

Sur la variabilité avec l'altitude du paramètre I^2 lors de la formation d'ondes de relief

Par le Dr Adriano Gazzola, Rome

Conférence au 6^e Congrès de l'OSTIV, St-Yan (France), juillet 1956

Etant donné l'importance que le paramètre I^2 de Scorer présente dans l'étude théorique des ondes de relief, et étant également donné que l'expérience quotidienne confirme au point de vue qualitatif les résultats de la théorie en ce qui concerne la variation de I^2 avec l'altitude (en effet les situations où les phénomènes ondulatoires sont le plus imposants comportent des vents qui augmentent rapidement avec l'altitude et une inversion à une hauteur modérée sur sol), j'ai pensé qu'on pourrait trouver quelque intérêt dans l'étude de la variation du paramètre de Scorer dans quelques cas particuliers, où les vols effectués avec planeur ont donné la confirmation absolue de l'existence de phénomènes ondulatoires imposants.

L'examen a été effectué dans des situations correspondantes à des vols en onde exécutés par le pilote ing. Ferrari aux environs de Rome et particulièrement aux vols pendant lesquels il atteignit les altitudes les plus grandes.

Les données que j'ai analysées sont tirées des radiosondages effectués par la station de Rome-Ciampino.

Puisque la chaîne des Apennins à laquelle les phénomènes ondulatoires sont dus, a une orientation générale de NW à SE, les situations les plus favorables aux vols d'onde dans le Latium sont celles, par ailleurs peu fréquentes, où les courants soufflent, à toute altitude, du NE; c'est ce qui arrive, en général, après le passage d'un front froid intense provenant du premier quadrant, avec un fort débordement d'air froid dans les couches inférieures.

Ce qui est à remarquer, c'est que, dans la plupart des cas étudiés, il existait dans les premiers 2 km de l'atmosphère une couche à peu près adiabatique.

Il est aussi à remarquer que, selon l'expérience, des phénomènes ondulatoires, souvent de proportions réduites et pas facilement exploitables, sont très communs dans l'atmosphère, même en présence de reliefs peu prononcés et lors de vents pas particulièrement intenses n'atteignant pas des altitudes élevées.

Le procédé suivi pour l'analyse est essentiellement graphique. On a un diagramme (voir planches 2, 3 et 4, à droite) où

on reporte en abscisses les valeurs en km^{-2} et en ordonnées les altitudes en km. On trace les deux courbes indiquant l'allure avec l'altitude des termes $\left(\frac{B}{U}\right)^2$ et $\frac{1}{U} \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}$ et successivement, par différence graphique, la courbe qui fournit l'allure de I^2 .

Les valeurs nécessaires pour le tracé de la courbe $\left(\frac{B}{U}\right)^2$ ont été calculées numériquement. La courbe relative à $\frac{1}{U} \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}$ a

été au contraire construite graphiquement, en passant par les stades suivants: 1. tracé de la courbe intensité-altitude; 2. adoucissement de cette courbe par élimination des variations secondaires; 3. construction graphique de la courbe de $\frac{\partial U}{\partial z}$; 4. construction graphique de la courbe de $\frac{\partial^2 U}{\partial z^2}$; 5. tracé

de la courbe $\frac{1}{U} \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}$.

Dans le diagramme à gauche des planches 2, 3 et 4, on a reporté la courbe température-altitude (en petits traits) et les courbes intensité-altitude. La courbe pointillée correspond aux observations effectives; la courbe en trait continu est au contraire adoucie.

Il faut remarquer que, étant donné le peu de variabilité avec l'altitude de la direction des vents et la présence dans la chaîne des Apennins de reliefs orientés en toutes directions, on a considéré les intensités vraies, plutôt que leur composante selon une direction préfixée.

Sur la droite du diagramme, les flèches indiquent la direction de provenance des vents.

La planche 1 nous donne un exemple de la construction

de la courbe $\frac{\partial^2 U}{\partial z^2}$ (ou plutôt, pour raison d'ordre pratique,

$\frac{1}{2} \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}$). La courbe relative à l'intensité a été déjà adoucie.

Les constructions reportées en pointillé à titre d'exemple, ont le but d'obtenir un point de chaque courbe dérivée.

Dans l'examen, quoique sommaire, des vents dans plus de quarante situations d'onde qui ont été examinées, on a remarqué la variabilité la plus grande d'un cas à l'autre. Toutefois, le principe est toujours vérifié, selon lequel les situations les plus favorables sont celles où l'on se trouve en présence d'un jet-stream, c'est-à-dire où les vents atteignent de fortes intensités et où leur direction change peu avec l'altitude. La courbe des intensités est toujours irrégulière, même après l'adouçissement. Elle présente des maxima et des minima, et on a des raisons de croire que ces caractéristiques se manifestaient non seulement au-dessus de Ciampino, station de radiosondage, mais aussi aux alentours de la station où les vols ont été effectués.

