
collection méthodes stochastiques appliquées dirigée par Nikolaos Limnios et Jacques Janssen

Modélisation et analyse stochastiques des réseaux de télécommunications

Laurent Decreusefond
Pascal Moyal

 *hermes*

Lavoisier

Table des matières

| | |
|---|-----|
| Chapitre 1. Introduction | 13 |
| 1.1. Trafic, charge, Erlang, etc. | 13 |
| 1.2. Notations et nomenclature | 20 |
| 1.3. Lindley et Beneš | 22 |
| 1.4. Notes et commentaires | 30 |
| PREMIÈRE PARTIE. MODÉLISATION À TEMPS DISCRET | 33 |
| Chapitre 2. Suites récurrentes stochastiques | 35 |
| 2.1. Espace canonique | 36 |
| 2.2. Schéma de Loynes | 42 |
| 2.3. Couplage | 46 |
| 2.4. Comparaison des suites récurrentes stochastiques | 52 |
| 2.5. Notes et commentaires | 56 |
| Chapitre 3. Chaînes de Markov | 59 |
| 3.1. Définition et exemples | 59 |
| 3.2. Propriété de Markov forte | 63 |
| 3.3. Classification des états | 66 |
| 3.4. Mesures et probabilité invariantes | 75 |
| 3.5. Calcul pratique de la probabilité invariante | 90 |
| 3.6. Problèmes | 92 |
| 3.7. Notes et commentaires | 95 |
| Chapitre 4. Files d'attente stationnaires | 97 |
| 4.1. Files à un serveur | 98 |
| 4.2. La file <i>processor sharing</i> | 118 |
| 4.3. Files en parallèle | 121 |

4.4. La file à S serveurs 131
 4.5. Le système à une infinité de serveurs 138
 4.6. Les files d'attente avec clients impatientes 142
 4.7. Notes et commentaires 160

Chapitre 5. La file M/G/1 163

5.1. Le nombre de clients dans la file 163
 5.2. Formules de Pollacek-Khinchin 166
 5.3. Temps de séjour 170
 5.4. Distribution de queue du temps d'attente 171
 5.5. Périodes d'activité 173

DEUXIÈME PARTIE. MODÉLISATION À TEMPS CONTINU 181

Chapitre 6. Processus de Poisson 183

6.1. Définitions 184
 6.2. Propriétés 190
 6.3. Analogie discret : le processus de Bernoulli 195
 6.4. Simulation du processus de Poisson 198
 6.5. Processus de Poisson non homogène 199
 6.6. Processus de Cox 203
 6.7. Problèmes 204
 6.8. Notes et commentaires 205

Chapitre 7. Processus de Markov 207

7.1. Préliminaires 207
 7.2. Construction trajectorielle 208
 7.3. Semi-groupe markovien et générateur infinitésimal 213
 7.4. Problème de martingale 229
 7.5. Réversibilité et applications 233
 7.6. MMPP 239
 7.7. Problèmes 245
 7.8. Notes et commentaires 247

Chapitre 8. Systèmes à attente 249

8.1. Formule de Little 249
 8.2. File à un serveur 252
 8.3. File à plusieurs serveurs 256
 8.4. La file *processor sharing* 263
 8.5. La file *M/M/∞* 264
 8.6. Le processus des départs 265
 8.7. Réseaux de files d'attente 267

8.8. Problèmes 275
 8.9. Notes et commentaires 278

Chapitre 9. Modèles à pertes 281

9.1. Généralités 281
 9.2. Modèle d'Erlang 284
 9.3. La file $M/M/1 + K$ 286
 9.4. L'effet *trunk* 289
 9.5. Modèle d'Engset 290
 9.6. File IPP/M/S/S 291
 9.7. Modèles d'Erlang généralisés 294
 9.8. Réseaux hiérarchiques 298
 9.9. Un modèle avec renoncement 303
 9.10. Un centre d'appels avec mise en attente et clients impatientes 309
 9.11. Problèmes 311
 9.12. Notes et commentaires 312

TROISIÈME PARTIE. MODÉLISATION SPATIALE 315

Chapitre 10. Processus ponctuels spatiaux 317

10.1. Motivation 317
 10.2. Géométrie stochastique 318
 10.3. Processus de Poisson 319
 10.4. Analyse stochastique 334
 10.5. Problèmes 344
 10.6. Notes et commentaires 346

Annexes 349

A. Cuisine et dépendance 349
 A.1. Espace de probabilités, processus 349
 A.2. Espérance conditionnelle 359
 A.3. Espaces de vecteurs et ordres 364
 A.4. Processus à variation finie 368
 A.5. Martingales 375
 A.6. Transformée de Laplace 391
 A.7. Notes et commentaires 392

Bibliographie 393

Index 397

D'internet aux smartphones, des réseaux sociaux à la vidéo à la demande, les mathématiques sont présentes à toutes les étapes de la conception et du déploiement des réseaux modernes de télécommunications.

Dans un environnement aléatoire, les protocoles doivent être toujours plus performants et adaptés aux contextes et services. Les ressources doivent être allouées en nombre suffisant mais pas disproportionné. *Modélisation et analyse stochastiques des réseaux de télécommunications* étudie comment la théorie des files d'attente, la géométrie stochastique et l'analyse stochastique éclairent et permettent de résoudre ces problèmes.

Dans un souci de rigueur mathématique et de clarté pédagogique, les outils probabilistes de base (chaines et processus de Markov, suites récurrentes aléatoires, processus ponctuels réels et spatiaux) sont exposés de façon originale grâce, notamment, à la théorie des martingales. Ils sont ensuite mis en œuvre pour obtenir un large éventail de résultats concrets applicables aux systèmes de télécommunications.

Les auteurs

Laurent Decreusefond est professeur de mathématiques (probabilités et modélisation stochastique) à Telecom ParisTech. Ses recherches portent sur les processus fractionnaires et ponctuels, le calcul de Malliavin et leurs applications à l'évaluation de performance des réseaux.

Pascal Moyal est maître de conférences en mathématiques appliquées à l'université de Technologie de Compiègne. Ses recherches portent sur les processus stochastiques, la théorie ergodique, les files d'attente et les graphes aléatoires.

hermes
Science
— publications —

www.hermes-science.com

978-2-7462-2495-7

