

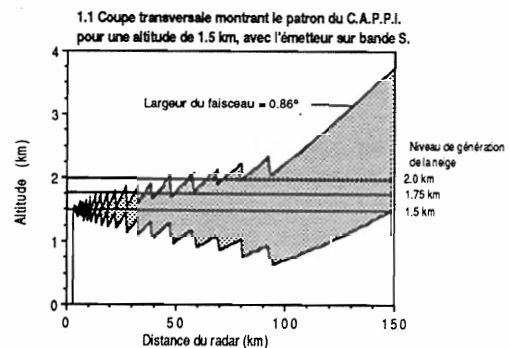
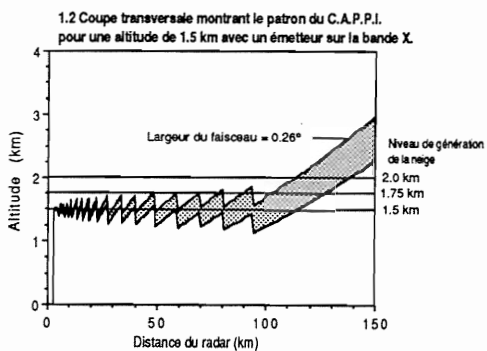
UTILISATION ALTERNÉE DE DEUX ÉMETTEURS DIFFÉRENTS  
DANS L'OBSERVATION PAR RADAR DE PRÉCIPITATIONS MIXTES

André Giguère

Centre d'études sur les intempéries,  
département de physique de l'université McGill,  
Montréal, Québec, H3A 2T8

AVANTAGES DE LA BANDE X SUR LA BANDE S

La mesure quantitative par radar des précipitations de neige a toujours besoin d'observations nouvelles pour asseoir sa validité. Un radar météorologique émettant sur la bande X (longueur d'onde de 3,2 cm) devrait détecter beaucoup plus efficacement les précipitations de neige qu'une même antenne émettant sur la bande S (longueur d'onde 10,4 cm). La neige atténue beaucoup moins que la pluie les signaux émis et rétrodiffusés, permettant l'utilisation de la bande X, chose habituellement impraticable quand la précipitation est liquide. L'antenne du radar météorologique de l'université McGill (voir caractéristiques), sur les terrains du collège MacDonald, à Ste-Anne-de-Bellevue, est conçue pour donner un faisceau d'une largeur de moins d'un degré à -3 dB avec un émetteur sur la bande S. Depuis l'automne de 1985, un émetteur de puissance moindre sur la bande X est utilisé durant les mois d'hiver (de décembre à mars; l'émission habituelle sur la bande S reprenant d'avril à novembre). La largeur exceptionnelle de l'antenne (10 m) ramène alors la largeur du faisceau à -3 dB à moins d'un quart de degré.



Ce faisceau plus étroit sera entièrement rempli par la précipitation jusqu'à des distances beaucoup plus grandes, comme le montrent les figures 1.1 et 1.2, qui comparent les faisceaux engendrés par les émetteurs sur la bande S et sur la bande X. La rétrodiffusion par les particules précipitantes est inversement proportionnelle à la quatrième puissance de la longueur d'onde. La puissance moyenne rétrodiffusée à l'antenne est proportionnelle à l'inverse du carré de la longueur d'onde; l'augmentation du gain de l'antenne (proportionnel à  $1/\lambda^4$ ) contrebalancée par la diminution de la largeur du faisceau (qf, proportionnelle à  $\lambda^2$ ) amène un second facteur proportionnel à l'inverse du carré de la longueur d'onde. L'effet combiné est une augmentation théorique de la sensibilité du radar de +20,4 dB, si la puissance émise sur la bande X est la même que sur la bande S. En fait, l'émetteur sur bande X utilisé est de puissance moindre que l'émetteur sur bande S, et l'augmentation du gain de l'antenne est moindre que prévu, ce qui ramène l'augmentation de sensibilité à +4,65 dB. Si la relation de puissance entre le facteur de réflectivité radar Z et le taux de précipitation R (relation Z-R) est " $Z = 398 R^{2.2}$ ", cette augmentation de sensibilité signifie qu'un écho pourra détecter des taux de précipitation aussi bas que 0.2 cm/hre avec l'émetteur sur bande X, alors que le seuil de détection est 0.35 cm/hre avec l'émetteur sur la bande S.

La comparaison de mesures par radar d'accumulation de neige avec la lecture des nivomètres des stations climatologiques pour la durée entière de deux tempêtes de neige (20-21 novembre 1986 et 30-31 janvier 1987), observée chacune avec un émetteur différent, a montré que l'utilisation d'un émetteur sur bande X de puissance moindre et beaucoup moins coûteux que l'émetteur original sur bande S améliore sensiblement la détection des précipitations de neige (Giguère, 1989).

