

FINANCE

FINANCE

Thierry RONCALLI

La Gestion d'Actifs Quantitative

ECONOMICA

ECONOMICA

La convergence de la gestion alternative et de la gestion traditionnelle, d'une part, l'émergence de la gestion quantitative, d'autre part, reflètent la profonde mutation de la gestion d'actifs. Ce livre propose d'aborder ces différents thèmes, tous fondés sur le contrôle du risque et les modèles d'allocation d'actifs.

Cet ouvrage offre un panorama des différentes modalités de la gestion quantitative, allant de la gestion indicielle à la gestion hedge funds en passant par les gestions structurée, diversifiée, profilée ou de performance absolue. L'ouvrage présente également les différentes stratégies quantitatives que sont les stratégies de réplcation, d'allocation, d'options, de volatilité, d'arbitrage ou encore les stratégies *trend following et mean reverting*. Il montre en particulier comment l'optimisation de portefeuille, l'économétrie financière et les stratégies de gestion s'emboîtent pour former une stratégie quantitative. Il contient de nombreuses illustrations et exemples portant sur les différentes classes d'actifs (actions, taux d'intérêt, change et matières premières).

Ce livre s'adresse aux étudiants de master, qui veulent devenir des « quants » et travailler dans la finance quantitative, et aux professionnels qui cherchent à mieux comprendre les modèles mathématiques et statistiques utilisés dans la gestion d'actifs.

*

* *

Docteur en sciences économiques, Thierry RONCALLI est responsable de l'équipe Recherche & Développement chez Lyxor Asset Management. Il est également professeur associé d'économie à l'Université d'Évry. Préalablement, il fut responsable de l'équipe Stratégies d'Investissement chez SGAM Alternative Investments, responsable Risk Analytics du Groupe de Recherche Opérationnelle de Crédit Agricole S.A., Research Fellow au Financial Econometric Research Centre de la Cass Business School et membre du Laboratoire d'Analyse et de Recherche économique de l'Université de Bordeaux. Il a publié de nombreux articles de finance et d'économie, il est également l'auteur de La Gestion des Risques Financiers paru en 2009 chez Economica.

ISSN 1778-4492
ISBN 978-2-7178-5956-0
49 €



9 782717 859560

3654
1486
5461
1654
8641
6589
4564
+685
9865
4165
789+
6+56
4654
+659/
-
8*/96
+615
4894
8651
3216
5749
8421
4654
8974
8954
6574
8957
4896
5418
9541
6574
8954
1654
1854
1958
7416
5418
9574
1748
57-
4566
8754
+9-
1486
5461
1654
8641
6589
4564
+685
9865
4165
789+
6+56
4654
+659/
-

354698467
@54544544
46545412
24564894
4654154
4153121
115314
45-
154+9
4*631
8744
4565
454
545
77
65
4
8
74896
51486
54611
65486
41658
94564
+6859
86541
65789
+6+56
4654+
659/-
8*/96+
61548
94865
13216
57498
42146
54897
48954
65748
95748
96541
89541
5748
5416
4185
985
165
895
74
-
8
7

La Gestion d'Actifs Quantitative

Thierry RONCALLI

Préface de Alain DUBOIS

Table des matières

Remerciements	5
Préface	7
Introduction générale	9
L'industrie de la gestion d'actifs	9
La réglementation	17
Les différents styles de gestion.....	26
La gestion quantitative	32
Plan du livre	41

Première partie

Les outils mathématiques

Chapitre 1 – La construction d'un backtest	47
1. Calcul de la trajectoire d'un panier de stratégies	47
1.1. Les stratégies financées	47
1.2. Les stratégies non financées	50
2. Prise en compte des frais de gestion	51
3. Couverture d'une position de change.....	55
4. Les effets de levier.....	56
5. Le reporting d'un backtest.....	58
5.1. Les mesures de rentabilité	59

5.2.	Les mesures de risque	61
5.2.1.	La volatilité.....	62
5.2.2.	La valeur en risque	64
5.2.3.	La fonction de perte maximale	64
5.3.	Les mesures de performance ajustée du risque	65
5.3.1.	Les ratios de Sharpe et d'information	65
5.3.2.	La prise en compte de l'asymétrie et des risques extrêmes	67
5.4.	Un exemple.....	69
Chapitre 2 – Les méthodes d'optimisation		73
1.	La programmation linéaire	74
1.1.	L'algorithme du simplexe	74
1.2.	La méthode des points intérieurs	76
1.3.	Application à la régression quantile.....	76
1.3.1.	Formulation du problème.....	76
1.3.2.	Écriture du problème sous forme LP	77
1.3.3.	Extension à l'estimation non paramétrique	77
1.3.4.	Application à l'estimation du skew bêta ...	78
2.	La programmation quadratique	78
2.1.	Spécification d'un programme quadratique	78
2.1.1.	Définition.....	78
2.1.2.	Quelques exemples	81
	La pondération sous la contrainte de poids maximum	81
	L'interpolation quadratique	82
2.2.	Application à la régression de style	84
2.2.1.	Les MCO sous contraintes linéaires	84
2.2.2.	La régression de style.....	86
2.3.	Application au portefeuille de variance minimale....	90
2.3.1.	Résultats théoriques	90
2.3.2.	Un exemple	92
2.3.3.	Construction d'un portefeuille diversifié et de faible volatilité	93
2.4.	Problème d'allocation de Markowitz.....	94
2.4.1.	La problématique	94
2.4.2.	Le phi-problème d'allocation	95
2.4.3.	Extension aux mu- et sigma-problèmes d'allocation	97
2.4.4.	Portefeuille de marché et ratio de Sharpe .	98
2.5.	Construction d'un portefeuille long/short avec contrôle de volatilité.....	100
2.6.	La gestion indicielle actions	103
2.6.1.	La gestion indicielle tiltée	103
2.6.2.	Ratio d'information et portefeuilles ef- ficients.....	104