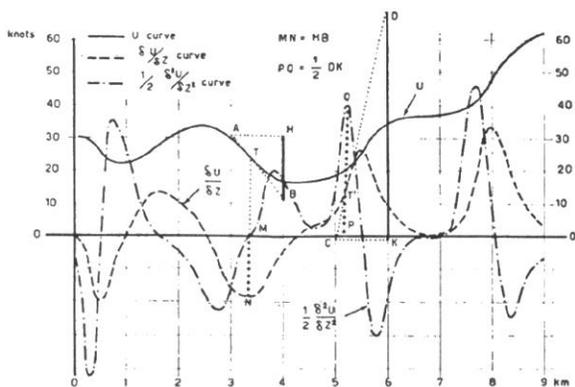


Fig. 1. Rome (Ciampino) 14.00 GMT, 7 février 1956

Les situations reportées à titre d'exemple dans les figures nos 2 et 3 se réfèrent à 14 h du 7 février 1956, et à 2 h du jour suivant, après le passage d'un front froid très énergétique, qui amena sur la péninsule italienne un froid persistant d'une rigueur exceptionnelle. Les altitudes atteintes par le planeur (6200 et 6700 m) dans ces deux derniers jours, démontrent l'importance des phénomènes.

La situation de la planche n° 4, au contraire, se réfère à l'été; les courants sont occidentaux, et le vol fut effectué sur le bassin de Rieti, bordé à l'ouest par une chaîne montagneuse uniforme avec des sommets de 1000 m environ, qui produisit les ondes. Il est important de signaler, dans ce cas, la coexistence, dans une région si limitée, de plusieurs zones où le phénomène ondulatoire se produisait, avec d'autres essentiellement thermiques, où se développaient des cumulus importants, aussi bien que de cumulonimbus. L'altitude atteinte fut de 5200 m.

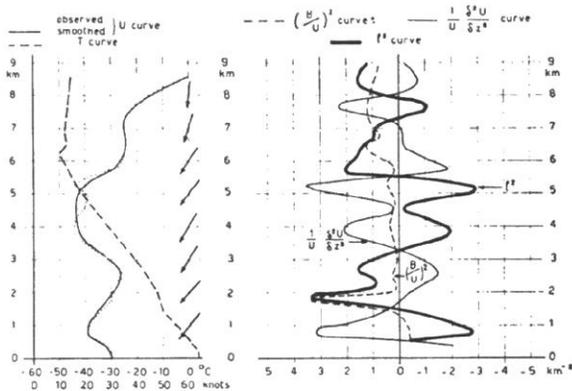


Fig. 2. Rome (Ciampino) 14.00 GMT, 7 février 1956

Sans entrer dans trop de détails sur les déductions qu'on peut tirer de l'allure des courbes I^2 (particulièrement pour les couches où le paramètre est négatif), nous nous bornons à signaler que:

a) L'adoucissement de la courbe vitesse-altitude doit être exécuté avec soin, parce qu'il introduit des éléments subjectifs qui influencent beaucoup l'allure des courbes dérivées.

b) Comme conséquence de l'allure irrégulière de la courbe des intensités, la courbe $\frac{\partial^2 U}{\partial z^2}$, a une allure à peu près sinusoïdale, souvent avec une grande amplitude. Etant donné que le vent est ordinairement de plus en plus fort au fur et à mesure que l'on s'élève, la division par U tend à diminuer les amplitudes relatives aux altitudes supérieures par rapport aux inférieures.

c) Le terme $\left(\frac{B}{U}\right)^2$ est petit dans la couche convective et turbulente voisine du sol, mais fort dans la couche immédiatement superposée, où ordinairement on a des gradients inférieurs de température, associés à des valeurs basses de l'intensité; il décroît ensuite rapidement aux altitudes supérieures. Ce terme a généralement des valeurs basses aux altitudes les plus hautes, parce qu'une valeur élevée de U rend plus petit le rapport même pour les couches où B est important.

d) Les valeurs de $\frac{1}{U} \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}$, loin d'être négligeables en comparaison des valeurs correspondantes de $\left(\frac{B}{U}\right)^2$, sont en général prédominantes, surtout aux altitudes les plus élevées. En conséquence, les courbes relatives à I^2 , à cause de la pré-

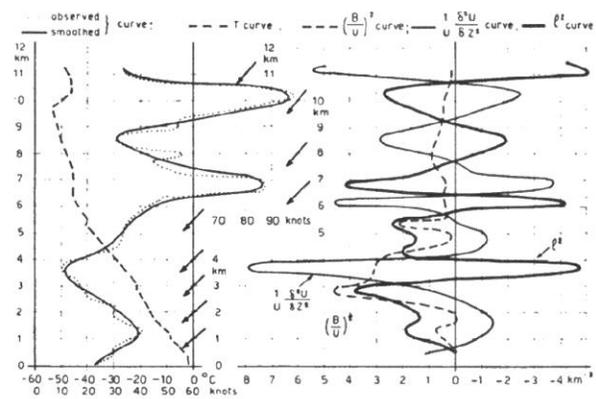


Fig. 3. Rome (Ciampino) 02.00 GMT, 8 février 1956

dominance du terme de «shear», ont elles aussi une allure grossièrement sinusoïdale.

e) La présence des couches superposées où I^2 diminue, alternées à des couches où I^2 augmente, pourrait être mise en relation avec la coexistence dans l'atmosphère des formations ondulatoires à niveaux différents.