#### L'EXPERIENCE DU 21 FEVRIER 1989

Le but de l'expérience suivante était de mesurer cette amélioration de la sensibilité du radar au cours d'un même événement météorologique. Grâce au montage ingénieux des émetteurs sur bande X, il est possible d'interrompre l'émission sur la bande X et de reprendre sur la bande S (et vice-versa) dans un délai inférieur à 30 minutes. Ceci fut tenté le 21 février 1989. Des précipitations de neige se changeant en pluie, tombaient d'un couvert stratiforme se déplaçant du sud-ouest vers le nord-est. Tout l'événement a été suivi sur le système "P.P.S." de visualisation sur écran couleur des données radar. Ce système, développé à l'observatoire radar de McGill, permet d'obtenir en temps réel des coupes horizontales (C.A.P.P.I.), des tranches verticales, des cartes des échos à altitude maximale ("ECHOTOPS"), des accumulations sur des périodes choisies, et des statistiques sur les précipitations sur une surface choisie. Lors de l'expérience, l'émetteur sur bande X fonctionnait jusqu'à 9:55. De 9:55 à 10:25, le changement d'émetteur fut effectué. De 10:25 à 11:15 l'émetteur sur bande S était en fonction. De 11:15 à 11:35 on changea à nouveau d'émetteur et l'on émit de nouveau sur la bande X à 11:35.

Les coupes horizontales faites à des altitudes de 1,5 et 3 km jusqu'à 9:55 (heure locale), montrent un noyau de fortes précipitations au centre, dans un rayon de 60 km autour du radar, ainsi que d'une zone étendue de précipitations moyennes (0,4 à 0,8 cm/hre) dans tout le quadrant nord-ouest. Au sud, une bande de précipitation intense s'étend de 120 à 180 km du radar. Les deux zones intenses de précipitation sont soit situées dans la zone de fusion, aussi appelée "bande brillante", ou ce sont des précipitations liquides intenses, ou sont dues à des échos de sol montagneux. Les cartes d'altitude maximale des échos montrent que les échos se trouvent jusqu'à une hauteur de 5 à 6 km. La zone de précipitation neigeuse au nord n'est plus détecté au-delà de 80 km, et l'intensité moyenne enregistrée se situe entre 0,2 et 0,4 cm/hre. Près du radar, l'intensité enregistrée est de 0,4 à 0,6 cm/hre, soit deux fois moins intense qu'à 9:55. Le taux de précipitation observé étant pourtant demeuré stable tel qu'observé au sol à la station radar. Les zones intenses de précipitation au sud et au sud-est sont cependant perçues

identiquement qu'avec l'émetteur sur bande X. Ceci renforce l'hypothèse que la zone de fusion soit observée à cet endroit. Quand l'émetteur sur bande X réemet à nouveau à 11:35, l'intensité moyenne de la précipitation détectée dans un rayon de 60 km autour de radar se situe de nouveau de 0,6 à 1,5 cm/hre. La zone de précipitation à 120 km au sud montrent toujours les mêmes intensités et on peut avancer qu'au lieu d'être une zone de précipitation de neige fondante, qu'il s'agisse d'une contamination par des échos de sol montagneux. Des tranches verticales effectuées du nord au sud dans les données montrent que le niveau de fusion se situe en-deça de trois kilomètres d'altitude, que le niveau de fusion s'élève progressivement du nord au sud et qu'il n'apparaît pas plus au nord que le piedmont des Laurentides

La répartition en pourcentage des taux de précipitation, le flux moyen de précipitation et le taux de précipitation moyen sont calculés sur deux surfaces rectangulaires choisies sur des CAPPIS à 1,5 km d'altitude. La première surface couvre 4000 km<sup>2</sup> dans le quadrant sud-est ; son coin nord-est se situe à 90 km à l'est du radar et son coin sud-ouest est à 53 km du radar, à l'azimut 162° (par rapport au nord du radar dans le sens horaire). La seconde surface couvre 1900 km<sup>2</sup> dans le quadrant sud-ouest; son coin nord-ouest se trouve à 120 km à l'azimut 210°, et son coin sud-est est à 175 km à l'azimut 190°. Le pourcentage couvert par la précipitation, le flux moyen de précipitation, le taux moyen de précipitation et les taux de précipitations se répartissent ainsi:

<b>Caractéristiques du radar météorologique de l'université McGill</b>				
Situation: Ste-Anne-de-Bellevue, Qué., (45°26'N 73°56'W) 25 km à l'ouest du centre-ville de Montréal				
Diamètre de l'antenne: 10 m				
			S	X
Puissance de pointe émise	(P <sub>t</sub> )	kW	871	72,4
Durée de l'impulsion	(τ)	ms.	. 1	. 1
Fréquence de répétition	(f <sub>r</sub> )	Hz	300	300
Longueur d'onde émise.	(λ)	cm.	10,4	3,2
Largeur du faisceau à 3 dB	(θ, φ)	deg.	0,8°	0,21°
Gain de l'antenne	G <sub>0</sub>	dB	44	51,1

