

La structure des nuages cumulus et cumulonimbus à la lumière des études par radar

Par Ing. Stanislaw Salamonik (Pologne)

Conférence au 7^e Congrès de l'OSTIV, Osieczna (Pologne), juin 1958

L'étude des nuages cumulus et cumulonimbus est un des problèmes les plus importants de la météorologie d'aujourd'hui. Lesdits nuages sont accompagnés des phénomènes suivants: averses souvent assez fortes, orages, grêle, champs électriques intenses et d'autres phénomènes très dangereux pour l'aviation. Enfin, ces nuages sont liés à l'existence d'intenses courants ascendants, qui se produisent dans les nuages cumulus et cumulonimbus à fort développement vertical. Aux alentours des nuages mentionnés ci-dessus se trouvent les courants descendants compensateurs.

Il est donc apparu nécessaire d'étudier soigneusement la structure des nuages cumulus et cumulonimbus en relation avec les phénomènes qui les accompagnent. Mais les études directes, et surtout dans les nuages bien développés, sont dangereuses à cause des forts courants verticaux et des champs électriques localement intenses. Et c'est pour cela qu'il est très utile d'appliquer dans ce but le radar, qui, après la dernière guerre, est devenu le nouvel instrument d'étude permettant aux météorologistes d'observer les nuages dans le temps et l'espace. La méthode la plus souvent appliquée dans les recherches actuelles est la méthode combinée qui permet de faire en même temps les observations du nuage par le radar et un sondage par avion. Le but de ces travaux est d'éclaircir les relations physiques entre la condensation de la vapeur d'eau et la formation des précipitations ainsi que la structure de la phase du nuage (importante pour le givrage de l'avion) et d'en tirer des conclusions concernant les courants verticaux. On attache aussi une grande importance aux études de la turbulence dans le nuage en liaison avec les formes du nuage et la vitesse du développement vertical.

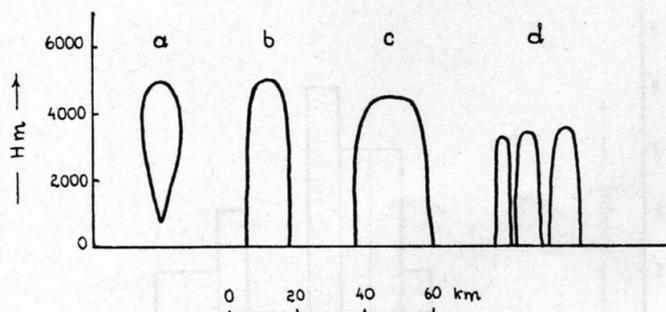


Fig. 1

Au cours de cet exposé nous allons présenter certaines remarques et les résultats de 40 observations par radar, faites aux heures des observations synoptiques, ainsi que les résultats des observations permanentes des nuages isolés. Les observations par radar ont été faites simultanément avec les observations synoptiques, car de cette façon elles pouvaient être comparées entre elles et facilement interprétées. Les observations mentionnées ci-dessus furent faites avec un radar de longueur d'onde 10 cm, au mois de juillet en 1957, près de Varsovie. Les résultats obtenus se rapportent prin-

