

TABLE DES MATIERES

<i>Remerciements</i>	7
<i>Préface du Professeur René MOREAU, Membre de l'Institut</i>	9
<i>Chapitre I - Introduction</i>	11
1. A la rencontre de la turbulence	11
2. Turbulence, imprévisibilité et chaos	22
2.1. L'imprévisibilité	22
2.2. Mélange	26
<i>Chapitre II - Mécanique des fluides élémentaire</i>	29
1. D'Isaac Newton à Lord Kelvin	29
1.1. Principes fondamentaux	30
1.2. Fluide Newtonien	31
1.2.1. Dissipation et irréversibilité	34
1.2.2. Entropie	35
1.3. Transport et non-linéarité	37
1.4. Tourbillon et vorticité	38
2. Les principes de Bernoulli	41
3. Nombre de Reynolds	45
3.1. Du laminaire au turbulent	45
3.1.1. Ecoulement de Poiseuille	45
3.1.2. Ecoulement de Couette	48
3.1.3. Couche limite	49
3.1.4. Couche de mélange	50
3.2. Similitude	52
<i>Chapitre III - Instabilités et tourbillons, naissance de la turbulence</i>	55
1. Spirales de Kelvin-Helmholtz	55
1.1. Critère de stabilité de Lord Rayleigh	57
1.2. Equation d'Orr-Sommerfeld	58
1.3. Simulation numérique bidimensionnelle	59
1.4. Tourbillons et dépression	65

1.5. Appariements et dipôles	66
2. Les allées tourbillonnaires de von Karman	67
3. Tourbillons longitudinaux	73
3.1. Filaments tourbillonnaires	73
3.2. Tourbillons en épingle à cheveux.....	74
4. Effets de gravité.....	79
4.1. Convection thermique	79
4.2. Instabilités de double diffusion	83
4.3. Stratification stable.....	85
4.4. Les ondes de relief.....	86
4.4.1. Nombre de Richardson.....	86
4.4.2. L'effondrement gravitationnel de la turbulence.....	87
Chapitre IV - La turbulence développée	89
1. Retour vers la transition	89
2. La théorie de Kolmogorov	90
2.1. Les objets fractals.....	96
2.2. L'échelle de Kolmogorov	99
3. Dispersion et diffusion turbulentes.....	100
3.1. Loi de Richardson.....	100
3.2. Diffusion cohérente et incohérente.....	100
3.3. Turbulence en amortissement libre.....	102
4. Tourbillons cohérents.....	104
4.1. Couche de mélange	104
4.2. Tourbillons longitudinaux secondaires	106
4.3. Couche limite.....	107
4.4. Turbulence isotrope tridimensionnelle.....	110
4.5. Dislocations et défauts.....	113
5. Turbulence bidimensionnelle	117
5.1. Tourbillons bidimensionnels	118
5.2. Turbulence bidimensionnelle : point de vue statistique	120
5.2.1. Cascade d'enstrophie.....	120
5.2.2. Cascade inverse d'énergie.....	123
5.2.3. Dispersion à deux dimensions.....	125
Chapitre V - Modélisation et simulation numériques	127
1. Turbulence et équation de Navier-Stokes.....	127

TABLE DES MATIERES

2. Les contraintes turbulentes de Reynolds.....	129
3. Viscosité turbulente.....	132
3.1. Longueur de mélange de Prandtl.....	132
3.2. Le modèle $K - \epsilon$	134
4. Les modèles spectraux de la turbulence isotrope.....	135
5. Les grands enjeux du calcul scientifique.....	140
5.1. Méthodes numériques des simulations directes.....	141
5.2. Calculateurs vectoriels et parallèles.....	147
5.2.1. Le calcul séquentiel.....	147
5.2.2. Le calcul vectoriel.....	148
5.2.3. Le calcul parallèle.....	148
5.2.4. Les réseaux.....	150
5.3. Simulation des grandes échelles.....	151
6. La modélisation industrielle : passé et futur.....	153
Chapitre VI - Turbulence aérodynamique	155
1. Introduction.....	155
2. Ondes sonores et chocs.....	160
2.1. Ondes sonores.....	160
2.1.1. Effet Doppler.....	162
2.2. Chocs.....	162
2.2.1. Chocs supersoniques et sillages.....	165
2.2.2. Dépôt de vorticité sur une interface.....	166
3. Aérodynamique subsonique.....	167
4. Aérodynamique supersonique et hypersonique.....	173
4.1. Couche de mélange compressible.....	173
4.2. Couche limite compressible.....	178
4.3. L'avion spatial Hermès.....	180
5. Contrôle de turbulence.....	184
Chapitre VII - Fluides de l'environnement	189
1. Introduction.....	189
2. Atmosphère terrestre.....	189
2.1. La circulation de Hadley.....	190
2.1.1. Les alizés.....	190

2.2. Hautes et moyennes latitudes	192
2.2.1. Equilibre géostrophique.....	193
2.2.2. Le vent thermique.....	195
2.2.3. Conservation de la vorticité potentielle.....	197
2.2.4. Instabilité barocline	200
2.2.5. Avez-vous déjà vu des tempêtes anticycloniques ?.....	202
2.2.6. Turbulence géostrophique	202
2.3. Les cyclones tropicaux.....	204
2.4. Pourquoi le sillage de La Soufrière est-il asymétrique ?	205
2.5. Retour sur l'instabilité barocline	212
2.6. Les tornades	212
3. Circulation océanique.....	215
3.1. Circulation moyenne dans les bassins.....	215
3.2. Les tourbillons océaniques	217
3.3. Les upwellings et El Nino	218
4. Géophysique interne	221
5. Jupiter.....	222
Chapitre VIII - Conclusion	225
1. L'imprévisibilité.....	225
2. Le mélange	227
3. Tourbillons et instabilités.....	228
4. Simulations et modélisations numériques.....	232
5. Turbulence et philosophie.....	235
Bibliographie	239
Index	247
Table des matières	259