Malgré les approximations imposées par la méthode suivie, je crois que, au point de vue qualitatif, les résultats donnent des indications valables sur la variabilité du paramètre de Scorer avec l'altitude, lorsque la situation est favorable à la formation d'ondes atmosphériques de relief.

On the Variability of Parameter I^2 with Altitude in Lee Wave Situations

By Dr. Adriano Gazzola

Summary. Some Roma Ciampino soundings relating to lee wave situations were examined. The behaviour of parameter I^2 was

$$\text{studied and the importance of term } \frac{(\partial^2 U / \partial z^2)}{U}$$

is pointed out.

Abstract. Among the wave flights performed by pilot G. A. Ferrari near Rome from July 1955 to April 1956 the ones reaching the highest altitude have been selected. The variability of the parameter I^2 with altitude has been examined correspondingly, on the basis of Rome Ciampino radiosoundings and radiowinds.

Having signed altitudes on the x axis and values, expressed as km^{-2} of terms which are contained in I^2 on the y axis, the two curves showing the behaviour of $(B/U)^2$ and $(1/U) (\partial^2 U / \partial z^2)$

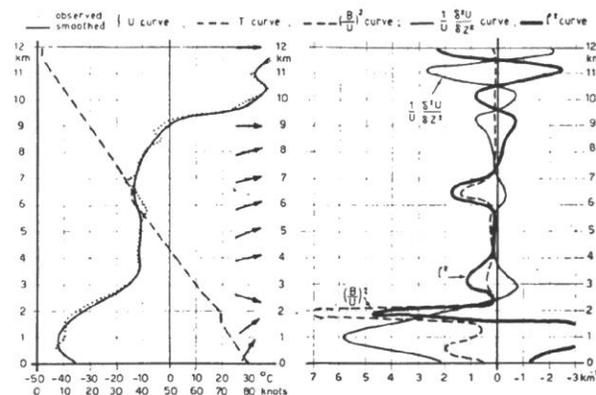


Fig. 4. Rome (Ciampino) 14.00 GMT, 22 juillet 1955

with altitude are drawn and then, by graphic subtraction, the curve expressing the behaviour of l^2 is traced.

The required values for the construction of curve $(B/U)^2$ are numerically computed, while the corresponding curve $(1/U)(\partial^2 U/\partial z^2)$ is graphically constructed through the following steps:

1. Curve intensity-altitude is drawn.
2. Curve is smoothed by eliminating minor variations.
3. Curve $\partial U/\partial z$ is graphically constructed.
4. Curve $(\partial^2 U/\partial z^2)$ is graphically constructed.
5. Curve $(\partial^2 U/\partial z^2)/U$ is drawn.

It must be noticed:

a) In view of the little variability of wind direction with altitude, and of the existence of mountain systems placed along different directions in the Apennines, true winds have been used instead of wind components along given mean directions.

b) Velocity-altitude curves are to be smoothed with great care, as subjective elements may affect behaviour of derived curves noticeably.

c) Marked intensity minima or maxima do exist even in smoothed curves. Consequently curves of $\partial^2 U/\partial z^2$ have a behaviour roughly sinusoidal, often of great amplitude. Since winds are generally stronger at higher altitudes, the ensuing

divisions by U tend to decrease the amplitudes at higher altitudes versus lower ones.

d) The term $(B/U)^2$ which is small in the convective and turbulent layer near the ground, is stronger in the layer just above, at which smaller temperature gradients are generally associated with lower values of U ; then it rapidly decreases. This term usually takes low values at higher altitudes, because the high value of U makes the ratio small even for those less frequent layers for which B is noticeable.

e) The values of $l/U(\partial^2 U/\partial z^2)$, far from being negligible against those of $(B/U)^2$, are generally higher, often to a great extent, mainly at highest altitudes.

Due to the preponderance of the second term in l^2 , the curves of l^2 behave sinusoidally also. The alternating layers of high and low l^2 values may perhaps explain the presence of wave formation zones at different levels in the atmosphere.

In spite of the roughness involved in the described process, and although the winds over Ciampino were not necessarily equal to those existing in the zones where the flights were performed, it is believed that the results of this investigation can be, at least qualitatively, indicative of a variability of Scorer's parameter in situations fit for atmospheric waves.