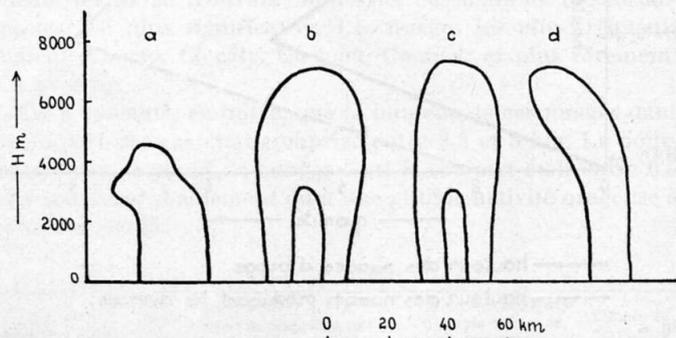


Fig. 2

cipalement à la forme et aux dimensions des échos radar des nuages cumulus et cumulonimbus ainsi qu'à leurs relations avec les conditions thermodynamiques et la construction des nuages, du point de vue de leurs phases. Les formes observées des échos des nuages, leurs dimensions et le développement vertical permettent de tirer des conclusions concernant le type du nuage, la construction, l'équilibre thermique de l'air et la possibilité du déclenchement des orages. On a observé bien souvent les échos des nuages sous forme de colonnes pour la plupart à contours bien délimités, de largeur de dix à vingt kilomètres et atteignant 4000 à 5000 m de hauteur.

Lesdites colonnes se présentent comme des colonnes séparées ou en groupes. Le schéma *a* de la figure 1 montre un nuage qui, au moment de l'observation, ne donnait pas de précipitation qui pût atteindre le sol, l'écho radar ne se marquant qu'à partir d'une certaine hauteur. D'autres types d'écho, esquissés sur cette figure, correspondent aux nuages dont la précipitation a atteint le sol.

La figure 2 montre les échos des nuages sous forme de colonnes moins régulières; les schémas *b* et *c* montrent probablement les échos de nuages, avec différentes grandeurs des gouttes et leur concentration dans différentes parties du nuage, car dans ces deux cas, en connaissant la direction de l'observation et celle du vent on a pu constater que la précipitation atteignant le sol ne se produisait que dans la partie antérieure et postérieure du nuage.

Le tableau donne des détails supplémentaires pour les figures particulières.

La figure 3 montre les contours les plus curieux des nuages qui se produisent dans des conditions d'équilibre instable.

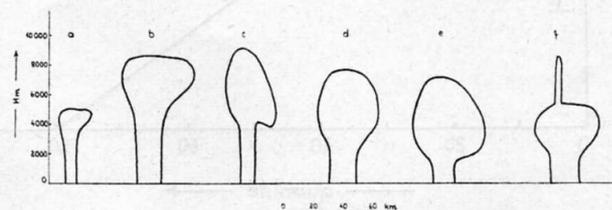


Fig. 3

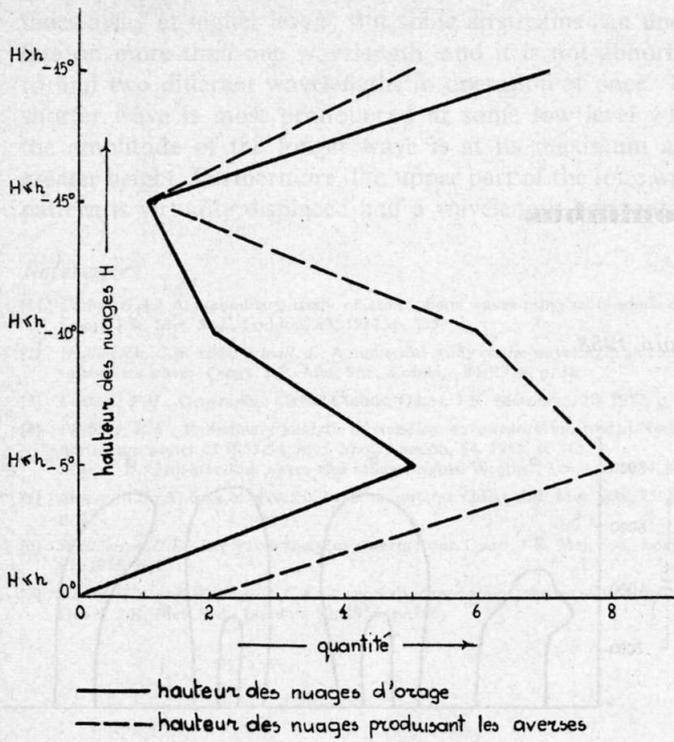


Fig. 4

D'après l'étude de nombreux nuages aux formes analogues qui, au moment de l'observation, se trouvaient au-dessus des stations météorologiques et en même temps étaient observés par radar (entre autres les cas *a* et *c*), on peut constater que ce sont les échos provenant de cumulonimbus bien développés, avec enclume.

