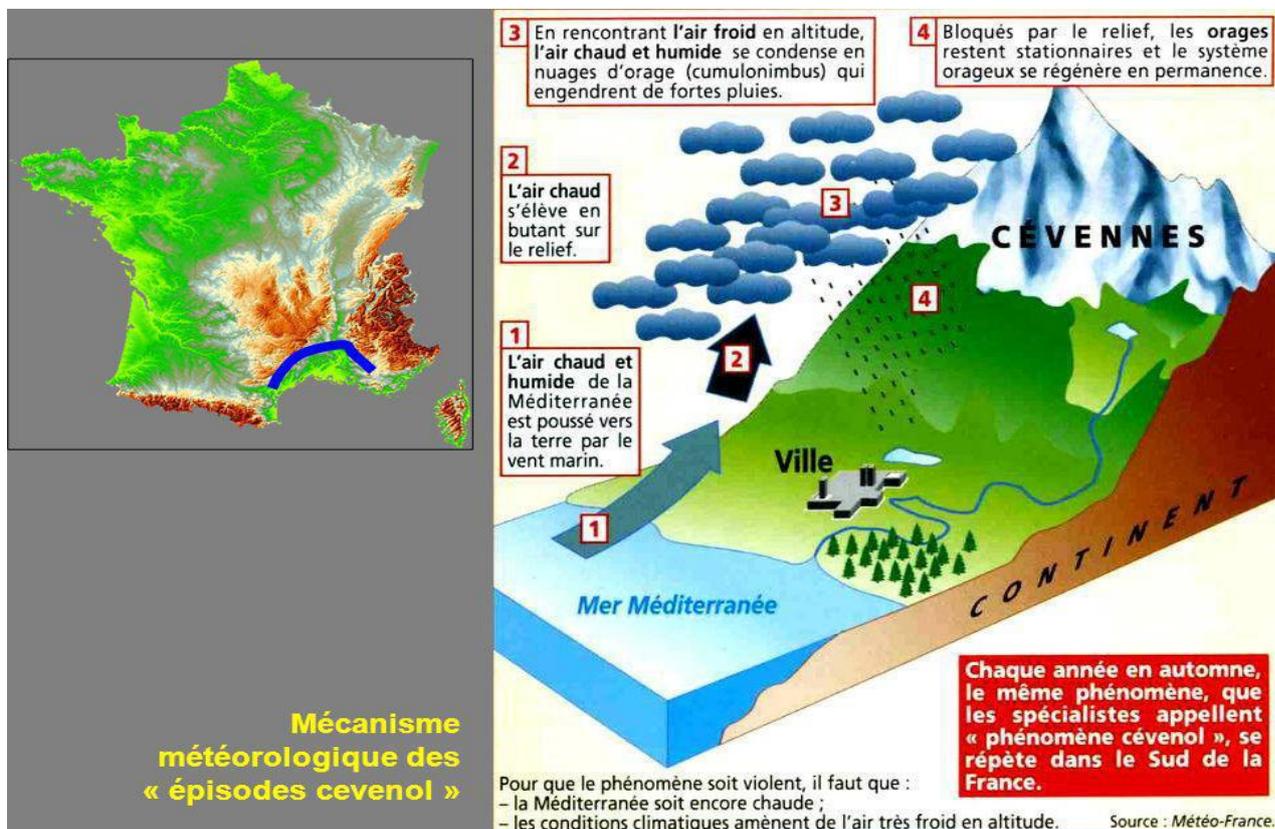
Dissipation : la goutte froide descendant du nuage s'étend à la surface terrestre et contribue à bloquer l'alimentation de celui-ci en repoussant le courant ascendant en aval.



Généralement, une cellule orageuse s'étend au-dessus d'une aire de l'ordre de la dizaine de kilomètres carrés et dure environ une demi-heure.

Il arrive cependant que la coordination entre le courant ascendant et les vents de l'environnement permettent de former une cellule orageuse de plus large superficie et de longue durée de vie : une super-cellule (voir ci-dessous)

Un cas particulier : l'épisode Cévenol



Modalités pratiques

La période d'activité en « rain scatter » s'étend globalement de mai à octobre avec un pic entre juin et août, durant lequel la formation de cellules orageuses est au maximum. Le Snow scatter est bien sûr le pendant hivernal du rain scatter.

Ce mode de propagation est très utilisé sur les bandes centimétriques. Il est le plus efficace sur la bande 10 GHz et ce n'est pas un hasard si les radars météo exploitent cette partie du spectre. Ce mode est aussi exploitable sur 5,7 GHz et plus rarement sur 2,3 GHz et 24 GHz.

