Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 72 (1983)

Heft: 1-2

Artikel: Formation et vie des orages

Autor: Rieker, Jean

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308621

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Formation et vie des orages

par JEAN RIEKER,
Institut Suisse de Météorologie,
Station aérologique, Payerne

Introduction

Le nuage d'orage dénommé « Cumulonimbus » se distingue notamment par sa puissante extension verticale. Tandis que sa base est située généralement entre 1500 m et 2500 m sur mer, son sommet culmine souvent à 10 000 m ou plus en été sous les latitudes moyennes. Sa masse imposante, en forme d'enclume, intercepte la lumière solaire, ce qui lui donne un aspect sombre et terrifiant. Le Cumulonimbus est le fruit d'une convection importante de l'atmosphère, de sa base à son sommet ; il ne saurait se développer sans elle et sans un taux suffisant d'humidité : c'est pourquoi les Cumulonimbus sont plus fréquents en été. La température interne d'un Cumulonimbus est supérieure, à altitude égale, à la température de l'atmosphère dans lequel il évolue.

Situations favorables à la formation d'orages

Certaines situations météorologiques favorisent le développement d'orages. Ce sont celles qui sont caractérisés par une forte labilité de l'atmosphère, donc une forte convection (ascendance). Selon les situations, l'ascendance est qualifiée de naturelle, par opposition à une ascendance forcée, due au soulèvement des masses d'air par le relief. La convection naturelle se manifeste notamment dans des situations de marais barométriques (vent quasiment nul ou très faible dans la troposphère, donc du sol à 10 km d'altitude environ) ; de gouttes froides (marais barométrique au sol et, simultanément, dépression en altitude), le long d'un front froid (zone de transition entre de l'air chaud et de l'air froid, où l'air froid repousse l'air chaud).

Le type de convection forcée est représenté par une situation de fœhn du sud dans les Alpes suisses. Les masses d'air humide en provenance de la Méditerranée sont entraînées vers le nord en subissant une ascendance forcée qui déclenche souvent le développement d'orages importants et généralisés sur l'ensemble du versant sud des Alpes.

Durée et vie d'une cellule orageuse

La durée de vie d'une cellule orageuse est de l'ordre d'une demi-heure. Le développement simultané et successif de nouvelles cellules donne quelquefois l'impression que l'orage s'éternise dans un région donnée, parfois très étendue.

Déplacement des orages

Lors d'un déplacement d'un complexe vers le nord-est par exemple, de nouvelles cellules se développeront toujours sur sa partie sud, tandis que les anciennes se dissolvent au bout de 30 minutes environ sur sa partie nord. Il en résulte que le déplacement de l'orage ne semble pas coïncider avec le courant général, mais est dévié vers la droite.

Vent dans un orage

Le Cumulonimbus est le siège d'une grande turbulence, de remous gigantesques, visualisés par des boursouflures latérales en rapide extension. Les modèles d'orage mentionnés dans la littérature spécialisée sont issus de l'observation et de mesures faite par radar, avions, ballonsondes, satellites. Les Cumulonimbus sont animés d'un fort courant ascendant hélicoïdal, de sens de rotation inverse à celui des aiguilles d'une montre, prenant naissance à l'avant de l'orage et s'élevant jusqu'à son sommet ; et d'un courant descendant, expulsant les précipitations vers le sol (grêle et pluie) et se terminant par un bourrelet d'orage ou rouleau situé à la base du nuage et accompagnant le front d'orage et sa bourrasque froide.

Manifestations électriques

Le Cumulonimbus est aussi le siège de manifestations électriques bien connues, les éclairs. La machine électrique qu'il représente joue certainement un rôle important dans la formation des précipitations, mais il n'a pas encore été possible de vérifier les nombreuses hypothèses émises concernant les processus physiques d'électrification. Bien des théories ont été proposées pour tenter d'expliquer la séparation des charges, leurs échanges et la présence des courants. Presque toutes sont fondées sur des faits expérimentaux stipulant que l'électrification est liée de manière causale à la formation et aux mouvements des précipitations. Aucune théorie décisive apte à expliquer le processus physique réel d'électrification du Cumulonimbus n'a encore été trouvée ; ce handicap réside dans le fait qu'il est difficile d'effectuer des mesures précises dans un nuage d'orage.

Il est admis qu'un nuage d'orage est un dipôle chargé positivement dans sa partie supérieure vers 8 km d'altitude (P = + 40 C), négativement vers 3,5 km (N = - 40 C) et qu'une charge positive (p = 10 C) se trouve également à la base du nuage. Le scénario optique d'un éclair nuage-sol, tel qu'il est enregistré par une caméra cinématographique doté d'une optique appropriée invariable, peut être décrit comme suit :

A partir du nuage (région de charges négatives) l'éclair débute par des prédécharges faiblement lumineuses (processus de formation du canal conducteur) qui se propagent vers le sol par bonds ssuccessifs de 50 m en moyenne à la vitesse de $1{,}5 \cdot 10^5$ m/s. Le temps séparant chaque bond est de l'ordre de 50µs et la charge négative déposée le long du conducteur segmenté est de 5 C. En supposant que la base du nuage est à 3 km au-dessus du sol, la charge négative atteint le sol en 20ms. Les courants moyens qui doivent s'écouler dans le conducteur segmenté pour déposer la charge de 5 C en 0,1 ms est de l'ordre de 10^2A. Le diamètre lumineux des segments, mesuré par la photographie, varie entre 1 et 10m.