On sait que la hauteur des sommets de ces nuages dépend de l'épaisseur de la couche où existe l'instabilité humide. Le sondage aérologique de Legionowo du 27 juillet 1957, 05 TMG, montre que, pour un point de rosée au niveau du sol $T_d = 13^\circ \text{C}$ et une température de l'air sur le même niveau $T = 22,5^\circ \text{C}$, des nuages de convection peuvent se produire, atteignant 4000 m environ. Dans la couche entre 3550 et 4000 m avait lieu l'inversion de la température ($1,4^\circ \text{C}/450 \text{ m}$). Les échos des nuages *a* et *f* (fig. 3) confir-

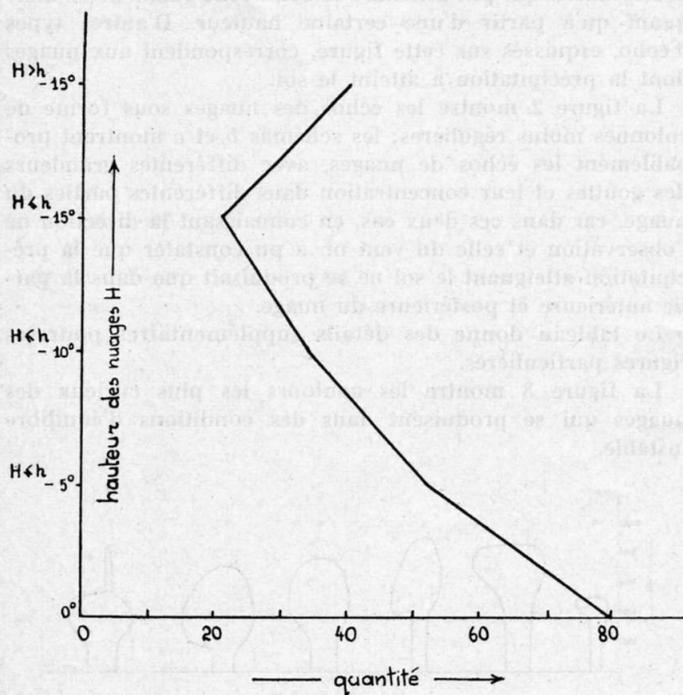


Fig. 5

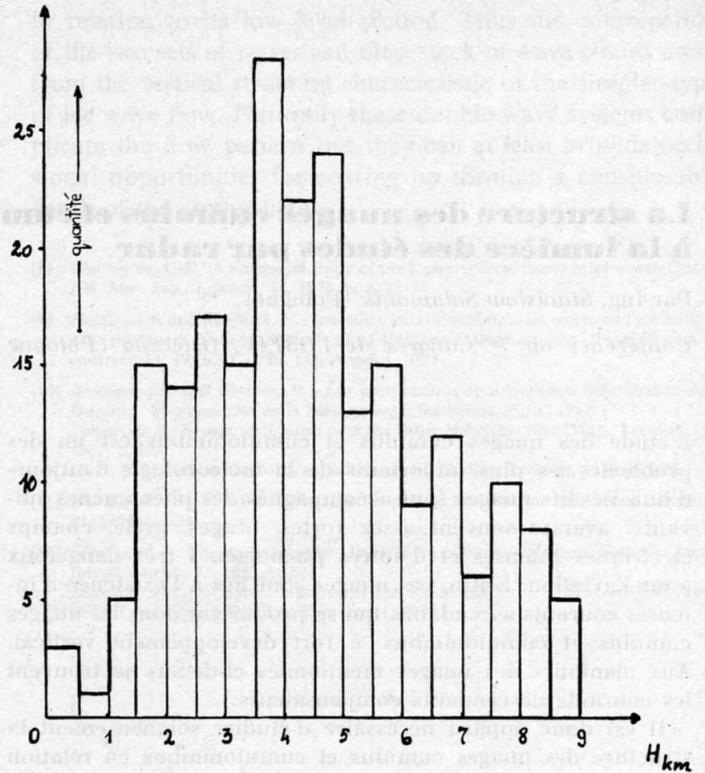


Fig. 6

ment ces conditions. Dans le cas *f* on voit une percée de la couche d'inversion et le développement du nuage au-dessus d'elle. Les échos des nuages *b*, *c*, *d*, *e* sont étonnants par leur hauteur. En effet le sondage de Legionowo du 29 juillet 1957, 12 TMG, démontrait le développement des nuages de convection jusqu'à la hauteur de 9600 m. Au-dessus de ce niveau existait une forte inversion de la température. Pendant les jours susmentionnés, c'est-à-dire le 27 et 29 juillet, eurent lieu des orages, liés avec les fronts froids se