	2.6.3.	La technique de l'échantillonnage.....	108
	2.6.4.	Les stratégies 130/30	109
	2.7.	Prise en compte des coûts de transaction	114
3.		L'optimisation non linéaire	119
	3.1.	Résolution d'équations non linéaires.....	119
	3.1.1.	Une seule équation	119
		L'algorithme de la bi-section.....	119
		L'algorithme de Newton-Raphson.....	120
	3.1.2.	Plusieurs équations	120
	3.2.	Les algorithmes numériques d'optimisation non linéaire.....	122
	3.2.1.	Présentation des algorithmes	122
	3.2.2.	Application à la théorie de l'utilité.....	123
	3.3.	La prise en compte de contraintes linéaires d'égalité	125
	3.4.	Le principe de la programmation quadratique séquentielle	126
	3.5.	Allocation stratégique sous contraintes de bud- get de risque	128
	3.5.1.	La décomposition de Euler.....	128
	3.5.2.	Le problème d'optimisation.....	129
	3.5.3.	Un exemple	129
	3.6.	La construction de portefeuilles diversifiés.....	130
	3.6.1.	Le portefeuille équi-pondéré	130
	3.6.2.	Le portefeuille ERC	132
	3.6.3.	Le portefeuille MDP	133
	3.6.4.	Comparaison des différents portefeuilles ...	134
	3.6.5.	Une application numérique	134
	3.7.	Exemples de problèmes inverses.....	136
	3.7.1.	Définition.....	136
	3.7.2.	Portefeuilles d'équilibre et rendements espérés implicites.....	136
	3.7.3.	Le modèle de Black-Litterman.....	138
		Modélisation des vues du gérant.....	138
		Solution du modèle	138
		Implémentation du modèle	140
		Un exemple	141
4.		La programmation dynamique	143
	4.1.	L'approche de Bellman	144
	4.1.1.	Le principe d'optimalité de Bellman	144
	4.1.2.	Le contrôle optimal déterministe.....	146
	4.1.3.	Le contrôle optimal stochastique.....	148
	4.1.4.	Extension au cas multi-dimensionnel	150
	4.1.5.	L'approche par martingale	151
	4.2.	L'optimisation dynamique de portefeuille.....	153
	4.3.	Quelques extensions du modèle de Merton	155
	4.3.1.	L'approche <i>liability-driven investment</i>	157

4.3.2.	Les fonds profilés.....	160
4.3.3.	La prise en compte du cycle de vie.....	164
	Les fonds Target Date	165
	Les modèles théoriques	167
Chapitre 3 – Les méthodes numériques		169
1.	L'algèbre linéaire	170
1.1.	Les méthodes de décomposition.....	170
1.1.1.	Décomposition en valeurs propres	170
	Définition	170
	Application à la simulation d'un vecteur gaussien.....	171
	Relation avec la décomposition en valeurs singulières	172
	L'analyse en composantes principales	173
1.1.2.	La décomposition Schur	176
	Définition	176
	Les fonctions matricielles	177
	Modélisation markovienne des systèmes de notation des fonds d'investis- sissement	179
1.1.3.	La décomposition QR	184
	Définition	184
	Détermination de relations quasi linéaires	185
1.2.	Les matrices bandes et creuses	187
1.2.1.	Définition.....	187
1.2.2.	L'algorithme tridiagonal	188
1.2.3.	Les moindres carrés flexibles	189
2.	Les méthodes d'approximation	191
2.1.	Approximation d'un simplexe.....	191
2.2.	Les fonctions splines cubiques	194
2.3.	Approximation d'une matrice définie positive	196
2.3.1.	Calcul de la matrice de covariance la plus proche.....	197
2.3.2.	Calcul de la matrice de corrélation la plus proche.....	199
2.4.	L'intégration numérique	200
2.4.1.	Les méthodes des trapèzes et de Simpson ..	200
2.4.2.	La méthode des quadratures	201
	Le principe	201
	Calcul des poids et des nœuds	204
	Extensions	206
2.4.3.	Application à la valorisation d'options exotiques	206
2.5.	La résolution d'équations différentielles ordinaires ..	208

2.5.1.	Résolution numérique d'un problème de Cauchy	208
2.5.2.	Extension à des problèmes non Cauchy	211
	Ordre supérieur à 1	211
	Problème avec des conditions terminales.....	213
2.5.3.	Quelques applications	214
	Comportement asymptotique des systèmes dynamiques	214
	Un modèle de structure par terme à trois facteurs	217
	Modélisation d'un schéma de Ponzi	218
2.6.	La méthode des différences finies	221
2.6.1.	Le cas des edp linéaires paraboliques à une dimension.....	221
	Schéma de discrétisation dans l'espace	222
	Schéma de discrétisation dans le temps	222
	La méthode des θ -schémas	223
	Les différents algorithmes numériques	223
	L'intégration de conditions aux bornes	225
2.6.2.	Extensions	226
	Le cas multi-dimensionnel	226
	Le cas non linéaire	226
2.6.3.	Quelques applications	227
	La structure par terme des taux d'intérêt	227
	L'équation de Fokker-Planck.....	227
3.	Les méthodes de simulation et de Monte Carlo	233
3.1.	Simulation de nombres aléatoires	233
3.1.1.	Simulation de nombres aléatoires uniformes	233
3.1.2.	La méthode de l'inversion	235
3.1.3.	La technique des transformations.....	236
3.2.	Simulation des processus de diffusion	237
3.2.1.	Les schémas exacts d'approximation.....	237
3.2.2.	Le schéma de Euler-Maruyama	238
3.2.3.	Les autres schémas d'approximation.....	242
3.2.4.	Simulation d'un pont brownien.....	242
3.3.	Simulation d'une matrice de corrélation	244
3.4.	La méthode de Monte Carlo	247
3.4.1.	Calcul d'une intégrale ou d'une aire	248
3.4.2.	Les techniques de réduction de variance ...	250
	L'utilisation de variables antithétiques	251
	Les autres techniques	253
3.4.3.	Les techniques de Quasi Monte Carlo	255

