

Centimeter & Millimeter Wavelength Radars in Meteorology

Roger Lhermitte

Roger Lhermitte a commencé sa carrière de chercheur à la Météorologie nationale, à Trappes puis à Magny-les-Hameaux. C'était le début de l'utilisation du radar en météorologie, quand tout était à découvrir. Le radar a été l'une des grandes réalisations de la Seconde Guerre mondiale. Les précipitations constituaient une gêne considérable pour la détection des avions. Cette particularité a, dès les débuts du radar, favorisé la recherche sur les hydrométéores. À Trappes puis à Magny-les-Hameaux, Roger Lhermitte avait déjà, dans les années 1950, effectué des travaux largement reconnus internationalement sur l'observation radar de la microphysique des nuages. Il avait notamment mis au point des méthodes originales pour étudier les variations de phase des signaux, qui sont à la base de l'effet Doppler.

C'est en 1960 qu'il part aux États-Unis, pour y trouver des conditions de travail plus valorisantes, des financements plus souples et un environnement humain plus favorable que ce que pouvait offrir la Météorologie nationale. David Atlas, un autre pionnier de la météorologie radar, a beaucoup contribué à ce départ, dans le but de renforcer son équipe.

Roger Lhermitte devait passer ensuite par de nombreux laboratoires de recherche aux États-Unis : Air Force Cambridge Research Laboratory (AFCRL) à Boston, Sperry Rand à New York, Wave Propagation Laboratory (WPL) à Boulder, National Severe Storms Laboratory (NSSL) à Norman, pour s'installer plus durablement au début de la décennie 70 à l'université de Miami, où j'ai été son élève de 1973 à 1975.

Une des grandes qualités de l'auteur est sans doute de maîtriser totalement la technique de l'instrument en même

temps que la connaissance de la physique de l'atmosphère. Son intérêt pour les techniques électroniques et de traitement du signal (intérêt que l'on trouve souvent chez les vieux radio amateurs), puis ses passages par les meilleurs laboratoires américains y ont probablement beaucoup contribué ; il est certain qu'une telle carrière n'aurait jamais pu se dérouler en France. Son dynamisme lui a ainsi permis avec des moyens, non pas considérables, mais alloués et gérés dans des conditions beaucoup plus souples qu'en France, d'être pendant plus de trente ans constamment à la pointe dans son domaine, comme en attestent ses très nombreuses publications. Parmi ses réalisations, citons notamment la mesure de la vitesse verticale par la méthode dite du VAD avec un radar Doppler, la mise au point de la méthode Pulse Pair pour extraire les vitesses Doppler, l'utilisation simultanée de plusieurs radars Doppler pour décrire les champs de vent dans les précipitations, la première publication sur le radar Doppler aéroporté, et maintes études sur les orages convectifs et la physique des nuages.

À travers ce livre, qu'il édite lui-même, Roger Lhermitte partage avec nous une bonne part de ses connaissances et de son expérience. L'ouvrage est précédé d'une brève synthèse historique de la météorologie radar, où sont évoquées les principales avancées qui ont contribué à son développement, dans lesquelles l'auteur a très souvent joué un rôle de premier plan. Le premier chapitre présente les techniques radar, d'émission et de réception, proprement dites. On y trouve notamment une description du principe de l'oscillateur cohérent (Coho) que Roger Lhermitte a longtemps été le seul à maîtriser et qui lui a souvent permis de conserver un temps d'avance sur ses collègues. Le chapitre 2 décrit, brièvement mais de façon très pédagogique, les conditions d'absorption des micro-

ondes par l'atmosphère. Toutefois, la mesure radiométrique, telle qu'elle est couramment pratiquée maintenant à partir de satellites, n'y est pas abordée. En revanche, le chapitre 3, consacré à la « cible météorologique », est très développé et contient nombre de présentations originales. On y trouve toutes les données ou références utiles, notamment sur la vitesse de chute des gouttes, leur comportement dans la turbulence, leur distribution en fonction de leur taille, et les différentes techniques utilisées pour approcher ces questions. Le chapitre suivant rappelle les lois de l'atténuation des ondes en hyperfréquences par les hydrométéores.