déplaçant de l'ouest à l'est; le 27 juillet, entre 14 et 15 h TMG, le front froid traverse Legionowo, par contre le 29 juillet toute la région d'observation se trouvait derrière ce front. La fig. 3 (*d* et *e*) montre le même nuage à un intervalle d'une heure.

Il est très important de pouvoir résoudre la question de savoir si l'existence de la phase de glace dans le nuage est

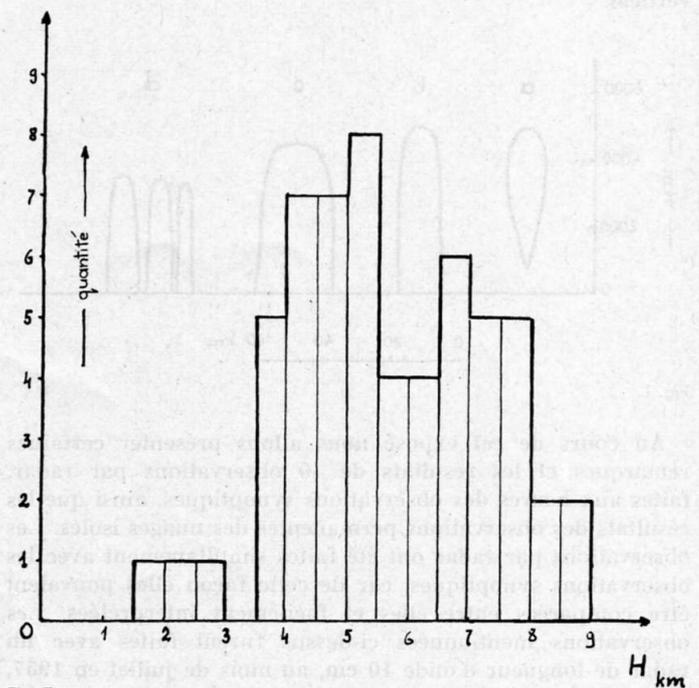


Fig. 7

nécessaire pour la formation des précipitations dans nos conditions météorologiques. Findeisen (1938) a constaté que dans les latitudes géographiques moyennes la plus grande partie des nuages produisant des précipitations ont leur sommet au-dessus de l'isotherme 0° C. Mason et Haworth (1952) l'ont confirmé en défendant la thèse que la plupart des nuages produisant des précipitations abondantes atteignent environ 1000 m au-dessus de l'isotherme 0° C.

Smith (1951) ainsi que Mordy et Eber (1954) ont démontré que les précipitations peuvent se produire aussi dans le nuage sans phase de glace, mais cela n'a lieu que dans l'air tropical-maritime et seulement aux latitudes basses et à proximité de l'océan. A leur avis, aux latitudes plus élevées, de tels cas sont très rares.