Deuxième partie

Les outils économétriques

Chapitre 4 – Les outils statistiques	261
1. Les différentes méthodes d'estimation.....	261
1.1. La régression linéaire	261
1.1.1. Les moindres carrés ordinaires.....	261
1.1.2. Application au calcul de l'alpha et du bêta	263
1.1.3. Extension aux moindres carrés pondérés ..	264
1.1.4. Extension à la régression robuste	265
1.2. Le maximum de vraisemblance.....	266
1.2.1. Définition de l'estimateur	266
1.2.2. Solution analytique.....	268
1.2.3. Le modèle linéaire et ses prolongements ...	269
1.2.4. L'estimation des paramètres des pro- cessus de diffusion	271
1.2.5. L'algorithme EM.....	273
1.3. La méthode généralisée des moments	275
1.3.1. La méthode classique des moments	276
1.3.2. Extension à la méthode généralisée des moments	277
1.3.3. Application aux modèles de valorisa- tion des actifs	278
1.3.4. Les variables instrumentales.....	279
1.3.5. Estimation des modèles ARCH.....	281
1.3.6. L'exemple des processus de diffusion.....	281
1.4. Les méthodes d'estimation basées sur les simulations	283
1.4.1. La méthode simulée des moments	283
1.4.2. L'inférence indirecte	287
1.4.3. Les méthodes MCMC	288
L'échantillonnage de Gibbs.....	289
L'approximation par grille.....	290
Les algorithmes de Metropolis-Hastings.....	292
1.5. L'estimation non paramétrique.....	293
1.5.1. L'estimation d'une densité par la méthode des noyaux	293
1.5.2. La régression non paramétrique	297
2. Modélisation de la dépendance statistique.....	298
2.1. Modélisation des matrices de covariance et de corrélation	299
2.1.1. L'estimateur du maximum de vraisem- blance	299
2.1.2. La prise en compte d'une structure de corrélation.....	300

2.1.3.	L'analyse factorielle	303
2.1.4.	Les méthodes de shrinkage.....	308
	L'estimateur Bayes-Stein.....	308
	Application de la théorie des matrices aléatoires	309
	Les méthodes de Ledoit et Wolf	310
2.2.	Les fonctions copules	312
2.2.1.	Définition et principales propriétés.....	312
2.2.2.	Les copules paramétriques	314
2.2.3.	Applications financières des fonctions copules	315
3.	Les réseaux de neurones artificiels et autres modèles sta- tistiques d'apprentissage.....	316
3.1.	Le perceptron et les réseaux de neurones multi- couches	318
3.1.1.	L'architecture du réseau	318
3.1.2.	L'apprentissage du réseau	319
	Formulation de la fonction de coût	322
	Les règles d'apprentissage	322
	La prise en compte de contraintes.....	324
3.1.3.	L'analyse d'un réseau.....	325
3.1.4.	Quelques applications	327
	L'opérateur xor	327
	Le problème T-C	330
	La classification.....	331
	La prévision.....	333
3.2.	Les cartes de Kohonen	334
3.3.	Le modèle MARS.....	336
Chapitre 5 – La modélisation des séries temporelles		339
1.	Les modèles ARMA.....	339
1.1.	Le cas du modèle VAR(1).....	339
1.2.	Extension aux modèles ARMA	340
2.	Les modèles à correction d'erreurs	342
2.1.	La notion de cointégration.....	342
2.2.	Les mécanismes à correction d'erreurs	344
2.3.	Tests et estimation des relations de cointégration ...	344
2.3.1.	Les tests de racine unité.....	345
2.3.2.	La méthode des moindres carrés	346
2.3.3.	La méthode du maximum de vraisemblance	347
3.	Les modèles espace-état	349
3.1.	Spécification et estimation d'un modèle espace-état	349
3.1.1.	Filtre de Kalman.....	349
3.1.2.	Extension au cas non linéaire	350
3.1.3.	Le lissage	351
3.2.	Quelques applications	351
3.2.1.	Les moindres carrés récursifs	351

3.2.2.	L'estimation des composantes inobservables	353
3.2.3.	L'estimation des modèles ARMA	355
3.2.4.	L'estimation du bêta alternatif	357
	Le concept de bêta alternatif	358
	Estimation des expositions factorielles par le filtre de Kalman	362
	L'exemple de réplication de l'indice HFRI....	365
4.	Les filtres particulières.....	370
4.1.	Échantillonnage préférentiel	371
4.2.	Calcul des poids pour les techniques SMC.....	371
4.3.	Quelques exemples	373
4.3.1.	La réplication d'allocation dynamique.....	373
4.3.2.	Un modèle non linéaire	375
5.	Les modèles à volatilité conditionnelle ou stochastique	376
5.1.	Les modèles ARCH et GARCH	378
5.1.1.	Spécification des modèles ARCH/GARCH	378
5.1.2.	Estimation des modèles ARCH/GARCH..	380
5.1.3.	Modélisation de l'indice S&P 500.....	381
5.2.	Les modèles à volatilité stochastique	383
5.2.1.	Estimation par la méthode du filtre de Kalman	383
5.2.2.	Estimation du modèle à volatilité stochastique canonique par MCMC	386
6.	L'analyse spectrale	395
6.1.	Définition de la densité spectrale	395
6.2.	Localisation dans le domaine des fréquences	396
6.3.	Quelques propriétés de la densité spectrale.....	398
6.3.1.	Processus indépendants	398
6.3.2.	Densités spectrales des différents modèles.	399
	Les modèles de type ARMA	399
	Les modèles structurels.....	401
6.4.	L'estimation dans le domaine spectral	405
6.4.1.	Le périodogramme.....	405
6.4.2.	La méthode d'estimation de Whittle.....	406
6.5.	Extension au cas multi-dimensionnel	409
6.6.	Quelques applications	411
6.6.1.	Comment tester si le processus est bruit blanc ?	411
6.6.2.	Les processus fractionnaires	411
	Définition et propriétés	411
	Densité spectrale et estimation	412
	Relation avec l'exposant de Hurst.....	416
6.6.3.	La détection et l'identification des cycles..	417
6.6.4.	L'extraction de composantes fréquentielles déterminées	418