Le front d'onde diffusé est très déformé du fait de l'agitation des hydrométéores, ce qui provoque un étalement fréquentiel se traduisant par une déformation importante des signaux, exactement comme c'est le cas en propagation aurorale. La vitesse moyenne ascensionnelle et le déplacement des cellules convectives entraînent aussi un effet doppler qui peut être de l'ordre de quelques kHz sur 10GHz.

Ce mode singulier permet de réaliser des liaisons à grande distance ; il n'est pas rare de pouvoir contacter une station à plus de 700km et les distances les plus importantes vont jusqu'à 900km.

Pour réaliser un DX à très grande distance en rain scatter, il faut un centre orageux très actif montant haut en altitude et distant typiquement de 300 à 400km. Le dégagement sur l'horizon est très important pour atteindre la zone de scatter. Pour ces QSO DX, l'élévation est nulle car le nuage est très loin sur l'horizon. Si une station est installée dans les mêmes conditions alors la distance totale sera de 800km.

Un orage local peut également permettre de réaliser des contacts à moyenne distance. Les signaux sont alors très puissants et la zone à pointer très étendue mais moins stable du fait du déplacement géographique rapide des nuages.

Localiser les SCP (Scatter point)

Il faut dans un premier temps déterminer l'emplacement de la zone de scatter. Pour cela plusieurs moyens sont possibles : par observation sur une carte radar (observation de la phase de développement des cellules orageuses), par consultation des spots des QSO en cours sur le DX cluster ou encore par l'écoute d'une balise en balayant en azimut dans la direction de la zone où peut se trouver un point de scatter. Globalement les balises sont très très utiles.

Site de F5LEN : <http://f5len.org/tools/OSM/index.html> avec les balises par gammes de fréquence.

En général le trafic se concentre sur un nombre limité de points de scatter et les stations actives sont toutes dirigées sur ces points. De ce fait l'azimut reste fixe et il suffit de lancer appel ou de balayer en fréquence pour trouver les stations QRV.

Le fait d'orienter les antennes dans une même direction apporte un confort certain à ce type de trafic. Il suffit de corriger régulièrement l'azimut à mesure que la cellule d'orage se déplace. La majorité des QSO dans ce mode se réalisent de façon aléatoire et directement sur la bande hyper sans passer par une voie de service sur une autre bande.

En début d'ouverture le trafic commence toujours sur 10GHz, la bande la plus efficace. Ensuite les stations peuvent tenter de réaliser le QSO sur d'autres bandes, ce qui est plus difficile (5,7GHz ou 24GHz).

L'équipement

Le trafic rain scatter en station fixe a un gros avantage sur le portable (moins d'efforts mis en jeu à chaque sortie, certains équipements étant quelquefois à la limite du transportable !). On peut être prêt dans l'instant, confortablement installé, avec un vrai accès internet dans le shack.

La puissance n'a pas autant d'importance qu'en trafic tropo. Sur 10GHz, le rain scatter est très efficace et des stations modestes réalisent facilement des DX presque aussi bien que les stations mieux équipées.

Antenne : afin d'obtenir un rapport taille/gain le plus favorable possible, une parabole de 40 à 70cm est utilisable, alliant facilité de pointage et PAR maximums (plus elle est grande, meilleure est la PAR, mais la prise au vent augmente et elle devient plus difficile à pointer).

L'élévation en site paraît être un plus (particulièrement sur 24GHz). Une petite parabole (48 ou 60cm) avec orientation en azimut est à conseiller.

Modes de trafic : en raison de la déformation du signal, la modulation la plus efficace reste la CW. En SSB la compréhensibilité du signal est maximum lorsque le point de scatter et les deux stations sont alignés. La FM est également utilisée.

La pire déformation est observée en configuration side scatter.

Puissance nécessaire : on assiste depuis une quinzaine d'années à une augmentation de la puissance sur 10GHz (transistors disponibles et prix en baisse, projet de groupe au sein de la communauté des hypéristes, gros travail de certains OM comme F6BVA, etc.).

Dans les années 1990-95 les amplificateurs Qualcomm de 1W ont montré qu'avec ce niveau de puissance et l'antenne « IKEA » le rain scatter était déjà accessible...

Alors avec 4W ou plus c'est le Pérou !

Conclusion

Ce qui est un inconvénient pour les professionnels est un outil magique pour les amateurs que nous sommes.

Un parallèle très intéressant est à faire avec les transmissions par réflexion sur le Mont Blanc (JN35KT).

Des bandes très hyper comme le 24 GHz et au-delà, sont autant de sources d'expérimentations avec ces modes de propagation et de trafic.