

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE TECHNIQUES AVANCÉES

**ÉLÉMENTS
DE MÉTÉOROLOGIE**

P. QUENEY

MASSON & CIE

COLLECTION DE L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE
DE TECHNIQUES AVANCÉES

INSTITUT
FÜR METEOROLOGIE U. KLIMATOLOGIE

DER TECHN. UNIVERSITÄT

3 MANNHOVER • HERRENHAUSER STR. 8

851 2249

ÉLÉMENTS DE MÉTÉOROLOGIE

par

P. QUENEY

Professeur à l'Université de Paris VI
Directeur du Laboratoire de Météorologie Dynamique
du Centre National de la Recherche Scientifique

MASSON et Cie, Éditeurs

120, bd Saint-Germain, Paris VI^e

1974

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	IX
Introduction	1
La météorologie avant l'invention du baromètre	1
Progrès antérieurs à toute organisation internationale	2
Edification d'une organisation internationale	5
Premier essor de l'aérologie	6
Développement consécutif à la première guerre mondiale	6
Essor de la météorologie dynamique et progrès récents	8
Tableau récapitulatif de l'histoire de la météorologie	10
Situation actuelle de la météorologie et conclusion	10
CHAPITRE PREMIER. — Observations météorologiques courantes	14
Unités et valeurs de référence	14
Généralités sur les observations au sol	16
Emplacement des stations et des instruments	17
Exécution des observations et choix des instruments	18
Pression atmosphérique au sol	18
Baromètres à mercure	19
Baromètres anéroïdes	22
Température et humidité de l'air près du sol	23
Instruments utilisés	23
Abris météorologiques	25
Température de la mer près de la surface	27
Direction et vitesse du vent près du sol	27
Instruments anémométriques	30
Estimation de la vitesse du vent	32
Précipitations	33
Éléments pluviométriques	33
Pluviomètres ordinaires	35
Pluviomètres enregistreurs	36
Mesure des chutes de neige	37
Nuages et météores	38
Classification et nomenclature des nuages	38
Description de l'aspect du ciel	42
Estimations quantitatives relatives aux nuages	49
Nomenclature et description des météores	51
Visibilité horizontale	55
Observations accessoires au sol	56
Durée d'insolation	56
Rayonnement solaire	56
Évaporation	57
Température du sol	58
Sondages aérologiques	58
Radiosondages	58
Sondages de vent	60
Sondages par fusées	62
Satellites météorologiques	63
Mouvement des satellites artificiels	64

Développement des techniques	67
Caractéristiques des satellites proches	68
Conclusions générales sur les observations météorologiques	72
CHAPITRE II. — <i>Structure générale de l'atmosphère</i>	73
L'atmosphère et son environnement	73
Propriétés du milieu interplanétaire	73
Atmosphère proprement dite et exosphère	75
Propriétés de l'exosphère	76
Echanges entre l'atmosphère et le milieu interplanétaire	77
Stratification de l'atmosphère	77
Densité et pression : Décroissance verticale	78
Température : Variation verticale	80
Caractéristiques générales ; régions thermiques	80
Effets de latitude	82
Anomalies diverses	83
Historique	84
Composition de l'atmosphère	86
Air sec dans la troposphère	86
Air sec dans la stratosphère et la mésosphère	88
Variabilité particulière du gaz carbonique	89
Répartition de l'ozone atmosphérique	93
Répartition de l'eau atmosphérique	95
Composition de l'hétérosphère et données complémentaires	101
CHAPITRE III. — <i>Thermodynamique de l'atmosphère</i>	105
Généralités sur la thermodynamique des gaz	105
Conventions adoptées	105
Symboles utilisés et valeurs des constantes	106
Lois des gaz parfaits	107
Thermodynamique de l'air non nuageux	110
Cas de l'air sec normal	110
Cas de l'air humide non nuageux	114
Thermodynamique de l'eau atmosphérique	118
Evaporation de l'eau dans l'air ; humidité relative	118
Chaleurs latentes	121
Condensation de la vapeur d'eau atmosphérique	122
Formation de la glace dans l'atmosphère	128
Structure des nuages et formation des précipitations	128
Mesure des grandeurs hygrométriques	129
CHAPITRE IV. — <i>Approximation hydrostatique</i>	133
Rappel de notions de mécanique	133
Forces d'inertie en général	133
Pesanteur et force de marée	135
Généralités sur l'équilibre hydrostatique	140
Applications de l'équation hydrostatique	142
Variation verticale de p déduite de celle de T'	142
Réduction de la pression au niveau de la mer	143
Atmosphère standard	144
Altimétrie barométrique ; altimètres	146
Altimétrie aérologique	147
Variation de la température de l'air dans les mouvements verticaux	148
Notion de stabilité hydrostatique et applications	152
Critères de stabilité hydrostatique	152

Horizontalité approximative des mouvements de grande échelle dans l'homosphère	155
Formation des nuages de convection et des orages	155
Emploi des diagrammes thermodynamiques	157
CHAPITRE V. — <i>Phénomènes radiatifs</i>	160
Généralités sur les rayonnements électromagnétiques	160
Paramètres spectraux	161
Paramètres énergétiques	161
Action d'un milieu matériel sur une radiation	163
Modifications moléculaires associées à l'absorption des radiations	165
Rayonnement purement thermique	167
Valeurs des constantes intervenant dans la théorie du rayonnement électromagnétique	171
Rayonnement solaire	172
Structure avant l'entrée dans l'atmosphère	172
Modifications dans l'atmosphère et effets correspondants	174
Rayonnement solaire parvenant au sol	188
Modifications du rayonnement solaire par le sol	191
Rayonnement tellurique	194
Propriétés générales	194
Effets thermiques au sol	196
Effets thermiques dans l'atmosphère	200
Détermination théorique des flux verticaux	201
Sondages radiométriques de l'atmosphère	202
Bilans radiatifs du sol et de l'atmosphère	202
CHAPITRE VI. — <i>Hydrodynamique de l'atmosphère</i>	206
Généralités	206
Mouvements d'ensemble et turbulences	207
Echanges par turbulence	208
Lois des échanges verticaux	209
Lois classiques pour les échanges par agitation moléculaire	209
Généralisation des lois précédentes	211
Force géostrophique	215
Propriétés générales	215
Approximation géostrophique	216
Classification d'après l'échelle horizontale	222
CHAPITRE VII. — <i>Mouvements de petite ou moyenne échelle</i>	224
Turbulence de petite échelle	224
Effets statistiques : variation diurne des grandeurs météorologiques dans les basses couches	226
Convection associée aux cumulus	228
Ondes de relief	229
Brises thermiques	232
Brises côtières	232
Brises de pente	233
Convection orageuse	233
Mouvements orographiques	234
CHAPITRE VIII. — <i>Mouvements de grande échelle</i>	237
Circulation générale : Description	237
Répartitions méridiennes moyennes	238
Propriétés de la circulation générale entre 3 et 20 km	253
Propriétés de la circulation générale au-dessous de 3 km	259

Systèmes cycloniques	264
Perturbations extratropicales	264
Perturbations tropicales	273
Aérojets (jet streams)	277
Théories de la circulation générale	279
Macroturbulence et forces de Rossby	280
Schéma d'une théorie de la circulation générale moyenne	282
Rôle déterminant des zones tempérées	284
Conséquences d'ordre thermodynamique	284
Causes des variations de la circulation générale	285
Marées atmosphériques	286
Considérations sur la prévision du temps	288
Bibliographie	291
Index des auteurs et des matières	295