6.6.5.	Le filtrage	422
7.	L'analyse en ondelettes	424
7.1.	La représentation temps-fréquence	424
7.2.	La transformée en ondelettes	425
7.2.1.	Les ondelettes	425
7.2.2.	La transformée en ondelettes discrète	427
7.2.3.	L'algorithme en cascade	427
7.2.4.	Les filtres miroirs en quadrature	428
7.2.5.	Un exemple	429
7.3.	Quelques applications	430
7.3.1.	Le filtrage	430
7.3.2.	Le débruitage	432
7.3.3.	Les processus de mémoire longue	434
7.3.4.	L'analyse de variance	437
7.4.	L'analyse en paquets d'ondelettes	438

Troisième partie

La gestion quantitative

Chapitre 6 – Les stratégies quantitatives		443
1.	La gestion structurée	443
1.1.	L'assurance de portefeuille.....	443
1.1.1.	L'approche OBPI	444
1.1.2.	La notion de coussin	446
1.1.3.	La méthode CPPI	448
1.1.4.	Optimalité de la gestion CPPI.....	451
1.1.5.	La méthode CPPI en pratique.....	452
1.2.	L'approche cœur-satellite	457
2.	Les stratégies optionnelles	461
2.1.	Dualité avec les stratégies de gestion	461
2.1.1.	Relation entre les stratégies systématiques de gestion et les stratégies de couver- ture d'options	461
2.1.2.	Le coût d'une stratégie de gestion	465
2.2.	Les stratégies de call et de put	468
2.2.1.	Description des stratégies	468
2.2.2.	Backtest des stratégies	471
2.3.	Les stratégies plus complexes	474
2.3.1.	La stratégie Covered Call	474
	Description de la stratégie.....	474
	Rationalité de la stratégie	475
	Valorisation de la stratégie en mark-to-market	477
	Les indices BXM et BXY	479
2.3.2.	La stratégie Bull Spread.....	480
	Description de la stratégie.....	480

	Rationalité de la stratégie	482
	Backtest de la stratégie.....	484
3.	Les stratégies de volatilité	484
3.1.	Relation avec les stratégies optionnelles	485
3.1.1.	Les options straddle.....	485
3.1.2.	Application à l'arbitrage court terme de la volatilité de change	487
3.2.	Les swaps de variance	489
3.2.1.	Mécanisme d'un swap de variance	491
3.2.2.	Valorisation du swap de variance	494
3.2.3.	Applications	498
	L'exposition à la volatilité.....	498
	L'arbitrage de volatilité	498
	L'arbitrage de maturité	500
	Le trading de dispersion et de corrélation	501
3.2.4.	L'indice VIX.....	504
	Construction de l'indice	505
	Applications	506
4.	Les stratégies d'arbitrage et de portage	507
4.1.	Le carry trade	509
4.1.1.	La parité couverte des taux d'intérêt	509
4.1.2.	La parité non couverte des taux d'intérêt .	509
4.1.3.	Description de la stratégie	510
4.1.4.	Exemples	511
4.2.	Les stratégies de taux d'intérêt.....	514
4.2.1.	Comprendre la structure par terme des taux.....	514
4.2.2.	La stratégie de roll-down	518
4.2.3.	Les stratégies de barbell	522
4.2.4.	Les autres stratégies de taux	525
4.3.	Les stratégies de crédit	526
4.3.1.	L'arbitrage de convertible	527
4.3.2.	L'arbitrage de mortgage	527
4.3.3.	L'arbitrage de spread de crédit	528
4.4.	La stratégie <i>equity market neutral</i>	528
4.4.1.	La philosophie de gestion.....	528
4.4.2.	La calibration des positions.....	530
5.	Les stratégies de momentum	533
5.1.	La stratégie <i>trend following</i>	534
5.1.1.	La fonction d'exposition	535
5.1.2.	Un exemple	537
5.1.3.	Profil optionnel d'une stratégie trend following	540
5.2.	La stratégie <i>mean reverting</i>	540
5.2.1.	Le modèle de Ornstein-Uhlenbeck	540
5.2.2.	Les modèles à correction d'erreurs.....	542

