

Table des matières

Prologue.....	1
1. L'atmosphère au repos.....	5
1. Structure de l'atmosphère.....	7
2. Composition de l'atmosphère.....	13
3. Propagation des ondes dans l'atmosphère.....	21
3.1. Le son.....	21
3.2. La lumière.....	22
4. Thermique de l'atmosphère.....	28
Conclusion.....	34
2. L'atmosphère en mouvement.....	35
1. Circulation atmosphérique aux grandes échelles.....	37
1.1. Les alizés, la cellule de HADLEY et le <i>jet stream</i>	37
1.2. Cellules polaires et cellule de FERREL.....	44
2. Dépressions atmosphériques et cyclones.....	45
2.1. Formation et sens de rotation des dépressions atmosphériques.....	45
2.2. Structure quasi-bidimensionnelle des dépressions.....	54
2.3. Transit et énergie des dépressions.....	61
3. Phénomènes périodiques dans l'atmosphère.....	65
3.1. Les moussons.....	66
3.2. La cellule de WALKER.....	68
3.3. Vents thermiques, vents catabatiques et vents anabatiques.....	68
3.4. Ciels pommelés et ondes de relief.....	72
Conclusion.....	74
3. Les caprices de l'atmosphère.....	77
1. Naissance et évolution des orages et des tornades.....	79
1.1. Dynamique des formations orageuses.....	79
1.2. Formation des tornades.....	82
2. Signatures sonores et lumineuses des orages.....	89
2.1. Les éclairs.....	90
2.2. Le tonnerre.....	95
2.3. Les lueurs de la haute atmosphère.....	96
2.4. L'arc en ciel.....	98

3. Les diverses précipitations	100
4. Comment les prévisions météorologiques sont-elles élaborées ?	108
Conclusion	110
4. Plus lourds que l'air, comment peuvent-ils voler ?	113
1. Portance et traînée	115
1.1. La portance expliquée par le bilan des pressions	115
1.2. Présence d'un tourbillon autour d'une aile volante	118
2. Pourquoi les avions sont-ils aussi bruyants ?	126
3. Onde de choc et mur du son	129
Conclusion	132
5. La mer tranquille	133
1. La mer au repos	135
1.1. Premier aperçu panoramique	135
1.2. Pression, température et salinité des mers	138
1.3. La mer n'est ni plate ni ronde	143
2. Le son et la lumière dans l'eau de mer	146
3. La remarquable stabilité des navires	148
4. La circulation océanique globale	152
Conclusion	156
6. La mer qu'on voit danser	159
1. Les marées	161
2. Le phénomène <i>El Niño</i>	167
3. La houle et les vagues	170
3.1. Pourquoi et comment les vagues se propagent-elles ?	170
3.2. L'étonnante diversité des vagues	175
3.3. Vaguelettes et instabilités convectives sous la banquise	182
Conclusion	184
7. Fleuves et rivières	187
1. Les principales propriétés des grands fleuves	189
1.1. Longueur, profondeur et distribution de vitesse	189
1.2. Le régime uniforme	191
1.3. Les régimes non-uniformes	193
2. Courbes et méandres	201
3. Chutes et cascades	204
Conclusion	206