Le chapitre 5 traite de la mesure de la réflectivité radar. Si l'exposé de ce chapitre demeure tout aussi lumineux que celui des précédents, certains lecteurs préoccupés par les applications opérationnelles pourront regretter que l'hydrologie par radar ne soit pas davantage développée, et que la question de l'élimination des échos fixes ne soit pas abordée. Je crois cependant que ces lecteurs pardonneront volontiers ces lacunes après avoir lu les deux chapitres qui suivent, consacrés au traitement du signal radar et à l'estimation des moments du spectre Doppler. Roger Lhermitte, qui a considérablement apporté sur ces deux questions, les traite de façon exhaustive. Les propriétés des spectres Doppler sont détaillées. On appréciera également la présentation fréquente de simulations à l'aide de séries aléatoires, et les nombreuses figures qui éclairent la présentation. Le lecteur qui en aura le loisir pourra aujourd'hui, sans difficultés, refaire nombre de ces simulations avec un tableur Excel et retrouver les résultats. De nombreux mystères de l'analyse spectrale seront sans doute éclaircis à la lecture des propriétés des différentes fenêtres de filtrage ou

de la discussion des incertitudes propres aux différentes méthodes d'estimation des moments spectraux. L'auteur présente également tous les aspects de l'estimation de la vitesse moyenne et de la largeur du spectre Doppler, notamment avec la méthode du Pulse Pair Processing qu'il a été le premier à mettre en œuvre dans le cadre de la météorologie.

Le chapitre 8 couvre les applications météorologiques du radar. Il compare d'abord les avantages et inconvénients des différentes longueurs d'onde, notamment des ondes très courtes pouvant aller jusqu'à 3,2 mm (94 GHz) sur lesquelles Roger Lhermitte a beaucoup travaillé ces

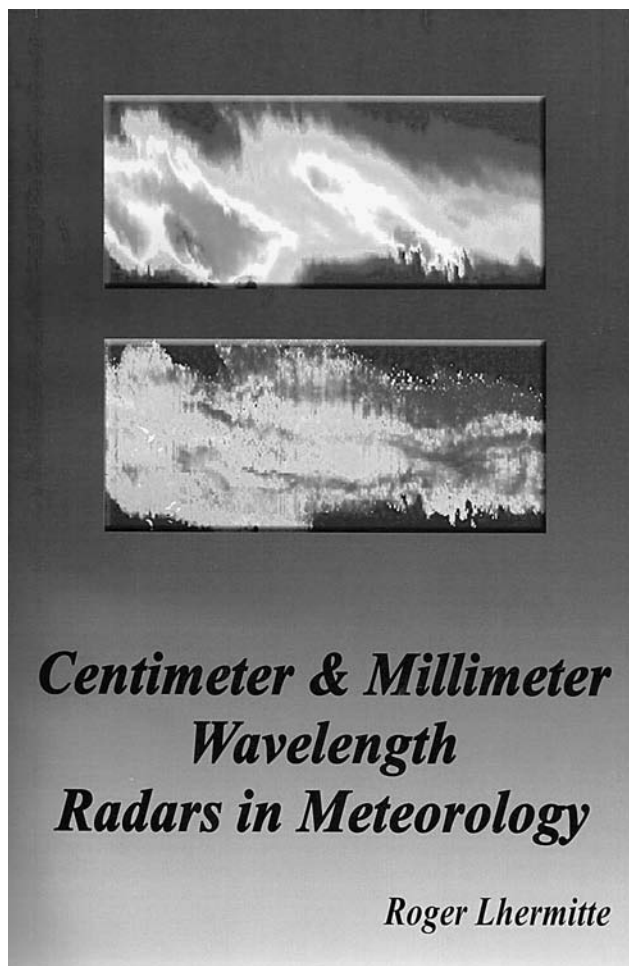
les très petites gouttes. Roger Lhermitte, qui a, sans doute, été le premier en 1957 à observer les vitesses Doppler dans une bande brillante, a aussi récemment proposé et expérimenté une méthode de mesure des distributions de gouttes et de la vitesse verticale dans les précipitations avec un radar à 94 GHz, en utilisant les propriétés de la diffusion de Mie pour mieux séparer la vitesse verticale de l'air de celles des hydrométéores. L'ouvrage ne traite pas de la diffusion de Bragg liée aux variations d'indice de réfraction de l'air. Néanmoins, avec sa longue expérience de la mesure radar, et à la suite d'observations qu'il a effectuées récemment sur la diffusion des ultra-