5.2.3.	Un exemple	543
5.3.	Les stratégies de momentum et l'hypothèse d'effici- ficiency des marchés.....	546
6.	Les stratégies <i>global macro</i>	546
6.1.	La rotation sectorielle	547
6.2.	L'allocation tactique.....	551
Chapitre 7 – Les outils de scoring		553
1.	La construction des scores	553
1.1.	Les méthodes d'élaboration des scores	553
1.1.1.	La méthode des rangs	554
1.1.2.	La méthode des probabilités.....	555
1.1.3.	La méthode des z-scores	556
1.1.4.	La normalisation d'un score	558
1.2.	L'agrégation de scores.....	559
2.	L'évaluation des scores.....	562
2.1.	L'entropie de Shannon	563
2.1.1.	Présentation générale.....	563
2.1.2.	Application au scoring	565
2.2.	Les outils graphiques	567
2.2.1.	La courbe de performance.....	568
2.2.2.	La courbe de sélection.....	568
2.2.3.	La courbe de discrimination	569
2.2.4.	Quelques propriétés	569
2.2.5.	Illustrations.....	570
2.3.	Les mesures statistiques de performance	572
2.3.1.	La statistique de Kolmogorov-Smirnov.....	572
2.3.2.	Les statistiques non paramétriques de corrélation.....	572
2.3.3.	Le coefficient de Gini	574
3.	Les méthodes d'apprentissage statistique	577
3.1.	Les méthodes de boosting.....	578
3.2.	Les méthodes de bagging.....	580
4.	Les outils de screening	580
4.1.	Le screening d'actions	581
4.2.	Le screening d'autres univers	583
Chapitre 8 – La gestion des risques		585
1.	Le risque de perte	586
1.1.	La définition de <i>stop loss</i>	586
1.2.	La gestion de l'exposition	589
2.	Le risque de simulation	592
2.1.	Les données	592
2.1.1.	La véracité des données.....	592
2.1.2.	Le biais de publication	594
2.1.3.	Le biais du survivant	595

2.2.	L'estimation historique des paramètres	595
2.3.	Le problème du rebalancement du portefeuille	596
3.	Le risque d'investissement	597
3.1.	La rotation du portefeuille.....	597
3.2.	La prise en compte de la liquidité	601
3.2.1.	L'impact sur les spreads bid-ask	601
3.2.2.	L'impact de marché.....	603
Conclusion générale		607
Annexe – Les instruments financiers		609
1.	Description générale des différents types de contrats.....	610
1.1.	Les titres au comptant	610
1.2.	Les produits dérivés	610
1.2.1.	Les contrats forward et futures	610
	Les contrats forward.....	611
	Les contrats futures	612
1.2.2.	Le contrat swap	612
1.2.3.	Les options.....	613
2.	Les produits de taux d'intérêt	613
2.1.	Le marché monétaire	613
2.2.	Les obligations.....	615
2.2.1.	Valorisation d'une obligation	615
2.2.2.	Prise en compte du risque de crédit.....	617
2.2.3.	Les swaps de taux d'intérêt	617
2.2.4.	Les credit default swaps	619
2.3.	Les instruments à terme.....	620
2.3.1.	Les contrats FRA	620
2.3.2.	Relations entre les prix spot, forward, futures et de livraison	620
	Le prix forward	621
	Le prix futures	622
	Comparaison des prix forward et futures	622
2.3.3.	Les contrats futures sur produit de taux d'intérêt.....	623
	Les contrats futures sur emprunt d'État	623
	Les contrats futures sur taux d'intérêt à court terme	624
3.	Les actions.....	624
3.1.	Modèles de valorisation	625
3.2.	Les contrats swaps sur actions.....	626
3.3.	Les indices d'actions	627
4.	Les devises.....	629
4.1.	Les forward de taux de change	630
4.2.	Les swaps de change	630
5.	Les matières premières.....	630

5.1.	Topologie des marchés de matières premières.....	631
5.2.	Spécificité des futures de matières premières.....	632
6.	La valorisation des produits optionnels	634
6.1.	Le modèle de Black et Scholes.....	636
6.2.	La couverture dynamique en delta des produits optionnels	639
6.2.1.	Le principe de la couverture dynamique ...	639
6.2.2.	Quelques exemples	640
6.3.	La gestion des options.....	643
6.3.1.	Valorisation des stratégies optionnelles en mark-to-market.....	644
6.3.2.	Les coefficients de sensibilité	646
6.3.3.	La volatilité.....	649
	La volatilité implicite	649
	La volatilité réalisée	650
	Relation entre la volatilité implicite et la densité risque-neutre.....	652
6.4.	Les autres modèles de valorisation	653
6.4.1.	Le modèle binomial	653
6.4.2.	Le modèle à volatilité locale	655
6.4.3.	Les modèles à volatilité stochastique	657
	Bibliographie générale	663
	Index	667

INDEX

1/n (portefeuille), 130, 537
130/30 (stratégie), 25, 109

A

ACP (analyse en composantes principales), 173–177, 305, 309

Action

- Equity swap, 626
- Gestion active, 26
- Gestion indicielle, 103–114
- Indice, 627
- Screening, 581
- Valorisation, 624

AdaBoost (algorithme), 578

Adams-Bashforth (algorithme de), 209

Adams-Moulton (algorithme de), 209

AIFM (directive), 21

Algèbre linéaire, 170

Allocation

- Stratégique, 17, 32, 73, 128, 138, 357, 480, 634

- Tactique, 32, 138, 357, 551

Alpha (de Jensen), 16, 34, 106, 263, 361, 459

AMF, 17

Antithétique (variable), 251

Apprentissage statistique, 316, 577

APT

- Logiciel, 307
- Modèle, 35, 191

Arbitrage

- Convertible, 31, 527
- Relative value, 507–533
- Statistique, 31, 507
- Volatilité, 498, 525

Arbre binomial, 653

ARCH (modèle), 281, 378–383

ARFIMA (processus), 412, 434

ARMA (modèle), 339–341, 355, 399, 430, 541

Assurance de portefeuille, 443

AuM (assets under management), 9

Aversion au risque, 124, 154, 155, 160, 506

B

Backfilling, 595
 Backtest, 47–71, 484, 488
 Backwardation, 315, 633
 Bagging (algorithme), 580
 Bande (matrice), 187, 196, 226
 Barbell (stratégie), 522
 Bayes-Stein (estimateur de), 308
 Bellman, voir Programmation dynamique
 Benchmark, 20, 51, 86, 360, 506, 537, 614, 627
 Bêta, 111, 263, 308, 357, 528, 626
 BFGS (algorithme), 123
 Bi-section (algorithme), 97, 119, 140, 184, 213, 482, 616, 649
 Biais du survivant, 595
 Bid-ask (spread), 114, 489, 601, 645
 Bilinéaire (interpolation), 82
 Black-Litterman (modèle de), 138–143, 315
 Black-Scholes (formule), 207, 461, 637
 Blend (style), 26
 Bond picking, 28, 583
 Boosting (algorithme), 578
 Bootstrap, 580
 Bottom-up (approche), 29
 Box-Muller (algorithme de), 237, 258
 Brownien géométrique (mouvement), 62, 153, 196, 207, 229, 237, 271, 281, 286, 588, 636, 643
 Broyden (algorithme de), 121, 213, 226
 Budget de risque, 128
 Bull Spread (stratégie), 480–485
 Buy and hold (stratégie), 49, 67