Il existe encore la question de la transformation des nuages de convection très développés en nuages d'orage. Selon les travaux de J. M. Izmiatow et A. P. Tchouvayev, la condition nécessaire à cette transformation est la formation dans le nuage de l'hétérogénéité de phase, c'est-à-dire l'existence en même temps de l'eau à l'état liquide et solide, car l'apparition de cette dernière provoque l'accroissement de la tension du champ électrique. La fig. 4 montre nos résultats.

Sur l'axe des ordonnées on a placé les hauteurs des isothermes et sur celui des abscisses le nombre de nuages dont les sommets ne dépassent pas la hauteur *h* des isothermes 0°, -5°, -10°, -15° C, ainsi que la quantité de nuages aux sommets dépassant l'isotherme -15° C. Les hauteurs des isothermes ont été calculées d'après les sondages aérologiques de Legionowo de 12 TMG. La courbe en trait interrompu montre la hauteur des nuages produisant des averses; la courbe continue, la hauteur des nuages orageux. On a pris en considération seulement les nuages qui, au moment de l'observation, se trouvaient au-dessus des stations météorologiques et produisaient des averses ou des orages, tout en étant en même temps observés par le radar.

Les deux courbes montrent l'existence d'un maximum pour les nuages dont les sommets se trouvent non loin de la hauteur de l'isotherme -5° C ainsi que l'existence d'un autre maximum pour les nuages dont les sommets sont au-dessus

de l'isotherme -15° C. Les fig. 5 et 6 montrent la hauteur de tous les nuages observés sur l'écran du radar, indépendamment des phénomènes qu'ils donnèrent et de la distance de n'importe quelle station météorologique (fig. 5). Sur les fig. 4 et 5 on voit le minimum bien étonnant de la quantité de nuages avec sommets à proximité de l'isotherme -15° C.

De la fig. 6, où en abscisse on a placé les hauteurs du sommet des nuages, et en ordonnée leur quantité, résulte que les hauteurs de 3,5 à 5 km étaient les plus fréquentes. La quantité relativement grande des nuages bas est causée par l'apparition dans quelques cas de nuages stratiformes. Et c'est pour cela que la fig. 7 ne représentant que la hauteur des nuages cumulus et cumulonimbus (indépendamment des phénomènes qu'ils donnaient), observés par le radar et en même temps se trouvant au-dessus des stations météorologiques, est plus significative. Les nuages les plus fréquents étaient: Cb cap, Cb calv, Cu cong, Cu med; et plus rarement: Cu avec Sc.

On a constaté, en outre, que la hauteur de ces nuages dans la plupart des cas était comprise entre 3,5 et 8 km. Le pourcentage assez grand de nuages dont le sommet était entre 6,5 et 8 km est probablement dû à une grande activité orageuse à cette époque-là.

No de la figure	Date (1957)	Heure d'observation TMG	Genre du nuage basé sur les observations météorologiques visuelles	Altitude des isothermes d'après le sondage de Legionowo 12 TGM /m/		Distance du nuage de la station de radar en km.
				0°	-5°	
1a	27.VII	12	manque d'observ.	3200	4500	30
b	18.VII	09	manque d'observ.	4000	4800	160
c	18.VII	09	manque d'observ.	4000	4800	110
d	20.VII	12	Cu cong	4400	5300	122
2a	18.VII	09	Cu cong	4000	4800	80
b	27.VII	12	Cb cap	3200	4500	7
c	29.VII	12	manque d'observ.	3500	4400	55
d	29.VII	15	manque d'observ.	3500	4400	65
3a	27.VII	12	Cb cap	3200	4500	19
b	29.VII	12	manque d'observ.	3500	4400	15
c	29.VII	11	Cb cap	3500	4400	15
d	29.VII	12	manque d'observ.	3500	4400	12
e	29.VII	13	manque d'observ.	3500	4400	13
f	27.VII	13	manque d'observ.	3200	4500	40