sations en vue d'améliorer la mesure de la pluie, mais pour constater qu'aucun résultat opérationnellement convaincant n'a été obtenu à ce jour dans ce domaine. Il attribue cet échec au fait que les théories qui prédisent une amélioration des mesures par cette technique, dite du Zdr, reposent sans doute sur une représentation beaucoup trop simpliste du comportement et de la distribution des très grosses gouttes de pluie.

L'ouvrage se termine par un épilogue, où Roger Lhermitte résume ses opinions sur l'avenir des différentes techniques auxquelles il a contribué, et que j'ai évoquées ici pour la plupart. Ces considérations, émanant d'un véritable physicien qui a observé le comportement de l'atmosphère pendant plus de cinquante ans et confronté en permanence ses résultats aux théories existantes, méritent d'être méditées, aussi bien par ceux qui décident de l'organisation de la recherche que par ceux qui souhaitent s'y consacrer.

L'ouvrage est d'une excellente présentation et d'une parfaite clarté. Il contient un très grand nombre de figures, très souvent établies par l'auteur lui-même, et très pédagogiques. On y trouve notamment beaucoup de simulations sur le comportement des signaux radar, qui seront très utiles à ceux qui souhaitent maîtriser, non seulement la théorie du signal, mais aussi sa mise en pratique.

Marc Gillet



sons dans de l'eau agitée de mouvements turbulents, Roger Lhermitte est convaincu que les milieux turbulents sont beaucoup plus discontinus que l'indiquent les modèles de turbulence actuels. Une nouvelle théorie de la turbulence serait à inventer, qui pourrait rendre compte de la présence d'entités individuelles multiples, se comportant comme des cibles distribuées, ayant chacune leur durée de vie.

Après la description de la méthode du balayage conique de type VAD (Velocity Azimuth Display), qu'il a proposée en 1961, l'auteur présente les méthodes de mesure des champs de vent à l'aide de deux ou trois radars

Doppler, domaine qu'il a également été l'un des premiers à explorer. Si un certain nombre d'expériences ont été faites dans ce domaine, y compris en France avec les radars Ronsard, il regrette cependant que les mesures n'aient jamais été réalisées dans des conditions optimales, c'est-à-dire notamment avec trois radars identiques, espacés de 60 km, et sur une durée suffisante. Il aborde enfin l'apport possible de la diversité de polari-

dernières années. Il a notamment recommandé l'emploi de cette longueur d'onde pour la mesure de la pluie à partir de satellites, sans être suivi par la Nasa, qui a opté à l'époque pour une longueur d'onde plus élevée dans son projet ARM. Sont ensuite examinées très en détail les possibilités de mesure en visée verticale, notamment l'étude des nuages en utilisant des fréquences très élevées qui diffusent suffisamment sur

Centimeter & Millimeter Wavelength Radars in Meteorology⁽¹⁾.

Par Roger Lhermitte.

Lhermitte Publications, 2002, 550 p.

(1) L'ouvrage peut s'obtenir auprès de : Lhermitte Publications, 4070 Lybyer Ave, Miami, Florida 33133, États-Unis ; dopplerfan@aol.com