C

CARA (utilité), 124
 Carry trade, 27, 101, 509
 Cauchy (problème de), 208

CDO (collateralized debt obligation), 508, 528
 CDS (credit default swap), 527, 619
 CESR, 17
 Change (taux de), 509, 629
 Cholesky (décomposition de), 171, 237
 CIR (processus), 272, 286, 657
 Coûts de transaction, 114, 474
 Cœur-satellite (stratégie), 457–460
 Cointégration, 342, 542
 Commodities, voir Matières premières
 Constant mix (stratégie), 49, 160, 452, 599
 Contango, 315, 633
 Contribution en risque, 90, 128, 163, 531
 Contrôle (variable de), 253
 Convenience yield, voir Matières premières
 Convertible (arbitrage de), 31, 527
 Copule

- Archimédienne, 314
- Définition, 312
- Normale, 314, 560
- t de Student, 314

 Correction d'erreurs (modèle à), voir VECM
 Corrélation

- Constante, 91, 131, 310
- Estimation, 199, 299–312
- Factorielle, 300, 532
- Implicite, 501
- Simulation, 244
- Trading, 501

 Couverture de change, 55
 Covariance (matrice de)

- Analyse factorielle, 303
- Estimation, 197, 299–312
- Ledoit-Wolf, 310
- Maximum de vraisemblance, 299

 Covered call (stratégie), 24, 474–480

CPPI (méthode), 32, 448–457
 Crank-Nicholson (schéma), 224
 Crédit (stratégie de), 526
 Creuse (matrice), 187, 226
 CRRA (utilité), 124, 154, 161, 452
 CSSF, 18
 CTA (stratégie), 30, 465, 540, 630
 Currency swap, 630

D

Data snooping, 597
 DCF (discounted cash flows), 625
 Delta (coefficient de sensibilité),
 461, 486, 495, 526, 527,
 637, 639, 646
 Dense (matrice), 187
 Densité spectrale, 395
 DFP (algorithme), 123
 Différences (méthode des), 201,
 228
 Différences finies (algorithme des),
 221–232, 638
 Dirichlet (conditions de), 225
 Discrepance faible (séquence à),
 255
 Discrimination (courbe de), 569
 Dispersion, 133, 501
 Distressed securities, 31
 Diversification, 93, 130
 Dividende, 625
 Dominance stochastique, 572
 Drawdown, 64, 472
 Duration, 27, 517, 617

E

Échantillonnage d'importance, 253,
 292, 389
 Échantillonnage d'un portefeuille,
 108, 627
 EDO (équation différentielle ordi-
 naire), 147, 208–220
 EDP (équation aux dérivées par-
 tielles), 147, 189, 221, 636
 EDS (équation différentielle sto-
 chastique), 149, 237
 Efficience des marchés, 546, 625

EM (algorithme), 273
 EMM (méthode d'estimation), 287
 Ensemble (méthode d'), 577
 Eonia, 614
 Equity hedge, 30, 78
 Equity market neutral, 25, 31, 78,
 111, 508, 528–533
 Equity swap, 626
 ERC (portefeuille), 132, 530
 Espace-état (modèle), 341, 349–
 370, 384, 541
 ETF (Exchange Traded Fund),
 24, 632
 Euler
 · Algorithme, 209, 222, 238,
 272
 · Décomposition, 128
 Euribor, 614
 Eurodollar, 624
 Event driven, 31
 Explicite (schéma), 223
 Exponentielle (matricielle), 220

F

Facteurs (modèle à), 131, 173, 303,
 358
 Faure (générateur de), 256
 FCP, voir OPCVM
 Feynman-Kac (théorème de), 227
 Filtrage
 · Kalman, 349, 541
 · Particulaire, 370–377, 391
 · Spectral, 422
 · Temps-fréquence, 430
 Fixed income, 613
 Flechter-Reeves (algorithme de),
 123
 FLS (flexible least squares), 189
 Fokker-Planck (équation de), 227,
 272
 Fonds
 · Flexible, 163
 · Lifestyle, 155
 · Profilé, 160, 357
 · Target date, 165
 Fonds de pension, 155

Forward

- Contrat, 611
- Prix, 620, 621
- Taux, 55, 515, 522

Fractionnaire (processus), voir AR-FIMA

Frais de gestion, 13, 51–55, 614

Frontière efficiente, 95

Fund picking, 29

Futures

- Contrat, 506, 612, 623, 630
- Prix, 620, 622, 630
- Taux d'intérêt, 623

G

Gamma (coefficient de sensibilité), 486, 494, 647

GARCH (modèle), 378–383, 488, 590

Garp (style), voir Blend

Gear (algorithme de), 209

Générateur congruentiel linéaire, 234

Générateur markovien, 181

Gestion

- Active, 28
- Alternative, 12, 30
- Collective, 18
- Discrétionnaire, 29
- Diversifiée, 29, 73
- Indicielle, 28, 103–114
- Overlay, 31
- Passive, 28, 103
- Profilée, 29
- Quantitative, 29
- Sous mandat, 23
- Structurée, 32, 443–460
- Tiltée, 103
- Traditionnelle, 10