Quand la charge de potentiel hautement négatif arrive dans le voisinage du sol, le champ électrique résultant est suffisant pour provoquer une décharge du sol à l'extrémité inférieure du canal conducteur. Quand une de ces décharges entre en son contact, la base du conducteur est effectivement connectée au potentiel du sol, tandis que son reste supérieur a un potentiel négatif et est chargé négativement. Le front d'onde du coup de retour, front d'onde ionisant de champ électrique intense, porte le potentiel du sol vers le haut, le long du canal conducteur segmenté. Le front d'onde du coup de retour se propage vers le haut en 70µs pour les 3 km admis séparant la base du nuage au sol (du tiers au dixième de la vitesse de la lumière). Le courant mesuré au sol atteint 10 à 20kA en quelques microsecondes

(valeur de pointe) et tombe de moitié entre 20 et 60μs. Des courants de l'ordre de quelques centaines d'ampères peuvent encore s'écouler pendant plusieurs millisecondes.

Le tonnerre est probablement la conséquence de la formation d'une onde de choc produite par l'expansion de l'air dans le canal résultant d'une forte augmentation de la température au moment du coup de retour, l'expansion se manifestant à des vitesses supersoniques. La température du canal, mesurée par des techniques spectroscopiques en fin de phase de l'onde de choc, est voisine de 30 0000°K.

Le processus de l'éclair peut se terminer une fois que le courant de retour a cessé de s'écouler. En revanche, si des charges supplémentaires sont encore disponibles à l'extrémité supérieure du canal, des coups de retour additionnels sont fréquents. Dans ce cas, en moins de 100ms après le premier coup de retour, de nouvelles charges sont amenées d'une traite du nuage au sol par le même canal du coup de retour (dart leader). Ce processus prépare le prochain coup de retour. Le nombre maximum de coup de retour observé est de 26. Un éclair, compte tenu de l'ensemble des processus énoncés, peut s'étendre sur 0,2s.

Il existe d'autres formes d'éclairs, telles que les éclairs en boule, en chapelet, ramifiés vers le haut etc. La forme décrite ci-avant est la plus fréquente.

Circuit électrique global, implication solaire

Entre la surface de la terre et les couches élevées de l'atmosphère, considérées comme un bon conducteur, existe une différence de potentiel de quelque 250kV. L'isolation entre les deux bornes du condensateur sphérique est pauvre en raison de la présence des ions, leur déplacement donnant lieu à un courant de quelque 1500A entre l'ionosphère et la terre. Les orages sont les générateurs principaux, qui considérés dans leur ensemble, entretiennent le courant de perte de 1500A en produisant un courant contraire terre-ionosphère chargé de maintenir l'équilibre du circuit global.

Comme la superficie des orages fortement électrifiés ne représente que le 0,1 % de la surface terrestre, le courant de charge de générateur global s'écoule vers l'ionosphère à travers une résistance importante de 10^5 à 10^6 ohms qui fonctionne comme une valve régularisant à la fois le potentiel ionosphérique et l'intensité du champ électrique terrestre. Le courant de conduction vertical au-dessus d'un cumulonimbus sort essentiellement des tourelles du nuage. Le courant de retour dans les régions dépourvues de nuages est supposé passer à travers de nombreuses résistances verticales parallèles. La résistance globale du courant de retour est donc relativement faible, de l'ordre de 150 ohms. La trajectoire du courant de retour aboutit sous le générateur par la terre qui est un conducteur. Des champs électriques intenses sous les cumulonimbus provoquent une ionisation de pointe à la surface de la terre. Les ions ainsi produits augmentent la conductivité immédiatement sous le cumulonimbus et leur transport vers le nuage par les mouvements ascendants donne une contribution non négligeable au courant total.

Une intensification de l'ionisation au-dessus du cumulonimbus provoque une augmentation du flux de charges du sol vers le nuage, donc de l'électrification du cumulonimbus.

Le rayonnement cosmique galactique primaire frappant les molécules d'air dans la thermosphère et le rayonnement galactique secondaire dans la stratosphère sont responsables de l'ionisation atmosphérique. L'activité solaire spontanée module parfois le rayon-

nement galactique. Le rayonnement galactique varie de manière inverse avec le cycle solaire de 11 ans. Une atténuation de ce rayonnement, d'une durée parfois de plusieurs jours, est observée dès l'apparition des facules solaires.

La modulation de la basse stratosphère par le flux solaire au-dessus d'un orage, conduit à une rétroaction positive du générateur du circuit global, et à une mise en valeur du processus par lequel les variations de l'activité solaire influence le champ électrique terrestre.

Quelques références

BARRY, J.D.: Ball lightning and bead lightning, extreme forms of atmospheric electricity. Plenum Press: New York and London 1980.

FEDERER, B.: Formation des précipitations – modèles de nuages. Dans: «La Physique du Milieu Naturel», 23e Cours de Perfectionnement de l'Association Vaudoise des Chercheurs en Physique, Zermatt, 8 au 14 mars 1982, 89–104.

ISRAEL, H.: Atmospheric electricity I + II. Keter Press: Jérusalem 1973.

MAGONO, C.: Thunderstorms. Developments in atmospheric science *12*. Elsevier: Amsterdam 1980.

MARKSON, R.: Solar modulation of atmospheric electrification and possible implication for sun-weather relationship. Nature *273*, 103–109 (1978).

– –, and MUIR, M.: Solar wind control of the earth electric field. Science *208*, 979–990 (1980).

RIEKER, J.: Electricité atmosphérique – physique des orages. Dans: «La Physique du Milieu Naturel», 23e Cours de Perfectionnement de l'Association Vaudoise des Chercheurs en Physique, Zermatt, 8 au 14 mars 1982, 151–168.

SINGER, S.: The nature of ball lightning. Plenum Press: New York and London 1971.

UMAN, M.A.: Lightning. McGraw-Hill: Maidenhead 1969.