	Surface #1 (quadrant sud-est)		Surface #2 (quadrant sud ouest)		
	bande X 9:55 (%)	bande S 10:25 (%)	bande X 11:35 (%)	bande S 11:15 (%)	
	Couvert (%):	100	97	77	89
Flux moyen .... (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /5 min):	4.4	2.1	1.1	1.2	
Taux moyen (cm/hre):	1.3	0.6	0.9	0.8	
Facteur de réflectivité radar (dBZ)	Taux de précipitation (cm/hre)				
4	0.1	nég.	1.5	3.4	2.4
11	0.2	nég.	0.7	3.4	3.8
15	0.3	nég.	2.2	5.8	3.4
17	0.4	4.8	18.4	7.9	7.1
19	0.5	9.1	18.8	22.6	15.4
21	0.6	8.6	<b>40.5</b>	<b>25.8</b>	<b>39.1</b>
24	0.8	13.7	14.1	12.4	12.4
26	1.0	13.6	3.4	5.5	8.5
28	1.2	16.1	0.4	3.9	3.6
30	1.5	<b>18.9</b>	nég.	4.2	1.7
33	2.0	10.2	nég.	2.1	1.1
35	2.5	3.7	nég.	1.6	1.5
37	3.0	1.2	nég.	0.3	nég.
41	5.0	nég.	nég.	1.1	nég.
48	10.0	nég.	nég.	nég.	nég.

Dans le cas de la première surface, le taux moyen de précipitation et le flux moyen sont deux fois plus importants quand l'émetteur sur bande X est en fonction qu'avec l'émetteur sur bande S; cela équivaut pour le taux de précipitation moyen à une augmentation de sensibilité de 7.4 dBZ; les deux émetteurs détectent de la précipitation sur la totalité ou presque de la surface étudiée. Avec la bande S, le taux de précipitation de 0.6 cm/hre (21 dBZ) occupe 40.5 % de la surface et correspond au taux moyen de précipitation. Les taux de 0.4 cm/hr à 0.8 /hre occupent 91.8% de la surface. Sur la bande X, le taux occupant la plus grande surface 1.5 cm/hre est plus élevé que le taux moyen de 1.3 cm/hre, mais n'occupe que 18.9 % de la surface. Les intensités de précipitations sont plus distribuées, les taux de 0.8 à 2.0 cm /hre n'occupant que 72.5 % de la surface. Des tranches verticales faites à 14:45 et à 15:35 montrent que cette "surface" se trouve juste au-dessus de ce qui semble être la zone de fusion.

Dans le cas de la deuxième surface, le taux moyen de précipitation et le flux moyen de précipitation sont pratiquement les mêmes; la surface couverte par la précipitation est de 77 et 89 % respectivement pour le cas de la bande X et de la bande S. Les taux de précipitation se distribuent d'une façon proche d'une courbe normale, mais ici encore le taux de précipitation occupant la plus grande surface est beaucoup plus démarqué avec l'émetteur sur bande S, où le

taux de 0.6 cm/hr occupe 39.1 % de la surface de précipitation. Cette démarcation moins forte du taux prédominant de précipitation avec l'émetteur sur bande X est une indication que sa sensibilité plus grande produit des moyennes plus lisses sur les surfaces de moyennage, puisque celles-ci sont remplies par des taux de précipitation des plus faibles au plus intenses.

## CONCLUSION

Pour démontrer l'amélioration apportée par l'utilisation d'un émetteur sur bande X dans la détection et la mesure quantitative par radar des précipitations de neige, il a été tenté d'observer une chute de neige importante en utilisant en alternance un émetteur sur bande X et un émetteur sur bande S. Une telle expérience a été tentée le 21 février, lors d'une chute de neige de moyenne importance se changeant en pluie. Les observations faites dans les zones où la neige prédominait permettent de conclure à un gain de plus de 7 dBZ en sensibilité à l'avantage de la bande X. La portée maximale de détection est considérablement améliorée dans ces zones. Par contre, dans les zones où la fusion semble s'opérer ou bien où la pluie prédomine, il ne semble pas y avoir un avantage marqué à utiliser l'émetteur sur bande X, car le taux moyen de précipitation, le taux de précipitation occupant la plus grande surface et le flux moyen de précipitation observés sont les mêmes quel que soit l'émetteur utilisé.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier M. Jacques Vanier et M. Jean-Guy Desmarais du Centre de météorologie du Québec d'Environnement Canada, à Ville Saint-Laurent, qui ont autorisé le déroulement de cette expérience.

## REFERENCES

- BATTAN L.H., "Radar observation of the atmosphere", University of Chicago Press, 1973
- CARLSON P.E., MARSHALL J.S., "Measurement of snowfall by radar", J. of Applied Meteorology, 11 (1972) 494-499
- CROZIER C.L., "Radar measurement and display of snowfall", Environment Canada, Atmospheric Environment Service, report APRB-108-P32, June 1980
- GIGUERE A., "Comparison of measurements of snowfall by radar using an S-band and an X-band transmitter", Eastern Snow Conference, 1989
- GUNN K.L.S., MARSHALL J.S., "The distribution with size of aggregated snowflakes", J. of Meteorology, 15 (1958), 452-461
- MARSHALL J.S., "Precipitation trajectories and patterns", J. of Meteorology 10 (1953), 25-29
- SAUVAGEOT H., Radarmétéorologie, Editions Eyrolles, Paris 1981
- SEKHON R.S., SRIVASTAVA R.C., "Snow size spectra and radar reflectivity" J. of Atmospheric Sc. 27 (1971), 299-307