Gibbs (échantillonnage de), 289, 389

Gini (coefficient de), 196, 574

Glide path, 165

Global macro (stratégie), 30, 357, 546–552

GMM (méthode généralisée des moments), 275–283

Gordon-Shapiro (formule de), 625

Gradient conjugué (algorithme du), 122

Griddy Gibbs (échantillonnage), 290, 389

Growth

- Facteur, 87, 626
- Style, 26, 135

H

Halton (générateur de), 256

Hamilton-Jacobi-Bellman (équation de), 147, 452

Hammersley (séquence de), 256

HARA (utilité), 124, 452

Hedge funds, 12, 30, 78, 142, 315, 357, 528

Hermite (quadrature de), 202

Hermitienne (matrice), 170

Heston (modèle de), 231, 286, 657

Histogramme, 293

Hit rate, 566

Hopscotch (algorithme), 226

Hurst (exposant de), 16, 416

I

IGARCH (modèle), 380

Implicite (schéma), 224

Importance sampling, 371

In-sample (simulation), 595

Indice, 627

Inférence indirecte, 287

Information (ratio d'), 65, 104

Instrumentale (variable), 279

Intégration numérique, 152, 200–208, 248, 545, 617, 638

Interpolation

- Bilinéaire, 82
- Quadratique, 84
- Spline cubique, 189, 195

Inversion (méthode de l'), 235

J

Jacobi (matrice de), 205

K

Kalman (filtre de), 189, 286, 341, 349–357, 362, 383, 541
 Kappa (mesure), 69
 Kendall (tau de), 313, 559
 Kohonen (carte de), 334
 Kolmogorov-Smirnov (statistique de), 411, 572

L

Laguerre (quadrature de), 202
 LAPACK, 170
 Legendre (quadrature de), 202
 Levier (effet de), 13, 19, 51, 56, 528
 LHP (liability hedging portfolio), 157
 LHS (liability hedging swap), 160
 Liability-driven investment (LDI), 157
 Libor, 614
 Liquidité, 601, 604
 Lissage

- Kalman, 351
- Ondelettes, 432
- Spectral, 405
- Spline cubique, 65, 195

 LOG (utilité), 125, 456
 Logit (modèle), 122, 270
 LogitBoost (algorithme), 579
 Long/short (stratégie), 13, 30, 100–103, 109, 117, 357, 458, 468, 508, 528, 554, 570
 Lorenz (courbe de), voir Gini
 LU (décomposition), 172
 Lucas (modèle de), 279, 552, 626

M

Marché

- Comptant, 610
- Dérivé, 610
- Organisé, 610

 Mark-to-market (valorisation), 477, 497, 622, 626, 639, 644
 Market maker, 24
 Market neutral, 528

Markov (chaîne de), 179, 288, 565
 Markowitz (modèle de), 94
 MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines), 336, 554
 Matières premières, 12, 315, 630–634
 Matrice aléatoire, 309
 Maximum de vraisemblance, 122, 266–275, 277, 286, 347, 381, 384, 406, 409
 MCMC (algorithme), 288–293, 386
 MDP (portefeuille), 133
 Mean reverting, 49, 412, 467, 468, 500, 540–545, 556, 587
 Mémoire longue (processus de), 434
 Merger arbitrage, 31
 Metropolis-Hastings (algorithme de), 292
 Milstein (schéma de), 242
 Min-max (score), 558
 Moindres carrés

- Généralisés, 356
- Ordinaires, 261, 346, 381
- Pondérés, 264
- Récursifs, 351

 Moments (méthode des), 276
 Momentum, voir Trend following et Mean reverting
 Monétaire dynamique (stratégie), 508
 Monte Carlo (méthode de), 152, 233–258, 283–293, 638
 Mortgage (arbitrage de), 527
 Multigestion, 29
 Mutual fund, voir OPCVM

N

NAV (Net Asset Value), 51, 645
 Neumann (conditions de), 225
 Newcits, 25
 Newton-Raphson (algorithme de), 97, 120, 236, 482
 Non funded (stratégie), 50
 Non paramétrique

- Estimation, 293–299

- Régression, 297
 - Statistique, 572
- Noyau (méthode du), 78, 293

O

- Obligation
- Convertible, 527
 - Gestion active, 27
 - Valorisation, 615
- OBPI (méthode), 444
- Oméga (mesure), 69
- Ondelettes (analyse en), 424–439
- OPCVM, 22
- Optimalité de Bellman, voir Programmation dynamique
- Optimisation
- Linéaire, 74
 - Non linéaire, 119–143
 - Quadratique, 78
 - Sous contraintes, 125, 126
- Option
- Call, 461, 468, 496, 613
 - Contrat, 613
 - Couverture dynamique, 639
 - Put, 468, 496, 613
 - Spread option, 207, 253
 - Straddle, 485, 492
 - Strangle, 465
 - Stratégie, 447, 461–485
- Ordre (statistique d'), 295
- Ornstein-Uhlenbeck (processus de), 161, 227, 229, 238, 271, 282, 540, 555
- Orthogonale (matrice), 170
- Out-of-sample (simulation), voir In-sample

P

- P/E (ratio), 555, 581
- Pair trading, 31, 530, 553
- Parseval (décomposition de), 420
- Particulière (filtrage), 370, 391
- Performance (courbe de), 568
- Périodogramme, 405, 409, 430
- PIT (probability integral transform), 558

- Polak-Ribiere (algorithme de), 123
- Pont brownien, 242
- Ponzi (schéma de), 218, 483
- Portage, 507, 616, 647
- Portefeuille de marché, 98
- PPR (Projection Pursuit Regression), voir MARS
- Prédiction-correction (algorithme de), 209
- Price-to-book (ratio), 555, 582
- Pricing, voir Valorisation
- Private equity, 12, 21, 27
- Probit (modèle), 122, 270
- Problème inverse, 136
- Programmation
- Dynamique, 143–167
 - Linéaire, 74
 - Quadratique, 78–118, 262