8. Lacs, retenues et grands ouvrages	207
1. Des marais aux retenues hydroélectriques.	209
2. Les grands barrages : adaptation au site et équilibre	215
3. L'aménagement des grands fleuves.	220
4. Structure générale d'un aménagement hydroélectrique	224
4.1. Haute chute dans un massif montagneux	224
4.2. Chute de hauteur moyenne.	228
4.3. Installations de basse chute	229
4.4. Autres aménagements.	230
5. Les grands ouvrages portuaires.	231
Conclusion.	235
Epilogue	237
1. Quelles inquiétudes et sur quoi sont-elles fondées ?	239
1.1. Pollution de l'air	240
1.2. Pollution du milieu marin	242
1.3. Ressource en eau douce	244
2. Pour conclure notre promenade	245
Annexe - Instabilités et turbulence	247
1. Apparition soudaine d'un mouvement	250
1.1. Instabilité de RAYLEIGH-BÉNARD	250
1.2. Instabilité de RAYLEIGH-TAYLOR	253
2. Instabilité des interfaces cisillées ou instabilité de KELVIN-HELMHOLTZ	256
3. Autres structures tourbillonnaires courantes	260
4. Transition vers la turbulence	263
4.1. Apparition de la turbulence dans les écoulements non confinés	263
4.2. Transition vers la turbulence dans les écoulements en conduites	265
4.3. Autres modes d'excitation de la turbulence	266
5. Turbulence pleinement développée.	267
5.1. La turbulence des écoulements les plus courants	267
5.2. La turbulence atmosphérique à grande échelle	268
5.3. La cascade inverse d'énergie en turbulence bidimensionnelle	272
Conclusion.	275
Glossaire	277
Index	297



Prologue

*Le commencement de toutes les sciences,
c'est l'étonnement de ce que les choses sont ce qu'elles sont.*

(ARISTOTE)







L'air et l'eau sont les deux fluides essentiels à la vie. Depuis les premiers apprentissages de notre enfance, ils nous sont devenus tellement familiers que chacun croit les connaître. Et pourtant, qu'il est difficile d'en prédire le comportement, combien de questions se heurtent aux limites de nos connaissances ! Peut-on expliquer avec précision le vent, les orages et les tempêtes ? Pourquoi pleut-il ici et non pas là ? L'été prochain sera-t-il caniculaire ou, au contraire, fort agréable ? La mer sera-t-elle belle ou démontée ? D'où viennent donc ces vagues qui, sans cesse, viennent s'abattre sur nos rivages ?

Les ingénieurs et techniciens en formation, amenés à visiter de grands aménagements hydrauliques, portuaires ou aéroportuaires, ont l'occasion d'exercer leur regard sur ces milieux fluides toujours en mouvement. En comprenant de mieux en mieux l'origine des phénomènes, ils admirent de plus en plus le prodigieux spectacle de cette nature animée. Progressivement, leur intérêt croît et, en retour, leur compréhension des phénomènes cultive chez eux un réel désir de maîtriser les outils qui permettent de les analyser. En dehors des milieux scientifiques et techniques, cette attitude réjouit aussi tous les visiteurs de ces sites spectaculaires. Leurs accompagnateurs, habitués à expliquer la puissance d'une chute d'eau sans équation ni concept abstrait, sont amenés à les guider dans une démarche qui implique de regarder, voire d'observer, ce qui engage beaucoup plus et apprend bien davantage que de simplement voir.

Qu'il s'agisse de l'air ou de l'eau, la promenade proposée au lecteur commence par une présentation du milieu supposé au repos, puis se poursuit par l'examen de ses pulsions incessantes et difficilement prévisibles. D'abord centré sur les plus grandes échelles, celles de la planète entière, cet itinéraire mène ensuite vers des structures de moins en moins grandes, comme celles des dépressions atmosphériques, des nuages, de la pluie, ainsi que celles des marées et des vagues. Il conduit aussi le long de l'immense réseau de cours d'eau qui drainent et irriguent les continents, et donne l'occasion d'admirer de magnifiques ouvrages, comme les barrages construits au fil de l'eau, et de s'interroger à propos de leur impact sur les territoires voisins. L'idée centrale de ce livre consiste donc à observer des phénomènes naturels et à proposer des explications relativement simples adressées à un large public soucieux de son environnement.

La majeure partie du texte est accessible à des lecteurs ne disposant pas de connaissances plus avancées que celles du baccalauréat scientifique, pour qui des grandeurs comme la température du fluide, ou la pression au sein de ce milieu, sont déjà familières. Toutefois, l'explication de certains phénomènes requiert l'usage de