Q

- QR (décomposition), 121, 184
- QuadPack, 205
- Quadratique (interpolation), 84
- Quadratures (méthode des), 201, 250
- Quasi linéaire (relation), 185
- Quasi Monte Carlo (méthode de), 255
- Quasi-Newton (algorithme de), 122

R

- Racine carrée (matrice), 171, 197
- Racine unité (test de), 345
- Rang (statistique de), 554
- Real estate, 21
- Rebalancement (d'un portefeuille), 47, 596
- Réduction de variance, 250
- Régression (modèle de)
- De style, 16, 35, 84, 358
 - Linéaire, 84, 261–267
 - Loess, 297
 - Non paramétrique, 78, 297
 - Quantile, 76, 266, 298, 315
 - Robuste, 265
- Relative value, voir Arbitrage

- Rendement actuariel, 516
 Rentabilité (calcul de), 59
 Réplication (technique de), 28, 108, 358, 365, 373
 Reporting, 58
 Réseau de neurones, 316–335, 554
 Rhô de Spearman, 572
 Risk budgeting, voir Budget de risque
 Risque (mesure de), 61
 ROC (Receiver Operating Characteristic), 575
 Roll-down (stratégie), 518
 Roll return, 633
 Rotation du portefeuille, voir Turnover
 Rotation sectorielle (stratégie), 547
 Runge-Kutta (algorithme de), 209
- ### S
- SABR (modèle), 231, 658–661
 Schur (décomposition), 176, 200
 Scoring, 100, 553
 Screening, 553, 580–583
 SEC, 18
 Sector neutral, 31, 528
 Sélection (courbe de), 568
 Semi-variance, 67
 Shannon (entropie de), 439, 563
 Sharpe (ratio de), 65, 98
 Sherman-Morrison-Woodbury (formule de), 121, 352
 Short bias (stratégie), 30
 Shrinkage (méthode de), 308, 432
 SICAV, voir OPCVM
 Signal (d'achat ou de vente), 488
 Simplexe
 - Algorithme, 74
 - Approximation, 191
 Simpson (méthode de), 200
 Simulation, voir Monte Carlo
 Skew bêta, 78, 337
 Small cap (facteur), 26, 35, 87, 365, 626
 SMC (Sequential Monte Carlo), 371, 386
 SMM (méthode simulée des moments), 283
 Sobol (générateur de), 256
 SOM (self-organizing map), voir Kohonen
 Sortino (ratio de), 68
 Spearman (rhô de), 313
 Spectrale (analyse), 283, 395–424, 535
 Spline (fonction), 194
 Spot
 - Marché, 610
 - Prix, 610, 620, 630, 633
 - Taux, 514, 610
 SQP (algorithme), 126, 193
 Stationnaire (forme), 400
 Stock picking, 25, 28, 31, 87, 530
 Stop loss, 466, 506, 586
 Structure par terme, voir Taux d'intérêt
 Swap
 - Action, 626
 - Change, 630
 - Contrat, 612
 Swap de variance, 489–509
 Swaption, 526
 Symétrique (matrice), 170
- ### T
- Take profit, 589
 Tau de Kendall, 572
 Taux d'intérêt
 - Carry, 519
 - Eonia, 614
 - Euribor, 614
 - FRA, 620
 - Instantané, 614
 - Libor, 614
 - Monétaire, 613
 - Parité couverte (CIP), 509, 630
 - Parité non couverte (UIP), 509
 - Stratégie, 514
 - Structure par terme, 173, 217, 227, 514, 615, 618

- Taux de change (stratégie), 487, 509
- Taux de succès, voir Hit rate
- Thêta (coefficient de sensibilité), 486, 647
- Thêta-schéma, 223
- Tobit (modèle), 271
- Top-down (approche), 29, 547
- Tracker, voir ETF
- Tracking error, 28, 103, 140, 538, 627
- Trading de dispersion, 501
- Transformations (méthode des), 236
- Transformée de Fourier, 405, 426
- Transformée en ondelettes, 425
- Trapèzes (méthode des), 200
- Trend following, 31, 101, 135, 412, 462, 467, 534–540, 587
- Tridiagonal (algorithmique), 188, 195, 225
- Turnover, 115, 597
- U**
- UCITS (directive), 17
- Unitaire (matrice), 170
- Utilité (fonction d'), 16, 123
- V**
- Valeur actuelle nette (VAN), 609
- Valeurs propres (décomposition en), 170, 198, 205
- Valeurs singulières (décomposition en), 172
- Valorisation, 609
- Value
- Facteur, 87, 626
 - Style, 26
- Value-at-Risk, 20, 64, 198
- VAR (processus), 339, 356
- Variance minimale (portefeuille de), 90, 130
- Vasicek (modèle de), 161, 227
- VECM (modèle), 342–349, 542
- Véga (coefficient de sensibilité), 486, 494, 647
- VIX (indice de volatilité), 417, 504
- Volatilité
- Arbitrage, 498, 525, 540
 - Contrôle, 102, 531, 589
 - Estimation, 62, 130, 376
 - Historique, 471
 - Implicite, 471, 527, 649, 658
 - Locale, 655
 - Réalisée, 489, 495, 650
 - Smile, 497, 649
 - Stochastique, 376, 383–394, 657
 - Stratégie, 484
- Vovol, 286, 383, 658
- W**
- Whittle (estimation de), 406
- Y**
- Yield book, 40
- Yield curve, voir Taux d'intérêt
- Yield-to-maturity, 517, 522
- Z**
- Z-score, 556
- Zéro-coupon, 151, 157, 174, 227, 446, 514, 615